

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АЛОҚА, АХБОРОТЛАШТИРИШ
ВА КОММУНИКАЦИЯЛАРНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

“ЭТТ” кафедраси

Раҳмонова Г.С., Ҳайдарбекова М.М., Дехконов О.Р.

“МЕТРОЛОГИЯ”

ўқув қўлланма

Тошкент – 2016

Мундарижа

Кириш.....	6
1. Фаннинг мақсади, асосий атама ва тушунчалар.....	9
1.1. Фаннинг мақсад, вазифалари ва ўрни.....	9
1.2. Асосий метрологик атама ва тушунчалар.....	9
1.3. Электр катталиклар ва уларнинг ўлчов бирликлари.....	11
1.4. Алоқа техникасида узатиш даражалари ва уларни баҳолаш.....	12
2. Телекоммуникацияларда ўлчашлар ва уларга қўйиладиган асосий талаблар.....	22
2.1. Ўлчаш турлари ва воситаларининг метрологик характеристикалари.....	22
2.2. Ўлчаш жараёнлари ва ускуналарига қўйиладиган талаблар.....	25
2.3. Оптик алоқада қўлланиладиган FTB-200v2-турдаги модулли платформанинг техник имкониятлари.....	34
3. Ўлчаш воситаларининг қонуний қўлланилиши ва сертификатланиши.....	37
3.1. Ўлчаш воситаларининг турини тасдиқлаш ва қиёслаш.....	37
3.2. Ўлчаш воситаларининг калибрланиши.....	40
3.3. Ўлчаш воситаларининг метрологик ишончлилиги.....	43
3.4. Телекоммуникациялар техник воситаларининг сертификатланиши.....	54
4. Ўлчов сигналларининг математик моделлари ва ўлчаш воситаларининг классификацияси.....	59
4.1. Ўлчов сигналлари тўғрисида умумий тушунчалар.....	59
4.2. Ўлчов сигналларининг математик моделлари.....	70
4.3. Сигнал шакллари ва характерловчи параметрлар.....	90
4.4. Ўлчов сигналларининг классификацияси ва ўлчов сигналарига халақитларнинг таъсири.....	93
4.5. Ўлчаш воситаларининг классификацияси.....	98
4.6. Рақамли ўлчаш воситаларида рақамлаштириш жараёни.....	104
4.7. Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикаларини моделлар асосида ҳисоблаш.....	109

5. Электр кучланишни ўлчаш ва ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари.....	117
5.1.Электр кучланиш тушунчаси.....	117
5.2.Электр кучланишни характерловчи қийматлар.....	119
5.3.Электр кучланишни ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари.....	120
5.4.Ўлчаш воситаларига қўйиладиган метрологик талаблар.....	129
6. Ўлчов сигналларининг генераторлари.....	132
6.1.Ўлчов сигналлари генераторларига доир умумий маълумотлар ва классификацияси.....	132
6.2.Ўлчов сигналлари генераторларининг метрологик характеристикалари ва таъминоти.....	142
7. Электр сигналларнинг шакллари тадқиқ қилиш.....	143
7.1.Осциллографлар тўғрисида умумий тушунчалар.....	143
7.2.Универсал ва рақамли осциллографларнинг иш тамойиллари.....	153
7.3.Универсал С1-220 турдаги осциллограф техник характеристикаларининг тафсилоти ва қиёсланиши.....	157
8. Частотани ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари ва метрологик таъминоти.....	170
8.1.Электромагнит тебранишларнинг частотасига оид маълумотлар.....	170
8.2.Рақамли частотамернинг иш тамойили.....	174
8.3.Электрон-ҳисобли частотамернинг иш тамойили.....	179
8.4.Частотани ўлчаш усуллари.....	183
8.5.Частотамерларнинг ўлчаш хатоликларини метрологик баҳолаш.....	198
9. Фазалар фарқини ўлчаш воситалари.....	200
9.1.Электромагнит тебранишларнинг фазаси тўғрисида тушунча.....	200
9.2.Фазавий силжиш ва фазавий параметрларни ўлчашга доир маълумотлар.....	204
9.3.Фазаметрларнинг турлари.....	207
9.4.Фазалар фарқини ўлчашнинг усуллари.....	217
10. Рақамли фазаметрларнинг иш тамойиллари.....	227

10.1. Дискрет-хисоб усул асосида қурилган рақамли фазаметр иш тамойили.....	227
10.2. Микропроцессорли фазаметрларнинг иш тамойили.....	232
10.3. Фаза детекторли рақамли фазаметрнинг иш тамойили.....	236
10.4. Фазалар фарқини ўлчаш воситаларининг метрологик таъминоти.....	238
11. Тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифларини ўлчаш усуллари, воситалари ва сигнал спектрининг таҳлили ҳамда спектр анализаторларининг иши.....	240
11.1. Тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифлари тўғрисидаги маълумотлар.....	240
11.2. Тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифларини ўлчаш усуллари ва ўлчаш воситалари.....	241
11.3. Тўртқутблиларда нозизиқли бузилишларни ўлчаш усуллари.....	252
11.4. Сигнал спектрини таҳлил қилиш усуллари ва спектр анализаторлари	257
12. Оптик алоқа тармоқ ва тизимларида ўлчашлар.....	267
12.1. Толали-оптик узатиш тизимлари ва алоқа линияларидаги ўлчаш турлари ва усуллари.....	267
12.2. Дисперсия турлари ва ўлчаш усуллари.....	284
13. Оптик қувват ўлчагичларнинг иш тамойиллари ва хусусиятлари..	305
13.1. Оптик қувватни ўлчаш тўғрисида маълумотлар.....	305
13.2. Термофотодиодли қувват ўлчагичларининг иш тамойили.....	307
13.3. Фотодиодли қувват ўлчагичларининг иш тамойиллари, спектрал сезгирлиги ва термостабилизация.....	309
14. Оптик қувват ўлчагичини калибрлаш усуллариининг хатоликларини баҳолаш.....	315
14.1. Оптик қувват ўлчагичларини калибрлаш усуллариининг хатоликларини баҳолаш.....	315

14.2. Оптик қувват ўлчагичнинг чизиқлилигини калибрлашни таққослаш ва суперпозиция усуллари.....	320
15. Толали оптик узатиш тизимларидаги хатолар таҳлили.....	330
15.1. Толали оптик узатиш тизимларидаги хатолар таҳлили.....	330
15.2. Телекоммуникацион BER - анализаторлари иш тамойилининг таҳлили.....	336
15.3. Хато кўрсаткичлари турларининг таҳлили.....	338
16. Хато кўрсаткичлари ва коэффиценти.....	344
16.1. BER асосида хатоликлар кўрсаткичларини баҳолаш методикаси.....	344
16.2. Хато коэффиценти ўлчаш.....	345
16.3. Хато коэффиценти техник воситалар билан ўлчаш ва баҳолаш.....	349
17. Ахборот-ўлчаш тизимларига оид атамалар ва классификациясига доир тушунчалар тафсилоти.....	353
17.1. Ахборот-ўлчаш тизимларига оид атама ва тушунчалар тафсилоти.....	376
17.2. Ўлчаш тизимларининг классификацияси.....	355
17.3. Ўлчаш тизимларининг характеристикалари ва умумлашган схемалари.....	363
18. Ахборот-ўлчаш тизимлари метрологик таъминоти.....	367
18.1. Ўлчаш тизимларининг метрологик характеристикалари.....	367
18.2. Ўлчаш тизимлари метрологик характеристикаларнинг меъёрларга мувофиқлигини тасдиқлаш усуллари.....	371
18.3. Ўлчаш тизимларининг метрологик таъминоти.....	378
АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ.....	381

Кириш

Бугунги кунда ўлчашлар ва ўлчаш натижаларига бўлган талаблар ортиб бормоқда, чунки, ҳар қандай технологиянинг қўлланилиши кафолатланган аниқликдаги ўлчаш натижаларига эга бўлишини тақоза этади. Мамлакатда ўлчашлар бирлигини таъминлаш ҳамда истеъмолчиларни нотўғри ўлчашларнинг салбий оқибатларидан ҳимоялаш давлат аҳамиятидаги долзарб масала бўлиб ҳисобланади. Ушбу “Метрология ” номли ўқув қўлланма асосан 5350100 - “Телекоммуникация технологиялари” – бакалавриат таълим йўналиши талабалари учун мўлжалланганлиги сабабли толали – оптик узатиш тизимлари ва алоқа линияларидаги ўлчашларга доир тушунчаларни ҳам қамраб олган.

“Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаш” фанининг янги ўқув режасига мувофиқ бакалавриатнинг барча таълим йўналишларига 1 босқичда ўқитилиши муносабати билан улар учун хусусан 5350100 - “Телекоммуникация технологиялари” таълим йўналиши учун яратилган дастлабки ўқув қўлланма бўлиб ҳисобланади.

Ўқув қўлланмада дастлаб, фаннинг мақсади, вазифалари ва ўрнига, асосий атама ва тушунчалар, электр каттакликларнинг ўлчов бирликлари, узатиш даражалари, телекоммуникациялардаги ўлчашлар, ўлчашлар менежментига қўйиладиган талаблар (ISO 10012:2003), ўлчаш воситаларининг қонуний қўлланилиши, метрологик ишончилиги, телекоммуникациялар техник воситаларининг сертификатланиши, ўлчов сигналларининг математик моделлари, ўлчаш воситаларининг классификацияси, рақамли ўлчаш воситаларида рақамлаштириш жараёни, ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикаларини моделлар асосида ҳисоблаш, электр кучланишни ўлчаш ва ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари, электр кучланиш тушунчаси, электр кучланишни характерловчи қийматлар, электр кучланишни ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари, ўлчаш воситаларига қўйиладиган метрологик талаблар, ўлчов сигналларининг генераторлари, ўлчов сигналлари генераторларига доир

умумий маълумотлар ва классификацияси, ўлчов сигналлари генераторларининг метрологик характеристикалари ва таъминоти, электр сигналларнинг шакллари тадқиқ қилиш, осциллографлар тўғрисида умумий тушунчалар, осциллографларнинг турлари ва вазифалари, универсал С1-220 турдаги осциллограф техник характеристикаларининг тафсилоти ва қиёсланиши, частотани ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари ва метрологик таъминоти, электромагнит тебранишларнинг частотасига оид маълумотлар, рақамли частотамернинг иш тамойили, электрон-ҳисобли частотамернинг иш тамойили, частотани ўлчаш усуллари, частотамерларнинг ўлчаш хатоликларини метрологик баҳолаш, фазалар фарқини ўлчаш воситалари, электромагнит тебранишларнинг фазаси тўғрисида тушунча, фазавий силжиш ва фазавий параметрларни ўлчашга доир маълумотлар, фазаметрларнинг турлари, фазалар фарқини ўлчашнинг усуллари, рақамли фазаметрларнинг иш тамойиллари, дискрет-ҳисоб усул асосида қурилган рақамли фазаметр иш тамойили, микропроцессорли фазаметрларнинг иш тамойили, фаза детекторли рақамли фазаметрнинг иш тамойили, фазалар фарқини ўлчаш воситаларининг метрологик таъминоти, тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифларини ўлчаш усуллари, воситалари ва сигнал спектрининг таҳлили ҳамда спектр анализаторларининг иши, тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифлари тўғрисидаги маълумотлар, тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифларини ўлчаш усуллари ва ўлчаш воситалари, тўртқутблиларда нозизиқли бузилишларни ўлчаш усуллари, сигнал спектрини таҳлил қилиш усуллари ва спектр анализаторлари, оптик алоқа тармоқ ва тизимларида ўлчашлар, оптик диапазондаги ўлчаш турларининг шарҳи ва таҳлили, дисперсия турлари ва ўлчаш усуллари, оптик қувват ўлчагичларнинг иш тамойиллари ва хусусиятлари, оптик қувватни ўлчаш тўғрисида маълумотлар, термофотодиодли қувват ўлчагичларининг иш тамойили, фотодиодли қувват ўлчагичларининг иш тамойиллари, спектрал сезгирлиги ва термостабилизация, оптик қувват ўлчагичини калибрлаш усуллари

хатоликларини баҳолаш, оптик қувват ўлчагичларини калибрлаш усулларининг хатоликларини баҳолаш, оптик қувват ўлчагичнинг чизиқлилигини калибрлашни таққослаш ва суперпозиция усуллари, толали оптик узатиш тизимларидаги хатоликлар таҳлили, толали оптик узатиш тизимларидаги хатоликлар таҳлили, телекоммуникацион BER - анализаторлари иш тамойилининг таҳлили, хатолик кўрсаткичлари турларининг таҳлили, хатолик кўрсаткичлари ва коэффиценти, BER асосида хатоликлар кўрсаткичларини баҳолаш методикаси, хатолик коэффицентини ўлчаш, хатолик коэффицентини техник воситалар билан ўлчаш ва баҳолаш, ахборот-ўлчаш тизимларига оид атамалар ва классификациясига доир тушунчалар, ахборот-ўлчаш тизимларига оид атама ва тушунчалар, ўлчаш тизимларининг классификацияси, ўлчаш тизимларининг характеристикалари ва умумлашган схемалари, ахборот-ўлчаш тизимлари метрологик таъминоти, ўлчаш тизимларининг метрологик характеристикалари, ўлчаш тизимлари метрологик характеристикаларнинг меъёрларга мувофиқлигини тасдиқлаш усуллари, ўлчаш тизимларининг метрологик таъминотига доир тушунчалар батафсил келтирилган.

Ушбу маълумотлардан “Телекоммуникациялар” – таълим йўналишининг талабалари “Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш” фанининг “Метрология” асосларини ўрганишларида ва иш фаолиятларида, ундан ташқари соҳавий малака ошириш курсларида фойдаланиш мумкин.

Ўқув кўлланма баъзи камчиликлардан ҳоли бўлмаслиги сабабли кўлланманинг кейинги нашрларида фикр ва мулоҳазаларингиз инобатга олинади.

1. ФАННИНГ МАҚСАДИ, АСОСИЙ АТАМА ВА ТУШУНЧАЛАР

1.1. Фаннинг мақсад, вазифалари ва ўрни

Фанни ўқитишдан мақсад – талабаларда метрология ва оптик алоқа метрологияси бўйича “Телекоммуникациялар” таълим йўналишига мувофиқ келадиган билим, малака ва кўникмаларни шакллантиришдир.

Фанни ўрганишга доир асосий масалалар: метрологиянинг назарий ва амалий асослари, ўлчаш натижаларига ишлов бериш усуллари, узатиш даражаларини баҳолаш, телекоммуникациялар (алоқа техникаси) даги ўлчашлар, ўлчаш воситаларининг турлари, метрологик характеристикалари, қонуний қўлланилиши, сертификатланиши, метрологик ишончлилиги, ўлчов сигналларининг математик моделлари, классификацияси, иш тамойиллари, оптик толали узатиш тизимлари ва алоқа линияларидаги ўлчашлар, хатолар тахлили, ахборот – ўлчаш тизимлари ва метрологик таъминоти.

Фаннинг вазифаси – талабаларга ўлчашлар, ўлчаш воситаларининг турлари, ўлчаш усуллари, ҳисоб, хатолар ва узатиш тизимларидаги хатолар таснифи, ўлчашнинг аналог ва рақамли ўлчаш воситаларининг функционал қурилмалари, иш тамойиллари, ҳамда электр сигнал параметрларини ўлчаш усулларини ўргатишдан иборат.

Фаннинг ўрни метрологиянинг асосий мақсади – мамлакатда ўлчашлар бирлигини таъминлаш асосида истеъмолчиларни нотўғри ўлчашларнинг салбий оқибатларидан ҳимоялаш каби долзарб масаланинг қўйилиши ва ечими билан аниқланган.

1.2. Асосий метрологик атама ва тушунчалар

Метрология – ўлчашлар, уларнинг бирлигини таъминлаш методлари ва воситалари ва талаб этилган аниқликка эришиш усуллари тўғрисидаги фан.

Ўлчашлар бирлиги – Ўлчашларнинг натижалари қонунлаштирилган бирликларда ифодаланган ва ўлчашларнинг хатолари берилган эҳтимоллик билан маълум бўлган ҳолат.

Ўлчаш – махсус техник воситалар ёрдамида физик катталиклар қийматларини тажриба йўли билан топиш.

Ўлчаш воситаси нормалаштирилган метрологик тавсифга эга бўлган ўлчаш асбобидир. Ўлчаш воситаси, ўз навбатида, ўлчов, ўлчаш ўзгартиргичлари, ўлчов асбоблари, ўлчаш ахборот тизими ва ўлчаш қурилмалари каби туркумларга бўлинади.

Ўлчов деб, берилган ўлчамли физик катталикларни қайта тиклаш учун мўлжалланган ўлчаш воситасига айтилади.

Намуна ўлчаш воситалари - ишчи ўлчаш асбобларини текшириш ва уларни ўзлари бўйича даражалашга хизмат қилади.

Эталонлар деб, фан ва техниканинг энг юксак савиясида аниқлик билан ишланган намунавий ўлчовларга айтилади.

Ўлчов бирлиги - ўлчаш натижаси кўрсатилган бирликда ифодаланган ва ўлчаш хатолиги берилган эҳтимолликда маълум бўлган ўлчаш ҳолатидир.

Ўлчаш аниқлиги - бу ўлчаш натижаларини ва ўлчанаётган катталик ҳақиқий қийматининг мос келиш даражасидир.

Ўлчаш хатолиги - ўлчаш натижасининг ўлчанаётган катталикнинг асл қийматидан фарқланишидир.

Катталикнинг асл қиймати хатолардан холи бўлган қийматдир.

Ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати йўл қўйилган хатолар таъсирида олинган натижалар қийматидир.

Ўлчаш объекти қиймати ўлчанаётган катталикдир.

Базавий (асос) метрология хизмати - бу алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасидаги хизмат бўлиб, бириктирилган хўжалик юритувчи субъектларнинг метрологик таъминот масалалари бўйича иш фаолиятини мувофиқлаштирувчи хизмат.

Давлат метрология назорати - бу ўлчаш воситаларининг тури ва қиёсланиши, сотилиши ва уларнинг прокатини лицензиялаш бўйича давлат метрология хизмати органи томонидан амалга ошириладиган фаолиятдир.

Давлат метрология текшируви - бу давлат метрология хизмати органи томонидан амалга ошириладиган метрология қоидаларига риоя қилиниши текшириш мақсадидаги фаолиятдир.

Ўлчаш воситасини калибрлаш - бу калибрлаш лабораторияси томонидан ўлчаш воситасининг метрологик характеристикаси ҳақиқий қийматларини ва қўлланилишга яроқлилигини аниқлаш ва тасдиқлаш мақсадидаги муолажалар мажмуидир.

Ўлчаш воситаларини қиёслаш – Ўлчаш воситаларининг ўрнатилган техник талабларга мувофиқлигини аниқлаш ва тасдиқлаш мақсадида давлат метрологик хизмат идоралари (бошқа ваколатланган идоралар, ташкилотлар) бажарадиган амаллар мажмуи.

Ўлчаш воситаларини метрологик аттестатлаш – доналаб ишлаб чиқарилган (ёки Ўзбекистон ҳудудига доналаб келтирилган) ўлчаш воситаларининг, уларнинг хоссаларини синчиклаб тадқиқ этиш асосида, қўлланишга ҳуқуқли эканлигини метрологик хизмат томонидан тан олиш.

Метрологик хизматлар, марказлар, лабораторияларни аккредитлаш – метрологик хизматлар, марказлар, лабораторияларнинг ўрнатилган аккредитлаш доирасида ўлчашлар бирлигини таъминлаш бўйича ишларни ўтказишга ҳуқуқлигини расмий тан олиш.

Юридик шахсларнинг метрологик хизматларини ўлчаш воситаларини калибрлаш ҳуқуқига аккредитлаш – юридик шахслар метрологик хизматларининг ўрнатилган доирада ўлчаш воситаларини калибрлашни ўтказиш ҳуқуқини расмий тан олиш.

1.3. Электр катталиклар ва уларнинг ўлчов бирликлари

Қуйида катталиклар, уларнинг бирликлари ва тизимлари тўғрисидаги маълумотларнинг қисқача таърифини келтирамиз:

Ўлчаш жараёнида ўлчанаётган катталик шундай физик катталик билан таққосланадики, унга бирга тенг бўлган қиймат берилади ва у физик катталик бирлиги ёки ўлчов бирлиги дейилади. Метрологиянинг асосий тушунчаларидан бири физик катталикларнинг бирликларидир.

Катталикнинг ўлчов бирлиги деб, тегишли катталикни миқдоран баҳолаш учун келишувга мувофиқ асос сифатида қабул қилинган катталикка айтилади.

Катталикларнинг бирликлари бирликлар тизими асосида гуруҳланади.

Алоқа техникасида асосан электр ва магнит катталиклардан фойдаланилади.

1961-йил январдан ГОСТ 9867-61 Давлат стандартига мувофиқ “Халқаро бирликлар системаси” қабул қилинди. У СИ деб юритилади.

ГОСТ 8417-81 га мувофиқ СИ тизими 7 та катталикдан иборат.

Улар қуйидагилар:

1.1 – жадвал

Халқаро бирликлар системаси

Катталиклар	Белгиланиши	Ўлчов бирликлар
Вақт	T	[с] –секунда
Узунлик	L	[м] –метр
Масса	M	[кг] – килограмм
Модда миқдори	Q	[моль]-моль
Ёруғлик кучи	J	[кд] –кандела
Электр токи кучи	I	[А] –Ампер
Термодинамик харорат	T	[К] –Кельвин

2 та қўшимча катталик ва уларнинг ўлчов бирлигига ҳам эга:

1.2 – жадвал

Қўшимча катталик ва уларнинг ўлчов бирлиги

Катталиклар	Ўлчов бирликлари
Ясси бурчак	[рад] – радиан
Фазовий бурчак	[Ср] -стерадиан

СИ - асосий бирликларидан физикавий ифодалар ёрдамида ҳосил қилинган қўшимча бирликлар ҳосилавий бирликлар дейилади.

1.3– жадвал

Ҳосилавий бирликлар

Катталиклар	Белгиланиши	Ўлчов бирликлар
Электр заряд миқдори	q	[Кл] – Кандела
Электр кучланиши	U	[В] – Вольт
Электр қаршилиги	R	[Ом] – Ом
Ўзаро индуктивлик	L	[Гн] – Генри
Магнит индукцияси	B	[Тл] – Тесла
Магнит оқими	Ф	[Вб] – Вебер
Қувват	P	[Вт] – Ватт
Иш, энергия, иссиқлик миқдори	A, W, Q	[Ж] – Жоуль

Электр ўлчашларда тизимга кирмаган логарифмик бирликлардан кенг фойдаланилади.

Логарифмик бирликлардан, кўпинча қувват, кучланиш ва ток бўйича узатиш даражалари аниқланади.

Алоқа техникасида тизимдан ташқари бўлган ўлчамсиз бирликлардан фойдаланилади. Бу бирликларни олишда бир хил ўлчамли иккита катталиқнинг логарифми нисбати олинади.

1.4 – жадвал

Каррали ва улушли бирликлар.

Т[Тера]= 10^{12} Г[Гига]= 10^9 М[Мега]= 10^6 К[Кило]= 10^3 Г[Гекто]= 10^2	$K > 0$
д [деци]= 10^{-1} с [санти]= 10^{-2} м [милли]= 10^{-3} мк [микро]= 10^{-6} Н [нано]= 10^{-9} П [пико]= 10^{-12} Ф [фемта]= 10^{-15} А [атто]= 10^{-18}	$K < 0$

Тизимдан ташқари бўлган бирликлар алоқа техникасида кенг қўлланилади.

Масалан: Бу бирликлардан тўртқутблиларнинг узатиш параметрлари, халақитларни миқдоран баҳолашда, ночизикли бузилишлар, шовқин, узатиш трактининг мослик даражасини аниқлашда ва узатиш тизимларининг даражалар диаграммасини куришда фойдаланилади. 1970-йилдан бошлаб ягона логарифмик бирлик Александр Грейхем Белл – телефон ихтирочисининг шарафига “Белл” киритилди, амалда бошқа логарифмик бирлик “Непер” ҳам ишлатилади.

Ўзбекистон Республикасида каттадиклар ва уларнинг ўлчов бирликларидан фойдаланиш бўйича талаблар O`zDst 8.010:2010 да регламентланган.

1.4. Алоқа техникасида узатиш даражалари ва уларни баҳолаш

Маълумотларни узатишда фойдаланиладиган сигналлар вақт давомида ўзгариб турувчи электр қувват, кучланиш ёки токни ифодалайди. Сигналларнинг оний кучланиш ёки ток қийматларининг ўзгариши узатилаётган маълумотлар билан бир хил бўлади.

Сигналлар ва халақитларнинг узатиш каналлари ва трактларининг турли нуқталаридаги кучланиш (ток) қийматлари пиковольт (пикоампер)дан ўн вольт (ампер)гача катталиқка эга. Ўлчанаётган ва ҳисобланаётганда дуч келадиган ток қувватлари пиковаттнинг улушларидан бир бутун ваттгача катталиқка эга бўлади. Қийматлари кенг диапазонда (у миллиметрдан миллион километргача узунликдаги диапазондан кенг) жойлашган катталикларни ўлчаш ва ҳисоблашни осонлаштириш учун, ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини солиштириш учун кўпайтириш ва бўлиш амаллари мос равишда қўшиш ва айириш амаллари билан алмаштирилади, ваттлар, вольтлар ва амперлар (ёки уларнинг улушлари)да ифодаланган қувват, кучланиш ва ток катталиқлари ўрнига бу катталиқларнинг ҳисоблаш учун қабул қилинган шартли катталиқларга нисбатининг логарифмларидан фойдаланилади. Узатиш даражаси P билан белгиланади ва унинг ёрдамида “Неп” ва “дБ” ларда кучланиш, ток ва қувват баҳоланади. Алоқа техникасида ўлчашнинг абсолют, нисбий ва ўлчаш даражалари мавжуд.

Ўлчашнинг абсолют ва нисбий даражаларидан даражалар диаграммасини куришда фойдаланилади. Логарифмик кўринишда ифодаланган нисбий бирликларни узатиш даражалари дейилади. Бир хил ишорали катталиқлар нисбатининг ўнли логарифмларини ифодаловчи узатиш даражаларини децибеллар (дБ) да баҳоланади, бир хил ишорали

катталиклар нисбатининг натурал логарифмларини ифодаловчи узатиш даражаларини эса неперлар (Нп) да баҳоланар эди. Ҳозирги пайтда децибеллардан фойдаланиш қабул қилинган.

Узатиш даражаларининг қуйидаги турлари мавжуд:

қувват бўйича узатиш даражаси: [Нп]

$$p_{\text{нк}}=10\lg\frac{P_x}{P_o}, \text{ дБ} \quad \text{ёки} \quad p_{\text{нк}}=\frac{1}{2} \ln\frac{P_x}{P_o}, \quad \text{Нп}; \quad (1.1)$$

кучланиш бўйича узатиш даражаси: [Нп]

$$p_{\text{нк}}=20\lg\frac{U_x}{U_o}, \text{ дБ} \quad \text{ёки} \quad p_{\text{нк}}=\ln\frac{U_x}{U_o}, \quad \text{Нп}; \quad (1.2)$$

ток бўйича узатиш даражаси: [Нп]

$$p_{\text{нт}}=20\lg\frac{I_x}{I_o}, \text{ дБ} \quad \text{ёки} \quad p_{\text{нт}}=\ln\frac{I_x}{I_o}. \quad \text{Нп}; \quad (1.3)$$

дБ ва Нп да ифодаланган узатиш даражалари ўртасида қуйидаги муносабатлар мавжуд: $1 \text{ Нп}=8,686 \cong 8,7 \text{ дБ}$ ва $1 \text{ дБ}=0,115 \text{ Нп}$.

Бу формулаларда P, U_x ва I_x - қувват ёки актив қувват, кучланиш ва токнинг текширилаётган нуқтадаги тегишли катталиклари, W_o, U_o ва I_o эса - узатиш даражаларини аниқлашда уларнинг қабул қилинган бошланғич катталиклари.

Қувват ($p_{\text{нк}}$), кучланиш ($p_{\text{нк}}$) ва ток ($p_{\text{нт}}$)нинг (1.1...1.3) формулалар орқали аниқланган узатиш даражаларини нисбий узатиш даражалари дейилади ва мос равишда $\text{дБ}_{\text{нк}}$, $\text{дБ}_{\text{нк}}$, $\text{дБ}_{\text{нт}}$ билан белгиланади.

Агар P_x қувват, U_x кучланиш ёки I_x ток катталиклари W_o қувват, U_o кучланиш, I_o токнинг бошланғич катталикларидан катта бўлса, узатиш

даражалари мусбат, акс ҳолда узатиш даражалари манфий қийматга эга бўлади. $P_x=P_0$, $U_x=U_0$ ва $I_x=I_0$ бўлган ҳолда юқорида айtilган узатиш даражалари нол қийматли бўлади.

Қувват, кучланиш ёки токнинг логарифмик бирликлари (децибелларда ифодаланган даражалар)дан қуйидаги маълум формулалар билан уларнинг абсолют катталикларига ўтиш осон:

$$P_x=P_0 \cdot 10^{0,1P_{\text{HK}}}, \quad U_x=U_0 \cdot 10^{0,05P_{\text{HK}}}, \quad I_x=I_0 \cdot 10^{0,05P_{\text{HT}}}. \quad (1.4)$$

Умуман олганда қувват, кучланиш ва ток бўйича узатиш даражаларининг сон қийматлари бир хил бўлмайди. Лекин W_x ва W_0 қувватлар ажраладиган Z_x ва Z_0 қаршиликлар маълум бўлса, улар орасида ўзаро боғланишни ўрнатиш мумкин.

Хусусан,

$$p_{\text{HK}}=10\lg \frac{P_x}{P_0}=10\lg \frac{U_x^2 |Z_0|}{|Z_x| U_0^2}=20\lg \frac{U_x}{U_0}-10\lg \frac{|Z_x|}{|Z_0|}=p_{\text{HK}}-10\lg \frac{|Z_x|}{|Z_0|}, \quad (1.5)$$

ёки

$$p_{\text{HK}}=p_{\text{HT}}+10\lg \frac{|Z_x|}{|Z_0|}. \quad (1.6)$$

Узатиш даражалари абсолют, нисбий ва ўлчаш даражаларига бўлинади. Агар бошланғич катталик сифатида қуйидаги катталиклар қабул қилинган бўлса:

- қувват $P_0=1$ мВА ёки актив қувват $P_0=1$ мВт:
- эффектив кучланиш $U_0=0,775$ В:
- токнинг эффектив қиймати $I_0=1,29$ мА бўлса,

бундай узатиш даражаларини абсолют узатиш даражалари дейилади.

Агар абсолют узатиш даражалари $Z=R=600$ Ом қаршиликда аниқланса, у ҳолда $p_k=p_k=p_t$ бўлади, бу бошланғич катталиклар: $0,775\text{В} \times 1,29 \text{ мА} = 1 \text{ мВА}$ (мВт) ёки $0,775\text{В} / 1,29 \text{ мА} = 600$ Ом ни танлаб олиш орқали тушунтирилади. Қувват, кучланиш ва ток бўйича абсолют узатиш даражалари мос равишда ∂B_k , ∂B_m да ўлчанади. Ток бўйича узатиш даражаларидан амалдаги ўлчашлар ва ҳисоблашларда жуда кам фойдаланилади.

Қувват бўйича нисбий даражани акс эттирувчи (1.1) ифодани қуйидаги кўринишда келтириш мумкин:

$$p_{\text{нк}} = 10 \lg \left[\frac{\frac{P_x}{1\text{мВА(мВм)}}}{\frac{P_o}{1\text{мВА(мВм)}}} \right] = 10 \lg \frac{P_x}{1\text{мВА(мВт)}} - 10 \lg \frac{P_o}{1\text{мВА(мВт)}} = p_{\text{нк}} - p_{\text{нк}}, \quad (1.7)$$

бу ерда $p_{\text{нк}}$ - текширилаётган нуқтадаги қувват бўйича абсолют даража ва $p_{\text{нк}}$ - ҳисоблаш нуқтасидаги даража. Қувват бўйича нисбий даража қувватнинг ўлчаш нуқтасидаги ва ҳисоблаш нуқтаси деб қабул қилинган нуқтадаги абсолют даражаларининг фарқига тенглиги (1.7) формуладан кўриниб турибди. Кучланиш бўйича нисбий даражалар ҳам шунга ўхшаш қилиб олинади:

$$p_{\text{нк}} = p_{\text{нк}} - p_{\text{нк}}. \quad (1.8)$$

Трактнинг бошланиш жойига нормал генератор, яъни ички актив қаршилиги 600 Ом га ва ЭЮК 1,55 В га тенг маълум частотали синусоидал тебранишли генератор уланган бўлса, яъни шундай шарт бажарилсагина, текширилаётган нуқтадаги абсолют даражани ўлчаш даражаси дейилади. Агар каналнинг ички қаршилиги актив ва у 600 Ом га тенг бўлса, нормал генераторни каналнинг киришига уланганда каналнинг бу нуқтаси абсолют нол даражада бўларди.

Агар каналнинг қувват бўйича $p_{\text{нк1}}$ нисбий даражали нуқтасида сигналнинг қувват бўйича $p_{\text{к1}}$ абсолют даражаси маълум бўлса, у ҳолда каналнинг $p_{\text{нк2}}$ нисбий даражали нуқтасида сигналнинг қувват бўйича $p_{\text{нк2}}$ абсолют даражаси қуйидагига тенг бўлади:

$$p_{\text{к2}} = p_{\text{к1}} - (p_{\text{нк1}} - p_{\text{нк2}}). \quad (1.9)$$

Агар каналнинг қувват бўйича $p_{\text{нк1}}$ нисбий даражаси нуқтасида сигналнинг W_1 қуввати маълум бўлса, у ҳолда каналнинг $p_{\text{нк2}}$ нисбий даражаси нуқтасида сигналнинг қуввати қуйидагига тенг бўлади:

$$P_2 = P_1 \cdot 10^{0,1(P_{\text{нк2}} - P_{\text{нк1}})}, \text{ мВт.} \quad (1.10)$$

Узатиш канали ўзида *пассив* ва *актив* тўртқутбликлардан ташкил топган каскад бирикмани ифодалайди. Узатиш каналлари орқали сигналлар ўтаётганда сигналларнинг энергияси *пассив* тўртқутбликларда камая бошлайди ёки *актив* тўртқутбликларда эса орта бошлайди. Каналнинг турли нуқталарида сигнал энергиясининг ўзгаришларини аниқлаш мақсадида ишчи сўниш ёки ишчи кучайиш тушунчаси киритилади.

Абсолют нолинчи даража – 1 мВт *актив* қувват учун қабул қилинган. Қувватнинг абсолют нолинчи даражаси P_0 кучланиш U_0 ва ток I_0 абсолют нолинчи даражаси билан R_0 қаршилиқнинг директив ёки стандарт нормаланган қиймати орқали боғланган.

$$P_0 = U_0 * I_0 = \frac{U_0^2}{R_0} = I_0^2 R_0; \quad (1.11)$$

$P_0 - 1 \text{ мВт}$ ва $R_0 \approx 600 \text{ Ом}$ бўлганда кучланиш бўйича абсолют нолинчи даража:

$U_0 = 0.775 \text{ В}$ Ва ток бўйича абсолют нолинчи даража $I_0 = 1.29 \text{ мА}$ бўлади.

$$U_0 = \sqrt{R_0 * P_0} = \sqrt{600 * I} = 0.775 \text{ В}$$

Кучланиш ток ва қувватнинг абсолют узатиш даражаси абсолют нол даража ҳисобга олинган ҳолда қуйидаги ифодалар орқали аниқланади:

$$[P_U: P_y P_p] 1Hn = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} = \ln \frac{F_1}{F_2}; P_u = \ln \frac{U_x}{U_0}; Hn [1B = 10\delta B] \quad (1.12)$$

$$P_y = \ln \frac{I_x}{I_0}; Hn; P_p = \ln \frac{P_x}{P_0}; Hn; 1Белл = \lg \frac{P_1}{P_2} = 2 \lg \frac{F_1}{F_2} \quad (1.13)$$

$$P_I = 20 \lg \frac{I_x}{I_0}; \delta B; P_U = 20 \lg \frac{U_x}{U_0}; \delta B; P_P = 10 \lg \frac{P_x}{P_0}; \delta B \quad (1.14)$$

P_0, I_0, U_0 қувват, кучланиш ва токнинг нолинчи қийматидир. Агар R_0 маълум бўлса, I_0, U_0 қуйидагича аниқланади:

$$P_0 = U_0 * I_0 = \frac{U_0^2}{R_0} = I_0^2 * R_0; U_0 = \sqrt{P_0 * R_0}; I_0 = \sqrt{\frac{P_0}{R_0}}; \quad (1.15)$$

$P_1; P_2$ — энергетик катталиклар

$F_1; F_2$ — куч катталиклари

Узатишнинг нисбий даражаси деганда иккита бир исмли катталиқнинг нисбатини логорифмлаш тушунилади.

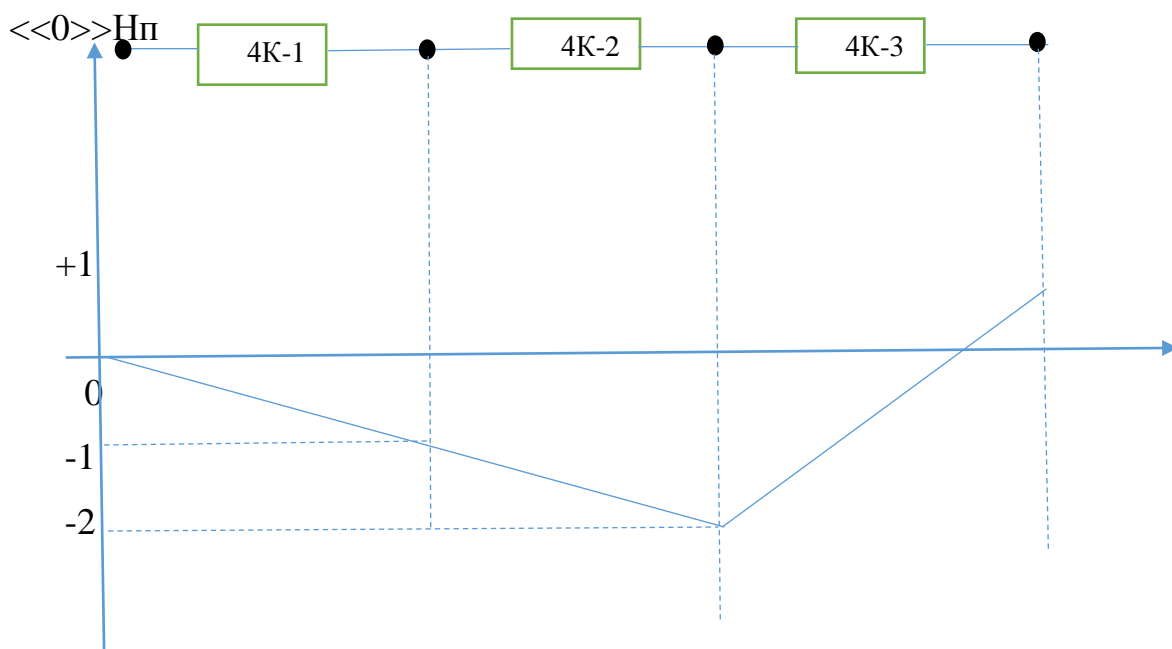
Бу катталиқнинг бири тўрткүтбликнинг киришида бўлса, иккинчиси чиқишида бўлади.

Узатишнинг нисбий даражаси тўрткүтбликнинг характеристикаси бўлиб, кучайиш, сусайиш ёки узатиш коэффициентини характерлайди. Даражаларнинг алоқа канали бўйича график тақсимланишига даражалар

диаграммаси дейилади. Сигналларни узатишнинг нисбий даражасининг диаграммаси 1.1-расмда келтирилган.

$$P_u = \ln \frac{U_2}{U_1}; Hn; \quad P_y = \ln \frac{I_2}{I_1}; Hn; \quad P_p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_1}; Hn \quad (1.16)$$

$$P_I = 20 \lg \frac{I_2}{I_1}; \partial B; \quad P_U = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}; \partial B; \quad P_P = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}; \partial B \quad (1.17)$$



1.1-расм Сигналларни узатишнинг нисбий даражасининг диаграммаси

2. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛАРДА ЎЛЧАШЛАР ВА УЛАРГА ҚЎЙИЛАДИГАН АСОСИЙ ТАЛАБЛАР

2.1. Ўлчаш турлари ва воситаларининг метрологик характеристикалари

Маълумки, ўлчаш воситаси меъёрланган метрологик характеристикаларга эга бўлган ўлчаш асбобидир. Улар аналог ва рақамли бўлади. Электр ўлчаш воситаларининг таснифи 2.1-расмда келтирилган.

Ўлчаш воситасининг ўлчашларга маълум диапазонда, маълум аниқлик билан яроқлилигини баҳолаш учун уларга қуйидаги мақсадларда метрологик характеристикалар киритилади:

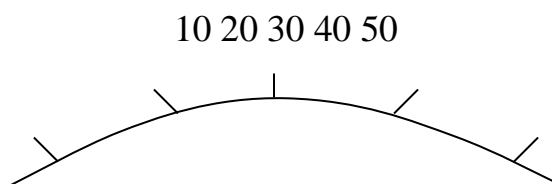
- Аниқ ўлчашларни таъминлаш;
- Ўлчаш воситасининг ўзаро алмашинувчанлигига эришиш учун;
- Ўлчаш воситасини ўзаро солиштириш ва керакли аниқликдаги ўлчаш воситасини танлаш;
- Ўлчаш тизимлари ва қурилмаларининг хатоларини уларнинг метрологик характеристикалари асосида аниқлаш;

Метрологик характеристикаларнинг ҳар бири мўлжалланишига кўра ўлчаш турларига ва ўлчаш воситасининг таъсир этувчи катталиклар ёки кириш сигналининг ноинформатив параметрига кўра келтирилади.

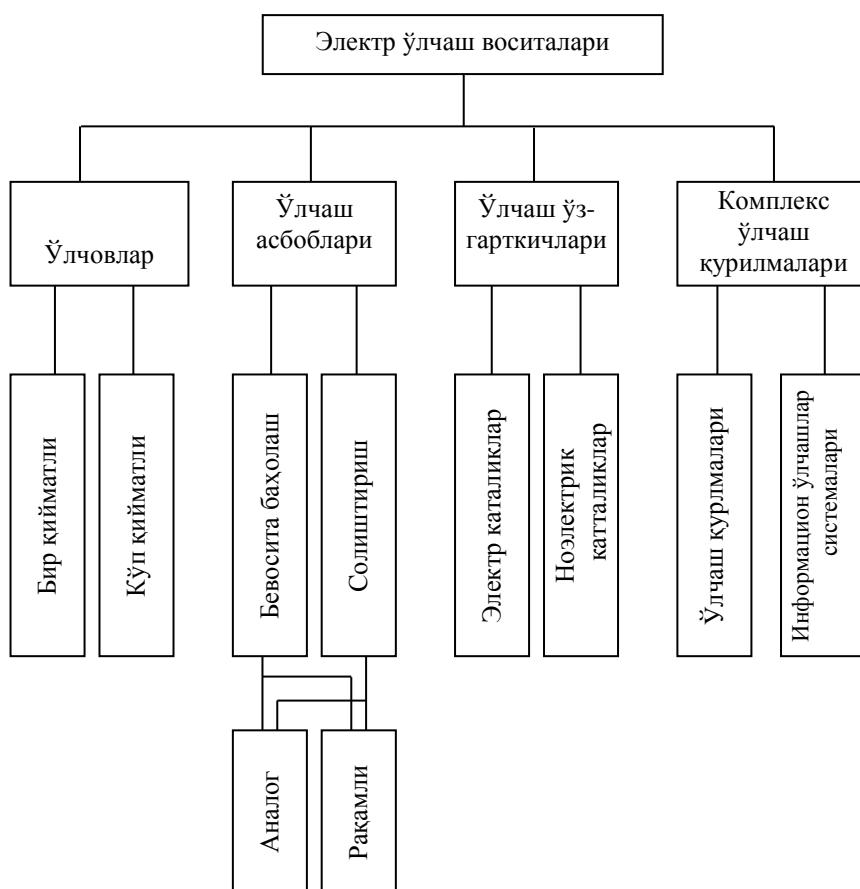
Ўлчаш воситаси кириш сигналининг ноинформатив параметри деб ўлчанаётган параметр билан функционал боғланишда бўлмаган параметрга айтилади. Масалан: ўзгарувчан токнинг амплитудасини ўлчашда унинг частотаси ноинформатив параметрдир. Нормаланган метрологик характеристика (НМХ) ҳужжатлар асосида ўрнатилади. Амалиётда ўлчаш воситасининг қуйидаги метрологик характеристикалари кенг тарқалган:

- Ўлчаш диапазони – бу ўлчанаётган катталикнинг шундай қийматлар соҳасидирки, унинг учун ўлчаш воситаси хатоларнинг йўл қўйиладиган чегараси меъёрланган бўлади.

- Ўлчаш чегараси – бу ўлчаш диапазонининг энг катта ва энг кичик қиймати. Масалан: ўлчаш воситаси шкаласи нотекис бўлиб, ўлчаш чегараси 50 га тенг бирликда бўлса ва шкаланинг бошланғич участкаси ~20% сиқилган бўлса, унда ўлчаш диапазони 10÷50 гача бўлган бирликка тенг бўлади.



Шкаланинг бўлим қиймати – бу катталик қийматларининг фарқи бўлиб, шкаланинг иккита қўшни белгисига мос келади.



2.1-расм. Электр ўлчаш воситаларининг таснифи.

Текис шкалали приборлар доимий бўлим қийматига эга бўлади, нотекис шкалаллари эса ўзгарувчан бўлим қийматига эга бўлади.

- Сезгирлик $S = \Delta y / \Delta x$: - бу ўқ чиқишидаги сигнал ўзгариши Δy нинг бу ўзгаришни юзага келтирган киришдаги Δx сигнал ўзгаришига нисбатидир ва бунда сезгирлик ток ва кучланиш бўйича сезгирлик деб тушунилади.

- Вариация – маълум шароитлар ўзгармас бўлганида ўлчаш диапазонининг берилган нуқтасида катталик қийматини орттириб ёки камайтириб ўлчашдаги ўлчаш воситаси кўрсатишлари орасидаги фарқ.

$$H = |X_{\text{орт}} - X_{\text{кам}}| ;$$

Ўлчаш воситаси кўрсатишларининг вариацияси тасодифий факторлар таъсирида юзага келса ҳам ўзи тасодифий катталик эмас.

- Даражалаш характеристикаси (ДХ) деб эксперимент йўли билан ўлчаш воситаси чиқиш ва кириш сигнали орасидаги боғланишга айтилади. Бу характеристика – аналитик, график ва жадвал кўринишида берилиши мумкин. ДХ ички ва ташқи сабаблар таъсирида ўзгариши мумкин. Масалан: токнинг тез ўзгаришида ўлчаш воситаси қўзғалмас қисми инерциясига кўра ток ўзгаришини кузата олмайди.

- Ўлчаш воситаси хатолиги – унинг асосий метрологик характеристикасидир.

- Асосий хато – бу ўлчаш воситасининг нормал эксплуатация шароитидаги хатолигидир.

Эксплуатациянинг нормал шароити:

Хона ҳарорати $293 \pm 5\text{K}$ ёки $20 \pm 5^\circ \text{C}$;

Ҳавонинг нисбий намлиги $65 \pm 15\%$ (20°C да)

Тармоқ кучланиши $220\text{В} \pm 10\%$ частотаси $50 \text{ Гц} \pm 1\%$

Атмосфера босими $97,4 \div 104 \text{ КПа}$

ҳамда электромагнит майдонлари таъсирининг йўқлиги.

Ишчи шароитларда, яъни нормал шароитдан фарқли бўлган, таъсир этувчи катталикларнинг кенг диапазонида зарурий ҳолларда ўлчаш воситасининг қўшимча хатолари меъёрланади. Ўлчаш воситасининг асосий хатоларини меъёрлашнинг учта усули мавжуд:

- Ўлчаш диапазонида ўзгармас бўлган йўл қўйиладиган ($\pm\Delta$) абсолют ёки келтирилган ($\pm\gamma$) хатолар чегараларини нормалаш;
- Абсолют ёки келтирилган хатоларнинг йўл қўйиладиган чегараларини ўлчанаётган катталикнинг функцияси сифатида нормалаш;
- Барча ўлчаш диапазони ёки бир ва бир неча участкаси учун асосий хатонинг йўл қўйиладиган ўзгармас чегараларини нормалаш.

Асосий ва қўшимча хатоларни ажратиш мураккаб бўлгани учун ўлчаш воситасини қиёслаш нормал шароитларда ўтказилади.

- Қўшимча хато ҳам асосий хато каби (абсолют, нисбий ва келтирилган хатолар) кўринишга эга бўлади.
- Турли таъсир этувчи факторлар томонидан юзага келган қўшимча хатолар алоҳида нормаланади.

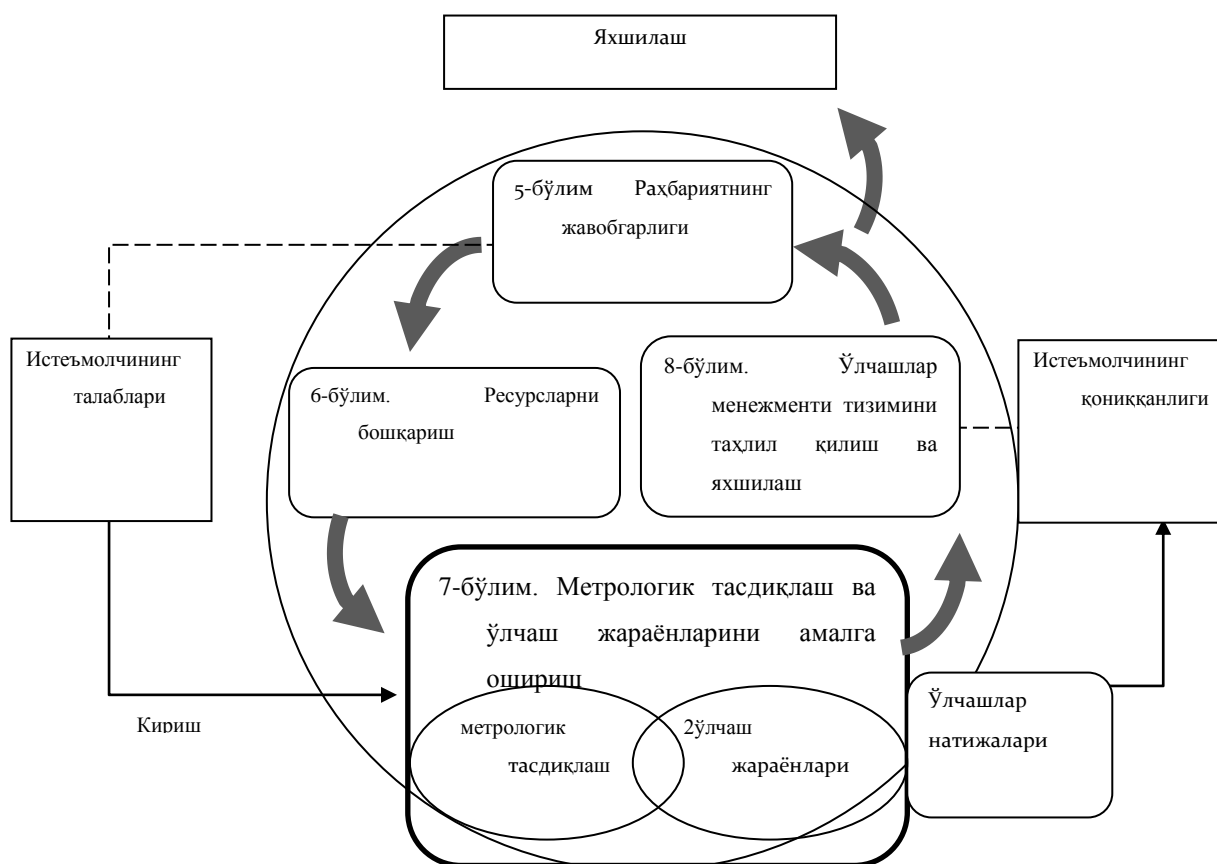
Баъзи ҳолларда қўшимча қаршилик коэффициент тарзида меъёрланиб, хато меъёрий қийматдан четланганда “қанчага” ва “неча марта” ўзгарганини кўрсатади. Масалан: агар вольтметрнинг температуравий хатолиги ҳар 10°C да $\pm 1\%$ га тенг бўлса, бу муҳит ҳарорати ҳар 10°C га ўзгарганда қўшимча хато 1% ортишини кўрсатади.

2.2. Ўлчаш жараёнлари ва ускуналарига қўйиладиган талаблар

Талабларга доир таҳлилни, ISO 10012:2003 “Ўлчашнинг менежмент тизимлари.

Ўлчаш жараёнлари ва ўлчаш ускуналарига қўйиладиган талаблар” стандартдаги тушунчалар асосида бажарамиз. Аввало, метрологиянинг бош мақсади мамлакатда ўлчашлар бирлигини таъминлаш каби мақсадидан келиб чиққан ҳолда **3.1-банддаги** ўлчашлар менежменти тизими моделини

(2.1-расм) стандартнинг 7.2-босқичидаги “Ўлчаш жараёнлари”га доир тушунча ва умумий талаблар устида тўхталиб ўтамыз.



2.1-расм. Ўлчашлар менежменти тизимининг модели.

Ўлчаш жараёнлари, сифат менежменти тизимнинг қисмларидан бири бўлиб ҳисобланади ҳамда, ушбу жараён режалаштирилиши, баҳоланиши, амалга оширилиши, хужжатлаштирилиши ва бошқарилиши зарур. Ўлчаш жараёнига таъсир кўрсатувчи катталиклар ёки омиллар идентификацияланиши ва ўрганилиши талаб этилади. Ҳар бир ўлчаш жараёнининг тўлиқ тафсилоти ўз ичига барча таълуқли бўлган қурилиш ва ускуналар, ўлчаш муолажалари, дастурий таъминоти, қўлланилиши шартлари, операторнинг қобилияти ва бошқа ўлчаш натижаларнинг ишончилигига бўлган омилларни олади. Ўлчаш жараёнларини бошқариш хужжатлаштирилган муолажаларига мос ҳолда бажарилади. Ўлчаш жараёни

Ўлчаш қурилмасининг битта элементи билан чегараланиши мумкин. Ўлчаш жараёнининг лойиҳаланишига қўйиладиган талабларни қараб чиқамиз.

Метрологик талаблар, истеъмолчи, ташкилотлар, ҳамда қонуний ва регламент талаблари асосида ўрнатилиши керак, шундай лойиҳалаштирилган ўлчаш жараёнлари ушбу талабларга жавоб бериши учун ҳужжатлаштирилиши, баҳоланиши ва агар зарур бўлса, истеъмолчи билан келишилиши керак. Ундан ташқари ҳар бир алоҳида ўлчаш жараёни учун унинг мос элементлари ва бошқариш усуллари аниқланиши зарур. Ушбу элементлар ва бошқариш усуллари операторларга бўлган таъсир кўрсатишларни, қурилмалар, ускуналар, атроф-муҳит шароитлари, таъсир этувчи катталиклар ва қўлланиладиган усулларнинг жамланиши талаб этилади.

Ўлчаш жараёнини лойиҳалаш учун раҳбарий қўлланмалар мавжуд. Ўлчаш жараёнини тавсифлашда қуйидагиларни аниқлаш зарур:

- маҳсулотлар сифатини таъминлаш учун қандай ўлчашларнинг талаб этилиши;
- ўлчаш усуллари;
- ўлчашларни бажариш учун талаб этиладиган қурилмалар ва уларнинг тафсилоти;
- ўлчашларни бажарувчи ходим учун зарурий кўникмалар ва квалификацияси.

Ўлчаш жараёнлари бошқа баҳоланган жараёнларнинг натижалари билан солиштириш асосида баҳоланиши ёки жараён характеристикаларининг доимий таҳлили ёрдамида баҳоланиши мумкин. Ўлчаш жараёнлари шундай лойиҳалаштирилиши керакки, бунда, хатоли натижаларга йўл қўймаслиги ҳамда ноаниқликларни тезкор аниқлаш ва ўз вақтида тузатувчи ҳаракатлар билан таъминланиши керак. Ўлчаш жараёнига таъсир этувчи катталиклар миқдоран баҳоланиши керак. Бунинг учун махсус эксперимент ёки тадқиқотлар лойиҳалаштирилиши ва бажарилиши зарур бўлиши мумкин. Агар, бу мумкин бўлмаса, у ҳолда, жиҳоз тайёрловчиси томонидан кўзда

тутилган маълумотлар, техник талаблар ва огоҳлантиришлардан фойдаланиш керак. Ўлчаш жараёнлардан мақсадли фойдаланиш учун зарур бўлган ишчи характеристикалар идентификацияланган ва микдоран ифодаланган бўлиши керак.

Характеристикаларга қуйидагилар мисол бўлади:

- ўлчашлар ноаниқлиги;
- барқарорлик;
- йўл қўйиладиган максимал хато;
- такрорланувчанлик;
- қайта тикланувчанлик;
- операторнинг уудалаш даражаси.

Баъзи ўлчаш жараёнлари учун бошқа характеристикалар ҳам муҳим бўлиши мумкин. Ўлчаш жараёни метрология талабларига жавоб берадиган назорат қилинувчи атроф-мухит шароитида амалга оширилади.

Қуйидагилар назорат қилувчи объектларга киритилган:

- тасдиқланган қурилма ва ускуналардан фойдаланиш;
- ўлчашларнинг баҳоланган муолажаларини қўллаш;
- талаб қилинган ахборот ресурсларининг мавжудлиги;
- талаб этиладиган атроф-мухит шартларини таъминлаш;
- нуфузли персоналдан фойдаланиш;
- натижалар бўйича таалукли ҳисоботлилик;
- мониторингдан келишувли фойдаланиш.

Ўлчаш жараёнига бўлган талабларга мувофиқликни намоён қилиш учун метрология хизматлари ёзувларни олиб бориши керак, хусусан:

- амалда фойдаланилган ўлчаш жараёнларнинг тўлиқ тафсилотига ўз туркумига кўра ягона бўлган барча фойдаланиладиган элементлар (масалан: операторлар, ихтиёрий ўлчаш қурилмаси ёки таққослаш эталонлари);

- ўлчаш жараёнларини бошқарувчи идоралардан олинган ўлчашлар ноаниқлигига доир ахборотлар;
- маълумотларни бошқариш идораларидан деб ҳисобланган ихтиёрий амаллар;
- ўлчаш жараёнини бошқариш бўйича бажарилган амалларнинг муддати;
- баҳолаш бўйича ишга алоқадор бўлган ихтиёрий ҳужжатларни идентификациялаш;
- ёзувлар учун ахборотни тақдим қилувчи маълум шахсни идентификациялаш;
- ходимнинг (талаб қилинадиган ва эришиладиган) қобилиятлари.

Метрология хизмати фақат санкцияланган ходимга ёзувларни бажариш, ўзгартиришга рухсат бериши керак.

Қуйида, ўлчашлар менежменти тизимини яхшилашга оид талабларни кўриб чиқамиз. Метрология хизмати, ўлчашлар менежменти тизимини ушбу стандартга мувофиқлигини таъминлаш ва тизимни доимий равишда яхшиланиб бориш учун режалаштириши ва назоратни бажариши, таҳлил ва яхшилаши керак. Ундан ташқари, метрология хизматлари аудитлардан, назорат ва бошқа зарурий инструментлардан, ўлчашлар менежменти тизимининг яроқлилиги ва самарадорлигини аниқлаш учун фойдаланиши керак. Метрология хизмати истеъмолчининг метрологик талабларини бажарилишига таалуқли бўлган ахборотни кузатиши керак. Бундай ахборотни олиш ва фойдаланиш усуллари ўрнатилган бўлиши керак. Ўлчаш менежменти тизимидаги барча аудитларнинг натижалари ва тизимга киритилган ўзгаришлар ёзилиши керак. Аудиторлар, ўзларининг жавобгарлиги бўлган участкаларни текширишлари мумкин эмас. Ўлчашлар менежменти тизимининг аудити ташкилот менежмент тизими аудитларининг қисми сифатида бажарилиши керак. ISO 19011 аудит тизимлари бўйича раҳбарликни таъминлайди. Ихтиёрий ўлчаш жараёнидаги олинган

натижаларга шубҳа уйғонса, ёки натижалар нотўғри бўлса, у ҳолда ушбу натижалар идентификацияланиши ва тузатувчи амаллар бажарилмагунча улардан фойдаланилмайди. Номувофиклиги аниқланганлиги сабабли модификацияланган ўлчаш жараёни фойдаланилишидан олдин баҳоланиши керак. Солиштириш эталонининг ёмонлашуви натижасида ёки оператор нуфузининг пасайишига кўра ўлчаш жараёнидан воз кечиш жараён тугаганидан сўнг қуйидаги тадбирлар ёрдамида аниқланиши мумкин:

- назорат карталарининг таҳлили;
- кетма-кетли назорат;
- лабораториялараро солиштириш;
- ички аудит;
- истеъмолчи билан тескари алоқа.

Юқорида эслатиб ўтилган ISO 10012:2003 стандартда телекоммуникация узатиш тизимларида қўлланиладиган ускуналарга доир қуйидаги талаблар келтирилган. Ўрнатилган метрологик талабларга мувофик бўлиши учун барча ўлчаш ускуналари (техник ўлчаш воситалари) амалда мавжуд бўлиши ва ўлчашлар менежменти тизимида идентификацияланган бўлиши керак. Метрологик жиҳатдан тасдиқланиш учун ўлчаш ускунаси амалдаги қиёслаш статусига эга бўлиши керак. Ўлчаш ускунаси аввало, бошқариладиган муҳитда фойдаланилиши ёки тўғри ўлчаш натижаларини таъминловчи муҳитда бўлиши керак. Мониторинг ва таъсир этувчи катталикларни фиксациялаш учун фойдаланиладиган ўлчаш ускуналари ўлчашлар менежменти тизимига киритилган бўлиши зарурий шартдир. Ўлчаш ускуналари учун раҳбарий қўлланмалар мавжуд. Хусусан, ўлчаш ускунаси конкрет ўлчаш жараёнларда фойдаланиш учун метрологик тасдиқланиши ва бошқа ўлчаш жараёнлари учун метрологик талабларда фарк бўлганлиги учун тасдиқланмаслиги мумкин. Максимал йўл қўйиладиган кўрсатилган бўлади ёки ускуна тайёрловчиси ва метрология хизмати томонидан нашр қилинган техник спецификацияга ҳавола қилиш орқали кўрсатилиши мумкин.

Ускуналар метрология хизматлари томонидан эмас, ташқи ташкилотлар томонидан калибрланиши мумкин. Метрология хизматининг раҳбарияти метрологик ускунанинг юкланиши, жўнатилиши, транспортировкаси, сақланиши ва тарқатилишига оид хужжатлаштирилган муолажаларни ўрнатиши керак. Агар шундай қилинмаса, ускунадан нотўғри фойдаланиш, бузилиши ҳамда унинг метрологик характеристикаларининг ўзгаришининг олди олинмаган бўлади. Ўлчашлар менежменти тизимига кириб келувчи ва тизимдан чиқариб юборилувчи ўлчаш ускуналарини расмийлаштириш бўйича муолажалар бўлиши керак.

Ихтиёрий тасдиқланган ўлчаш ускунаси:

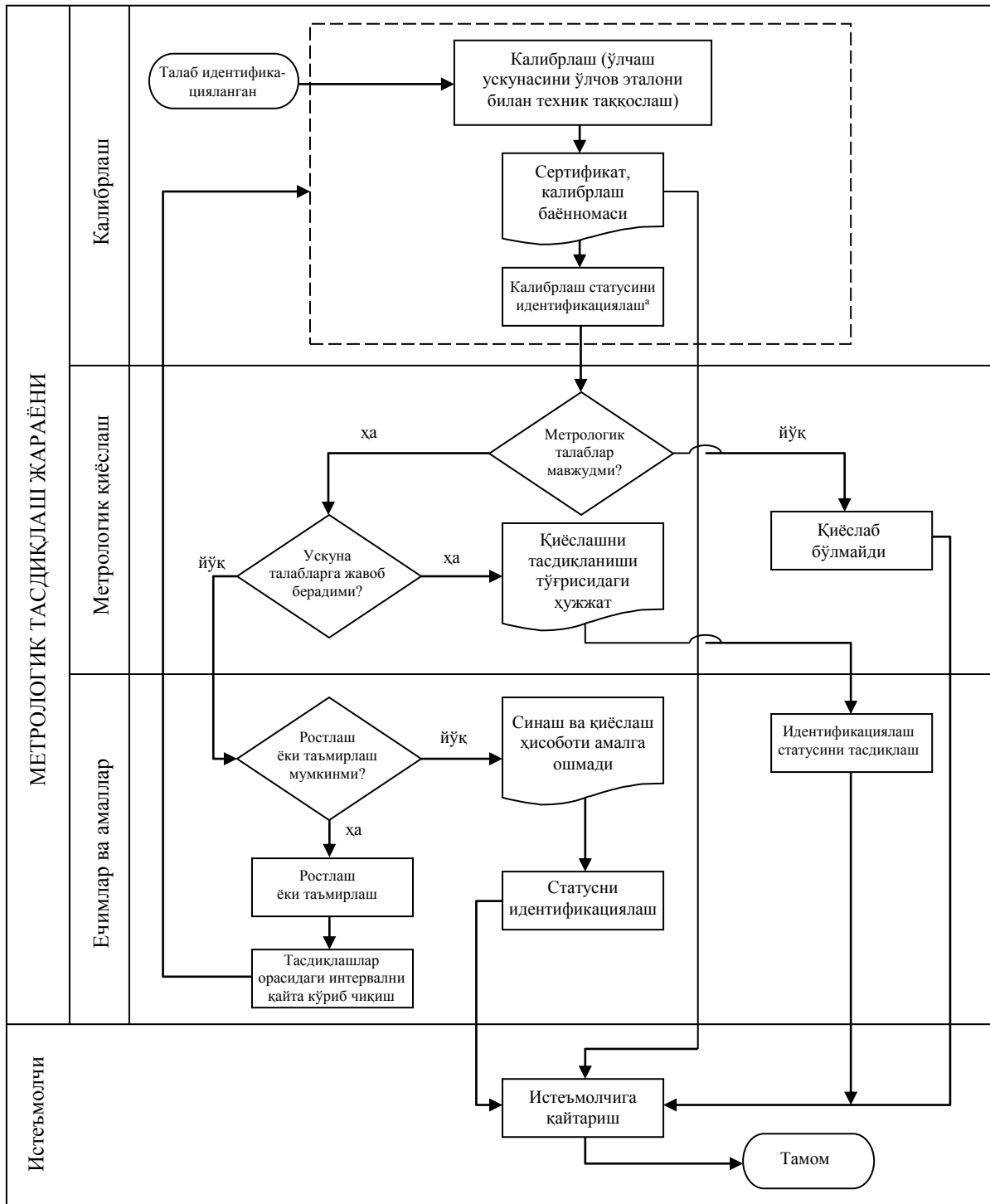
- бузилган;
- ўта юкланган;
- фойдаланиб бўлмаётган;
- нотўғри натижалар берса;
- бузилган ёки пломба синган;
- ташқи катталиклар таъсирга берилган бўлса, эксплуатациядан

идентификацияланган маркалар орқали олиб ташланади.

Ўлчаш ускунасининг номувофиклиги текширилиши ва номувофиклиги тўғрисида ҳисобот тайёрланиши керак. Бундай ускуналарнинг номувофиклиги бартараф қилиниб уларнинг метрологик характеристикалари тиклангач яна қайта эксплуатацияга қўйилади. Қуйида ўлчаш ускуналари учун метрологик тасдиқлаш ва метрологик характеристикаларга оид талаблар таҳлилини келтирамиз. Метрологик тасдиқлаш жараёни иккита киришга, яъни, истеъмолчининг метрологик талаблари ва ўлчаш ускунасининг метрологик характеристикаларига ва битта чиқишга ўлчаш ускунасининг метрологик тасдиқланганлиги статусига эга бўлади (2.2-расм. Ўлчаш ускуналари учун метрологик тасдиқлаш жараёни).

Дастлаб, истеъмолчининг метрологик талабларини таҳлил қиламиз. Истеъмолчининг метрологик талаблари – бу истеъмолчи томонидан ўлчашларга қўйиладиган талаблар бўлиб, ишлаб чиқаришга қўйиладиган

талаблар каби бўлади. Шу жиҳати билан ўлчанадиган параметрларнинг техник тафсилотига боғлиқ бўлади. Ушбу талабларнинг аниқланиши ва техник тафсилотига истеъмолчи жавоб беради. Ушбу ҳолда, истеъмолчининг ўрнига бошқа мувофиқ келадиган малакали шахс ушбу жараёни бажариши мумкин. Ушбу жараённинг амалга ошиши учун ишлаб чиқариш ва метрология бўйича чуқур билимлар талаб қилинади. Ундан ташқари истеъмолчининг метрологик талаблари нотўғри ўлчашлар ва уларнинг ташкилотга ва бизнесга бўлган таъсири ҳисобга олиниши керак. Талаблар, атамалар, максимал йўл қўйиладиган хатолар, иш чегаралари ва бошқаларга ҳам ифодаланади. Ушбу истеъмолчининг метрологик талаблари етарли даражада батафсил баён қилиниши ва шу аснода метрологик тасдиқлаш жараёнининг операторлари ушбу ўлчаш ускунасини назорат қилиш, ўлчаш ва берилган параметр ёки катталиқни кузатиш қобилияти бор ёки йўқлигини билиш керак. Таҳлилни ўлчаш ускуналарининг метрологик характеристикаларига доир маълумотлар бўйича давом эттирамиз. Маълумки, метрологик характеристикалар калибрлашда ёки синашлар орқали аниқланади. Метрология хизмати ўлчашлар менежменти тизими доирасида ушбу фаолиятни ўрнатади ва назорат қилади. Калибрлаш жараёнининг кириши бўлиб ўлчаш ускунаси, ўлчов эталони ва атроф-муҳит шароитларини ифодаловчи муолажа ҳисобланади. Калибрлаш натижаларига ўлчашлар ноаниқлиги тўғрисидаги аризани киритиш керак.



2.2-расм. Ўлчаш ускуналари учун метрологик тасдиқлаш жараёни.

Ўлчашлар менежменти тизимидаги калибрлаш натижалари, мос усул асосида хужжатлаштирилиши, масалан, сертификат ёки ҳисобот (агар калибровка ташқи манба асосида ўтказилган бўлса) ёки калибрлаш натижаларининг ёзилиши кўринишида (агар ўлчашлар ташкилот метрология хизматларининг катъий доирасида бажарилган бўлса) мумкин. Ўлчашларнинг муҳим характеристикалари, масалан, ўлчашлар ноаниқлиги фақат ускуна ёки қурилмалардангина эмас, балки, атроф-муҳит шароитлари, конкрет ўлчаш муолажаси, баъзан операторнинг малака ва тажрибасига ҳам боғлиқ бўлади. Шу сабабли талабларга жавоб берадиган ускуна танланганда ўлчаш жараёни тўлиқ қараб чиқилиши зарур. Бундай ёндошувга метрология хизмати жавоб беради.

Калибрлашдан кейин ва ўлчаш ускунасининг мақсадли фойдаланишга яроқлилиги тасдиқлангунга қадар унинг метрологик характеристикалари истеъмолчининг талаблари билан солиштирилади. Масалан, ўлчаш ускунасининг кўрсатишларидаги маълум хато, истеъмолчининг метрологик талаби сифатида аниқланадиган максимал йўл қўйиладиган хато билан солиштирилади. Агар хатойўл қўйиладиган максимал хитоликдан кичик бўлса, у ҳолда ускуна талабга жавоб беради ва тасдиқланиши мумкин. Аммо, хато катта бўлса, номувофиқликни бартараф қилиш бўйича амаллар қўлланилади ёки истеъмолчига ускунасининг тасдиқланишга тортилмаслиги ҳақида хабар берилади. Бундай ўлчаш ускунасининг метрологик характеристикалари ва истеъмолчи метрологик талабларининг бевосита солиштирилиши кўпинча қиёслашларга асосланади, аммо, ўлчашлар сифатини таъминлаш учун уларга ўлчаш жараёнини батафсил қараб чиқилиши ва ўлчаш жараёнини тўлиқ ўрганиб чиқилиши киритилиши керак. Умуман олганда, ўлчаш ускунасини калибрлашга оид бўлган талаблар қиёслашга ҳам таалуқли бўлади.

2.3. Оптик алоқада қўлланиладиган FTB-200v2-турдаги модулли платформанинг техник имкониятлари

EXFO компаниясининг FTB-200v2-турдаги универсал модулли платформаси ўрнатилган модулларга боғлиқ ҳолда оптик тармоқларда (рефлектометрия, спектр таҳлили ва дисперсия) ва транспорт тармоқларида (Ethernet, FC, PDH, SDH/NGSDH, OTN) кенг спектрда ўлчашларни бажариш имкониятини беради.

FTB-200v2-турдаги модулли платформанинг ташқи кўриниши 2.3-расмда келтирилган.



2.3-расм. FTB-200v2-турдаги модулли платформанинг ташқи кўриниши

Ушбу FTB-200v2 платформа тармоқнинг барча ҳаётий босқичларида ишлаш учун эҳтимоллашган ҳамда EXFO нинг бир ёки икки слотли модулларнинг ўрнатилишига имкон беради, бу эса платформанинг истиқболли ривожланишини таъминлайди.

FTB-200v2 платформа қувватли Intel Atom процессоридан фойдаланади, бу эса ўта тезкорликни таъминлайди.

Асосий хусусиятлари

- Олдинги модулларнинг моделлари ва уларнинг график интерфейслари билан тўлиқ мос келиши;
 - Bluetooth ва Wi-Fi тенг мавжудлиги;
 - Коннекторларнинг ҳолатини текшириш учун FIP-400 турдаги видеомикроскопни улаш уун интерфейс;
 - Бинодан ташқарида ишлаш учун суяқ кристалли сенсорли TFT экран (6.5 дюмли);
 - Аккумулятордан 8 соат ишлай олиши.
- Ушбу платформа жами 11 та оптик ва транспорт модулларига мувофиқлаша олади.

2.1-жадвал

FTB-7000 серияли бир модали рефлектометрлик модулнинг техник характеристикалари

Қўлланилиши	Тўлқин узунлиги, нм	20мкс ли импульс билан динамик диапазон, дБ	Сокин зона, м
LAN/WAN- корхона ва хусусий тармоқлар	1310±20/1550±20	36/34	1
FTTH ва шаҳар тармоқлари ҳамда PON тестлаш учун	1310±20/1490±10/ 1550±20/1625±10/ 1650±5	39/35/37/39/37	0,8
Шаҳар ва магистрал линияларни тестлаш	1310±20/1383±1/ 1550±20/1625±10	42/40/41/41	0,8
CWDM ни тестлаш	1470±3/1490±3/ 1510±3/1530±3	41/41/41/41	0,8
Магистрал тармоқлари учун	1310±20/1550±20/ 1625±10	45/45/45	0,8
250 км гача бўлган узок чўзилган линияларни тестлаш	1310±20/1550±20/ 1625±10	50/50/48	1/1,5/1

Ажрата олиш, дБ	0,01 (дан +26дБм гача - 435дБм)
Нолнинг автоматик ўрнатилиши	Да
Қизиш вақти, сек	0
Ўлчов бирлиги	дБ/дБм/Вт
Тўлқин узунлигини автомат аниқлаш	Да
Модуляцияни аниқлаш, Гц	270,1000,2000
Хотирада қоладиган ёзувлар сони	1000
Батареядан ишлаш вақти, соат	72
Кафолати ва калибрлашнинг тавсиявий оралиғи, йил	3

3. ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИНИНГ ҚОНУНИЙ ҚЎЛЛАНИЛИШИ ВА СЕРТИФИКАТЛАНИШИ

3.1. Ўлчаш воситаларининг турини тасдиқлаш ва қиёслаш

Ўлчаш воситаларининг тури турини тасдиқлаш бўйича синов натижаларига кўра амалга оширилади.

Ўлчаш воситаси турини тасдиқлаш бўйича синовларга серияли ишлаб чиқаришга мўлжалланган ёки партиялаб импортланган ўлчаш воситаси тортилади ва уларнинг қўлланилиши Давлат метрология текшируви ва назорати доирасида бўлади. Синовларга серияли ишлаб чиқаришга мўлжалланган намуна ўлчаш воситаси ёки импортланган ўлчаш воситаси бир неча намунаси тортилади.

Серияли чиқаришга мўлжалланган ўлчаш воситаси синалганда ўлчаш воситасининг меъёрий параметрларини ва уни қиёслаш методикаси тасдиқланади ва тур давлат реестрда регистрациядан ўтади, ўлчаш воситасига турини тасдиқлаш бўйича сертификат берилади. Тасдиқланган турдаги ўлчаш воситаси давлат (реестрда) белгиси билан маркаланади (O'z DSt 1.x19)

Сертификат уч йил муддатга берилади. Эксплуатацияга кам сонли ўлчаш воситаси киритиш метрологик аттестация орқали амалга оширилади. Ўлчаш воситасининг метрологик аттестацияси Давлат метрология хизмати ва юридик шахсларнинг метрология хизматининг аккредитланган органлари томонидан ўтказилади. Метрологик аттестация ижобий натижаларига кўра ўлчаш воситаси Давлат реестрда регистрация қилинали ва унга метрологик аттестация тўғрисида сертификат берилади.

Ўзбекистон Республикасининг “Озиқ-овқат маҳсулотларнинг сифати ва ҳавосизлиги” тўғрисидаги қонунга кўра, техник воситалар ва шу жумладан ўлчаш воситаси эксплуатация жараёнида озиқ-овқат маҳсулотлари билан контактда бўлса, Ўзбекистон Республикаси соғлиқни сақлаш вазирлиги

томонидан синашга тортилади. Шунга кўра кўрсатилган ўлчаш воситаси турни тасдиқлаш ёки метрологик аттестацияга гигиеник сертификат бўлган ҳолдагина тортилади.

Давлат метрология текшируви ва назорати доирасидаги ўлчаш воситаси ва стандарт намуналар фақат тури тасдиқланганлиги тўғрисидаги сертификатга ёки метрологик аттестацияланганлиги тўғрисидаги сертификатга эга бўлсагина қўлланишга қўйилади. Бу сертификатлар “Ўзстандарт” агентлиги томонидан берилади, ўлчаш воситаси қайси мамлакатда тайёрланганлигидан қатъий назар.

Эксплуатация жараёнида ўлчаш воситасининг хоссалари ўзгаради. Шунга кўра уларнинг параметрлари даврий равишда аниқланиб туриши зарур. Процедураларнинг натижалари мос ҳужжатлар билан расмийлаштирилади, бу ҳужжатлар ўлчаш воситаси яроқлигини тасдиқлайди.

Ўлчаш воситасининг метрологик тавсифларини аниқлаш ва тасдиқлаш уларни қиёслаш ва калибрлаш орқали амалга оширилади.

Ўлчаш воситаси яроқлигини ўрнатиш мақсадида ва уларнинг норматив ҳужжатлар талабларига мувофиқлигини аниқлаш бўйича операция (тадбир)ларни бирлашмасига ўлчаш воситасини қиёслаш дейилади. Ўлчаш воситаларининг қиёсланишига бўлган талаблар O`zDst 8:003:2005 да ўрнатилган. Қиёслашда метрологик характеристикаларни баҳолашдан ташқари зарурий ҳолларда ўлчаш воситасининг хавфсизлик характеристикалари ҳам баҳоланади.

Қиёслашнинг бирламчи, даврий ва навбатдан ташқари турлари мавжуд.

– Бирламчи қиёслашга ишлаб чиқаришда ва таъмирлашда бўлган тури тасдиқланган ўлчаш воситасининг ҳар бир нусхаси тортилади.

– Мажбурий даврий қиёслаш Давлат метрология текшируви ва назорати таъсир доирасида бўлган ўлчаш воситаси эксплуатация жараёнида тортилади.

Давлат метрология текшируви ва назорати доирасидан ташқарида бўлган ўлчаш воситаси қиёслашга ихтиёрий асосда тортилади. Қиёслашларнинг даврийлигини “Ўзстандарт” агентлиги ўрнатади.

Ўлчаш воситасининг навбатдан ташқари текшируви инспекция мақсадларида ўтказилади.

Бирликлар ўлчамини метрологик занжирнинг барча бўғинлари бўйича эталонлардан ёки намуна ўлчаш воситаларидан ишчи ўлчаш воситалари ишончилиги узатиш қиёслаш схемаларда келтирилган аниқ тартиб асосида амалга оширилади.

Қиёслаш схемаси – бу ўрнатилган тартибда тасдиқланган ҳужжат бўлиб, физикавий катталиклар бирликларининг ўлчамини давлат эталонлари ёки намуна ўлчаш воситаларидан ишчи ўлчаш воситаларига аниқ узатиш воситалари ва усуллари рeгламентлайди.

Давлат ва тармоқ метрологик хизматлари бўйича давлат; тармоқ ва локал қиёслаш схемалари мавжуддир.

- Давлат қиёслаш схемаси мамлакатда берилган катталикларни ўлчовчи барча ўлчаш воситаларига тааллуқлидир.

- Тармоқ қиёслаш схемаси – тармоқ ичидаги қиёсланиши керак бўлган ўлчаш воситаларига тааллуқлидир.

- Локал қиёслаш схемаси мазкур, давлат ёки тармоқ метрология хизматлари бўйича қиёсланиши керак бўлган ўлчаш воситаларига тааллуқлидир.

- Давлат қиёслаш схемалари Давлат стандарти сифатида ишлаб чиқилади ва татбиқ қилинади.

- Тармоқ қиёслаш схемаси норматив ҳужжат ёки тармоқ стандартидир. Бу схема Давлат стандарти билан келишган ҳолда тасдиқланади.

- Локал қиёслаш схемаси норматив техник ҳужжатлар ёки территориал Давлат метрология хизмати орган маҳкамаси билан келишилган ташкилот стандартидир.

Ўлчаш воситасини қиёслаш қатъий регламентланган процедура бўлиб, “Ўзстандарт” агентлиги томонидан тасдиқланган методикага мос ҳолда ўтказилади. Қиёслашнинг ҳаққонийлигига қиёслашни амалга оширувчи – қиёсловчи жавоб беради. Қиёсловчилар ўрнатилган тартибда қиёслаш бўйича тайёргарлик ва аттестациядан ўтказилади.

Қиёслаш натижалари ўлчаш воситасига ишонч тамғаси қўйилиши ва қиёслаш гувоҳномаси билан тасдиқланади.

3.2. Ўлчаш воситаларининг калибрланиши

Давлат метрология текшируви ва назорати доирасидан ташқарида қўлланиладиган ЎВ эксплуатация жараёнида даврий калибрлашга тортилади.

ЎВни бирламчи калибрлашга ишлаб чиқаришда ва таъмирлашда тури тасдиқланмайдиган ЎВ тортилади. ЎВ калибрлаш юридик шахслар метрология хизматларнинг калибрлаш лабораторияси томонидан амалга оширилади.

Юридик шахсларнинг метрология хизматлари калибрлаш ишларини бажариш ҳуқуқига аккредитланган бўлиши керак.

Аккредитлаш Ўзстандартнинг ҳудудий марказлари томонидан амалга оширилади.

Ўзбекистон Республикаси ўлчаш воситаларини калибрлаш тизими (кейинчалик – Ўз КТ) ни ташкиллаштириш, тузилиши, вазифалари бўйича асосий низомлар, бу тизимга кирган субъектларнинг ҳуқуқлари ва мажбуриятлари Ўз РСТ 8.018-97 да белгиланган. Бу стандартнинг қоидалари Ўз КТ да аккредитланган юридик шахсларнинг метрологик хизматларига, Ўз КТ га кирган аккредитлаш ва бошқа идоралар ва ташкилотларга нисбатан жорий этилади.

ЎВ ни калибрлаш – Ўлчаш воситаларининг ҳақиқий метрологик тафсилотлари (характеристикалари) ни аниқлаш ва тасдиқлаш мақсадида, белгиланган шароитларда бажариладиган амаллар мажмуи.

Калибрлаш тизими – Давлат метрологик текшируви ва назорати кўлланилмайдиган соҳада ўлчашлар бирлигини таъминлашга йўналтирилган фаолият ва калибрлаш ишларини бажарувчи ва калибрлаш ишларини ташкиллаштириш ва ўтказишга ўрнатилган талаблар асосида ҳаракат қилувчи субъектлар мажмуи.

Калибрлаш тўғрисидаги сертификат – Ўлчаш воситаларининг калибрланганлигини ва унинг натижаларини тасдиқловчи ҳужжат. Бу ҳужжат калибрлашни бажарган ташкилот томонидан берилади.

Калибрлаш белгиси – Калибрлаш натижаларининг ижобий эканлигини тасдиқлаш мақсадида ўлчаш воситасига ва (ёки) уларнинг эксплуатацион ҳужжатларига босиладиган тамға.

Ўз КТ Ўзбекистон Республикасида ўлчашлар бирлигини таъминлаш умумий тузилмасининг таркибий қисми бўлиб, давлат метрологик текшируви ва назоратидан ташқари соҳада метрологик ишларни ташкиллаштириш ва ўтказишда ўлчашлар бирлигини таъминлаш давлат тизимида ўрнатилган меъёрлар ва қоидаларга риоя қилинишини кўзда тутди.

Ўз КТ қуйидаги тамойилларга асосланган ҳолда тузилади:

- тизимга ихтиёрий равишда кириш;
- калибрлаш ишларини бажаришда талабларни мажбурий бажариш;
- давлат эталонларидан ва бошланғич ўлчаш воситаларидан бирликларнинг ўлчамларини калибрланувчи ўлчаш воситаларига мажбурий бериш.

Калибрлаш тизимидаги фаолиятнинг асосий вазифалари:

- аккредитловчи идораларни рўйхатга олиш;
- метрологик хизматларни калибрлаш ишларини бажариш ҳуқуқига аккредитлаш;
- ўлчаш воситаларини калибрлаш;
- Ўз КТ нинг асосий тамойилларини ва қоидаларини ўрнатиш;
- Ўз КТ нинг фаолиятини ташкилий, методик ва ахборот билан таъминлаш;

– аккредитланган метрологик хизматлар томонидан калибрлаш ишларини бажаришда талабларга риоя қилинаётганлигини инспекционтекшириш.

Метрология бўйича Миллий идора (Ўзстандарт Агентлиги), СМС ИТИ, худудий ССМ, юридик шахсларнинг аккредитланган метрологик хизматлари, ўз вазифаларини ушбу ҳужжатнинг талабларига мувофиқ бажарувчи Ўз КТ нинг ташкилий асосини ташкил этади.

Ўз КТ тузилмаси қуйидагилардан ташкил топган:

– Ўз КТ нинг Марказий идораси;

– Ўз КТ нинг Кенгаши;

– Ўз КТ нинг аккредитлаш идоралари;

– калибрлаш ишларини бажаришга аккредитланган юридик шахсларнинг метрологик хизматлари.

Юридик шахсларнинг аккредитланган метрологик хизматлари:

–ЎВ ни, шу жумладан ташқи ташкилотлар учун ҳам калибрлаш ишларини бажаради;

– калибрлаш ишларини ўтказиш учун талаб этилган шароитларни, калибрлаш воситаларининг ва ёрдамчи жиҳозларнинг яхши ҳолатда бўлишини таъминлайди;

– калибрлаш ишларини ўтказиш учун зарур техник, методик ва меъёрий ҳужжатлар жамғармасини шакллантиради ва ривожлантиради;

– меъёрий ҳужжатларнинг ўлчашлар бирлигини таъминлаш ва калибрлаш фаолияти доирасидаги талабларининг бажарилишини таъминлайди;

– кадрлар тайёрлаш ва кадрлар малакасини ошириш ишларини бажаради;

– калибрлаш фаолиятини такомиллаштириш ва ривожлантириш бўйича таклифларни ишлаб чиқади.

Метрологик хизмат қуйидагиларга масъул бўлади:

– корхоналарда калибрланиши лозим бўлган ЎВ нинг ҳолатига;

- бажариладиган калибрлаш ишларининг сифатига;
- корхонага қарашли калибрлаш воситаларининг ҳолатига;
- калибрлаш интервалларининг тўғри ўрнатилганлигига.

Ўзбекистон Республикасининг калибрлаш тизими ўз белгисига эга. Бу белгининг шакли ва ўлчамларини метрология бўйича миллий идора тасдиқлайди. Ўз КТ нинг белгиси бланкларга, штампларга, шунингдек Ўз КТ нинг бошқа ҳужжатлари ва объектларига тамғалаб босилади. Ўз КТ нинг белгисини тамғалаш (қўлланиш) жойи ва тартибини Ўз КТ нинг Марказий идораси белгилайди.

3.3. Ўлчаш воситаларининг метрологик ишончилиги

Маълумки, эксплуатация жараёнида ўлчаш воситаларининг параметрлари ва метрологик характеристикалари ўзгаради. Ушбу ўзгаришлар монотонли ёки флуктуацион характерга эга бўлади ва рад этишларга олиб келади, яъни, ушбу ҳолда ўлчаш воситаси ўз функциясини бажара олмайди. Рад этишлар нометрологик ва метрологик турларга бўлинади.

Дастлаб, нометрологик рад этишга тушунча берамиз. Ўлчаш воситаси метрологик характеристикаларининг ўзгариши билан боғлиқ бўлмаган сабабларга асосланган рад этишлар метрологик бўлмаган рад этишлар бўлиб ҳисобланади. Бундай рад этишлар яққол характер касб этиб бирдан намоён бўлади ҳамда қиёслашни амалга оширмасдан аниқланиши мумкин. Ўлчаш воситалари метрологик характеристикаларининг ўрнатилган йўл қўйиладиган чегаралардан чиқиш туфайли бўлган рад этишларга метрологик рад этишлар дейилади. Ушбу турдаги рад этишлар анча кўп учрайди. Бу эса уларни аниқлаш ва башорат қилишнинг махсус методларини ишлаб чиқиш заруратини белгилайди. Метрологик рад этишлар бирдан ёки кутилмаган ва доимий рад этишларга бўлинади:

Кутилмаган рад этишларга таъриф берамиз:

Бир ёки бир нечта метрологик характеристикаларнинг ўзгаришини сакрашсимон тарзда характерловчи рад этишга кутилмаган рад этиш дейилади. Ушбу рад этишлар тасодифий бўлгани учун уларни олдиндан айтиб бўлмайди. Уларнинг таъсири (кўрсатишларнинг бузилиши, сезгирликнинг йўқолиши ва б.қ.) ўлчаш воситасининг эксплуатация шароитида онсон аниқланади. Кутилмаган рад этишларнинг хусусияти бўлиб улар интенсивлигининг вақт бўйича интенсивлигидир. Бу эса ишончлиликнинг назариясини ушбу рад этишларни таҳлил қилишга қўллаш имкониятини беради. Ушбуга кўра бу турдаги рад этишлар кейинчалик қараб чиқилмайди.

Ўлчаш воситаларнинг бир ёки бир нечта метрологик характеристикаларнинг монотон равишда ўзгаришини характерловчи рад этишлар аста – секин рад этишлар дейилади. Намоён бўлиш характерига кўра аста – секин рўй берадиган рад этишлар яширин бўлади ва фақатгина ўлчаш воситаларини даврий назорат қилиш натижаларига кўра юзага чиқиши мумкин. Кейинчалик айнан шундай рад этишлар қаралади. Метрологик рад этиш билан ўлчаш воситаларининг метрологик созлиги тушунчаси яқин боғланган. Ушбу тушунча сифатида ўлчаш воситасининг шундай ҳолати тушуниладики, бунда барча нормаланган метрологик характеристикалар ўрнатилган талабларга мувофиқ бўлади. Ўлчаш воситаларининг берилган вақт давомида маълум режим ва эксплуатация шароитларида метрологик характеристикаларнинг қийматларини сақлаб қолиш қобилиятига метрологик ишончлилик дейилади. Замонавий ишончлилик назарияси иккита характерли ҳолатга: ишга яроқлилиқ ва ишга яроқсизликка, эга бўлган ускуналарга йўналтирилган. Ўлчаш воситаларининг ишончлилиги умумлашган тушунча бўлиб, ўз ичига барқарорлик, рад этмаслик, узоқ муддатли ишлаши, таъмирга яроқлилиги (тикланувчан ўлчаш воситалари учун) ва сақланувчанлигини олади.

Ўлчаш воситасининг барқарорлиги унинг сифат характеристикаси бўлиб унинг метрологик характеристикаларининг вақт бўйича

Ўзгармаслигини ифодалайди. У хатолар тақсимооти қонунининг вақтга боғлиқ бўлган параметрлари билан тавсифланади. Метрологик ишончлилик ва барқарорлик ўлчаш воситаларнинг эскириш жараёнининг турли хоссалари бўлиб ҳисобланади. Барқарорлик ўлчаш воситалари метрологик хоссаларининг ўзгармаслигига оид кўпроқ маълумот элтади ва “ички” хосса бўлиб ҳисобланади. Ишончлилик эса аксинча “ташқи” хосса бўлиб ҳисобланади. Чунки, барқарорлик ва ўлчаш аниқлиги ҳолда йўл қўйиладиган қийматларга боғлиқ бўлади. Ўлчаш воситаларига таалукли бўлган рад этмаслик ҳолатини узлуксиз сақлашини билдиради. Ушбу хосса иккита ҳолат билан характерланади: ишга қобилиятлилик ва ишга яроқсизлик. Аммо, мураккаб ўлчов тизимлари учун ҳолатлар сони кўпроқ бўлиши ўринли бўлиши мумкин, чунки, ҳар қандай рад этиш ҳам улар функциясининг тўлиқ тўхташига олиб келмаслиги мумкин. Рад этиш тасодифий ҳодиса бўлиб ҳисобланади ва иш қобилиятининг бузилиши ёки иш қобилиятининг тўхташи билан боғлиқ бўлади. Бу эса рад этмаслик кўрсаткичларининг тасодифлик табиатини асослайди, уларнинг асосийси бўлиб ўлчаш воситасининг рад этмасдан ишлаш вақтнинг тақсимооти бўлиб ҳисобланади.

Чидамлилик – ўлчаш воситасининг хоссаси бўлиб, ўзининг ишга яроқлилик ҳолатини чегаравий ҳолат бўлгунча сақлаб қолишидир. Ўлчаш воситасининг ишга яроқлилиги эса унинг ҳолати бўлиб, бунда унинг метрологик характеристикалари нормаланган қийматларга мувофиқ бўлади. Ўлчаш воситасининг чегаравий ҳолати дейилганда, ушбу ҳолатда унинг қўлланишига йўл қўймаслиги тушунилади.

Метрологик рад этишдан кейин ўлчаш воситаси мос ҳолдаги ростлашлардан кейин йўл қўйиладиган диапазонларга қайтарилиши мумкин. Метрологик рад этиш турига қараб ростлашларни ўтказиш жараёни рад этиш турига конструкцияси ва қатор бошқа сабабларга кўра давомийли ёки қисқа давомли бўлиши мумкин. Шунинг учун ишончлилик характеристикасига “таъмирга яроқлилик” тушунчаси киритилган. Таъмирга яроқлилик – ўлчаш воситасининг хоссаси бўлиб, ушбу хосса рад этишларнинг аниқланиши,

пайдо бўлиш сабабларини ҳамда техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш орқали ишга яроқлиликлгини таъминлашга мувофиқлаштиради. Метрологик характеристикаларнинг ўзгариш жараёни ўлчаш воситаси ишлатиладими ёки омборда сақланадими барибир узлуксиз равишда бўлади. Ўлчаш воситаларининг рад этмаслик кўрсаткичи, узоқ муддатлилиги ва таъмирлашга яроқлилик хоссаларининг сақлашдан кейинги ва транспортировка қилишда қийматларни сақлаб қолиш хоссасига унинг сақланувчанлиги дейилади.

Телекоммуникация узатиш тизимларида ишончлилиكنинг кўп сонли кўрсаткичларидан фойдаланилади. Қуйида метрологик ишончlilik назариясида қўлланилишини ишончlilikнинг асосий параметрларига оид маълумотлар ўз аксини топган. Метрологик ишончlilik кўрсаткичларини билиш истеъмолчига ўлчаш воситасидан оптимал фойдаланишни, таъмирлаш бўйича участкалар қувватини режалаштиришни, асбобларнинг резерв фонди ўлчамини, асосли равишда қиёслашлараро интервалларни ҳамда ўлчаш воситаларига техник хизмат кўрсатиш бўйича тадбирларни ўтказиш имконини беради. Ўлчаш воситаларининг барқарорлиги хато орттирмаси зичлигининг тақсимотини характерлайди.

$$\Delta[\Delta(t)] = \Delta_{0,95}(t) - \Delta_o. \quad (3.1)$$

Рад этмаслик кўрсаткичларининг ичида рад этмаслик эҳтимолинини иши, ўрта ва рад этишгача бўлган гамма – процентли ишлаш ва рад этиш интенсивлиги каби кўрсаткичлар мавжуд. Ўлчаш воситасининг рад этмасдан ишлаш эҳтимоллиги $P(t)$ бу t – вақт давомида нормалланган метрологик характеристикаларнинг йўл қўйиладиган чегаралардан ташқарига чиқмаслигининг эҳтимоллигидир. Яъни, метрологик рад этиш рўй бермайди. Ўлчаш воситаси ишининг давомийлиги ишлаш деб, рад этишгача ишлаш деб

эса – эксплуатация бошланганидан биринчи рад этишнинг пайдо бўлишигача бўлган ишнинг давомийлигига айтилади.

$P(t)$ эҳтимоллик вақтнинг функцияси бўлиб ҳисобланади ва аналитик ёки жадвал ёки график кўринишда берилади. Масалан, агар рад этмасдан ишлаш эҳтимоллиги 1000 соат давомида $P(t) = 0,97$ ташкил этса, бу ушбу турдаги кўп сонли ўлчаш воситаларининг ичидан 97% атрофидагилари 1000 соатдан кўп ишлайди.

$P(t)$ эҳтимоллик нолдан биргача ўзгаради. У бирга қанча яқин бўлса, ўлчаш воситасининг рад этмасдан ишлаши шунча юқори бўлади. Амалиётда $P(t) \geq 0,9$ йўл қўйиладиган қиймат бўлиб ҳисобланади. Ўлчаш воситасининг 0 дан t гача бўлган интервалдаги рад этмасдан ишлаш эҳтимоллиги ифодадан аниқланади.

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t p_H(t) dt = \int_t^{\infty} p_H(t) dt, \quad (3.2)$$

бу ерда $F(t)$, $p_H(t)$ - рад этишгача ишлашнинг интеграл ва дифференциал функцияси;

$Q(t)$ – рад этиш эҳтимоллиги.

Рад этишгача бўлган ўртача ишлаш деб, ўлчаш воситаси ишлашининг биринчи рад этишгача бўлган математик кутилмасига айтилади:

$$t_{yp} = \int_0^{\infty} t p_H(t) dt. \quad (3.3)$$

Рад этишгача бўлган гамма – процентли ишлаш t_γ - бу шундай ишлашнинг давомида объектнинг рад этиши фоизларда ифодаланган γ эҳтимоллик билан пайдо бўлмайди, у ифодадан аниқланади

$$P(t_\gamma) = 1 - F(t_\gamma) = 1 - \int_0^{t_\gamma} p_H(t) dt = \gamma/100. \quad (3.4)$$

$\gamma = 100\%$ бўлганда гамма – фоизли ишлаши ўрнатилган рад этилмаган ишлаши дейилади, $\gamma = 50\%$ бўлганда – медиан ишлаши дейилади. Рад этишлар частотаси (интенсивлик) $\omega(t)$ қайта тикланмайдиган ўлчаш воситаси рад этишининг юзага келиши эҳтимоллигининг шартли зичлиги сифатида аниқланиб, у қаралиётган вақт моменти учун фақат ушбу моментгача рад этиш юзага келмаган шартда бўлади.

$$\omega(t) = -\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt} = \frac{P_H(t)}{P(t)} = P_H(t) / \int_t^\infty P_H(t) dt. \quad (3.5)$$

t - вақт давомида рад этмасдан ишлаган ўлчаш воситаси вақтнинг охирги dt -оралиғида, $\omega(t)dt$ га тенг, рад этади. Рад этмасдан ишлаш эҳтимоллиги, рад этишлар интенсивлиги билан қуйидагича ифодаланади:

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \omega(t) dt\right). \quad (3.6)$$

Ишончлилик назариясидан маълумки, аста-секинлик билан рад этишларда, уларга метрологик рад этишлар мансуб, рад этишга бўлган ишлашнинг тақсимланиш зичлиги қуйидаги тўртта қонуннинг бири бўйича тақсимланади:

- экспоненциал
- нормал
- Вейбулл

У ёки бу конуннинг танланиши экспериментал тадқиқотлар асосида амалга оширилиши керак.

Нормал конунда

$$P_H(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(t - T_{\dot{y}p})^2 / (2\sigma^2)\right], \quad (3.7)$$

бу ерда, $T_{\dot{y}p}$, σ - тақсимот параметрлари. Ушбу ҳолда

$$P(t) = 1 - \Phi\left[(t - T_{\dot{y}p}) / \sigma\right], \quad (3.8)$$

бу ерда, $\Phi(z)$ - Лаплас функцияси

$$\omega(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(t - T_{\dot{y}p})^2 / (2\sigma^2)\right] / \{1 - \Phi[(t - T_{\dot{y}p}) / \sigma]\}. \quad (3.9)$$

Ушбу ифодалардан фойдаланиш учун ўртача хизмат вақти $T_{\dot{y}p}$ ва унинг ўқч σ ни билиш керак, улар экспериментал – ўлчаш воситасини ишончлиликка синашда аниқланади.

Узоқ муддатлиликнинг асосий кўрсаткичлари бўлиб ўрта ва гамма – фоизли хизмат муддатлари ва ресурслар ҳисобланади.

Хусусан хизмат муддати – бу ўлчаш воситаси ишининг календар давомийлиги, яъни, унинг эксплуатациясининг бошидан охири – чегаравий ҳолатига ўтишигача бўлган давомийлиги. У йилларда ва ойларда ўлчанади.

Ўртача хизмат муддати деб, хизмат қилиш муддатининг математик кутилмасига айтилади.

$$\bar{T}_{\dot{y}p} = \int_0^{\infty} t f_{xuz}(t) dt. \quad (3.10)$$

бу ерда, $f_{хиз}(t)$ – хизмат муддатининг зичлик тақсимоти. Гамма -
 фоизли хизмат муддати – бу ўлчаш воситаси эксплуатациясининг
 бошланишидан бўлган календар давомийлик бўлиб, ушбу давомийликда у
 чегаравий ҳолатга фоизларда ифодаланган γ - эҳтимоллик билан эришмайди
 ва ифодадан аниқланади.

$$P(T_{хиз\gamma}) = 1 - \int_0^{T_{хиз\gamma}} f_{хиз\gamma}(t) dt = \frac{\gamma}{100}. \quad (3.11)$$

Ўлчаш воситалари учун ресурс номланган ишлаш бўлиб, у
 эксплуатация бошланишдан чегаравий ҳолатга ўтгунча бўлган ораликдир.
 Ресурс – ўлчаш воситаси ишлашсининг захира имкониятидир. Ўрта ресурс
 деб, ресурснинг математик кутилмасига айтилади.

$$\bar{T}_p = \int_0^{\infty} t f_p(t) dt, \quad (3.12)$$

бу ерда, $f_p(t)$ - ресурс тақсимотининг зичлиги бўлиб, берилган турдаги
 ўлчаш воситасининг бирлашмаси учундир. Навбатдаги тушунча гамма-
 фоизли ресурсдир. Бу ишлаш бўлиб, унинг давомида ўлчаш воситаси
 ўзининг чегаравий (охирги) ҳолатига фоизларда ифодаланган γ - берилган
 эҳтимоллик билан эриша олмайди. У тенгламадан аниқланади.

$$P(T_{p\gamma}) = 1 - \int_0^{T_{p\gamma}} f_p(t) dt = \frac{\gamma}{100}. \quad (3.13)$$

Асосий тушунчалардан яна бири хизмат (ўрта ёки гамма-фоизли)
 муддати бўлиб, эксплуатациянинг календарли давомийлиги бўйича
 эътиборни тортади. У ўзига ўлчаш воситасининг бевосита ишлаш вақтдан

ташқари, омбордаги сақланиш вақти, ўчирилган ҳолатда бўлиши, транспортировкаси, таъмирланиши ва б.қ олади. У нормаланганда йилларда берилади. Ресурс – эса (ўрта ёки гамма фоизли) ускунанинг тоза ишлашини ифодалаб, ушбу уланган (ёқилган) ҳолда бўлади ва соатларда нормаланади. Телекоммуникация узатиш тизимларида қўлланиладиган ўлчаш воситасининг рад этмаслиги ва чидамлилигини характерловчи тайёрловчи завод томонидан берилган кўрсаткичлар 3.1 – жадвалда келтирилган. Ушбу берилганларни таҳлил қилишда уларнинг йиғинди ишончилиликни (метрологик ва метрологик бўлмаган) характерлашини ёдда тутиш керак. Ундан ташқари ўлчаш воситасининг эксплуатациясида метрологик рад этишлар эксплуатациянинг давомийлиги йилида 60% дан ортиқроқни, тўрт йилдан ортиқроқ ишлаганда эса 96% ни ташкил этади. Шунинг учун келтирилган маълумотнинг аксарият қисми метрологик ишонлиликка таълуқлидир. Таъмирга яроқлилик кўрсаткичлари сифатида эҳтимоллик ва ўлчаш воситаси ишга яроқлилигининг ўрта вақтдан фойдаланилади. Ишга яроқлиликни тиклашининг ўртача вақти деб тикланиш вақтининг математик кутилмасига айтилади ва у унинг тақсимот функциясидан аниқланади. Ўлчаш воситаларининг сақланувчанлиги сақланувчанлик муддати билан яъни, унинг сақланиши ва транспортировкашнинг календар давомийлиги билан характерланади. Ушбу давомийлик ва ундан кейин ҳам рад этмаслик, чидамлилик ва таъмирга яроқлилик бўйича кўрсаткичлар қийматини ўрнатилган чегараларда сақланишини таъминлайди.

Сақланувчанлик кўрсаткичи бўлиб сақланувчанликнинг ўртача муддати ҳисобланади, яъни бир турдаги ўлчаш воситалари сақланиш муддатлари тақсимооти функциялари бўйича аниқланадиган математик кутилма ва гамма-фоизли сақланувчанлик муддати. Телекоммуникация узатиш тизимларида қўлланиладиган айрим ўлчаш воситаларининг сақланувчанликни характерловчи параметрлар 3.2 – жадвалда келтирилган.

3.1-жадвал.

Телекоммуникация узатиш тизимларида қўлланиладиган айрим ўлчаш воситаларининг рад этмаслик ва чидамлилигини характерловчи параметрлар

Ўлчаш воситаси	Рад этишгача ўртача ишлаш, с (йил)	Ўртача (ва гамма-фоизли) ресурс, с	Ўртача (ва гамма-фоизли) хизмат муддати, йил
В1-9-вольтметрларини қиёслаш қурилмаси	8250 (0,942)	15000	10
В7-16-универсал вольтметри	1000 (0,114)	500	7
Г3-109-паст частотали генератор	8000 (0,913)	10000 ($\gamma=90\%$)	—
Г4-153-юқори частотали генератор	6000 (0,685)	5000	10
Г5-75-импульслар генератори	5000 (0,571)	10000	10
Е7-14 иммитанс ўлчагичи	7000 (0,799)	10000 ($\gamma=90\%$)	15 ($\gamma=90\%$)
С1-114/1-осциллограф	5000 (0,571)	10000 ($\gamma=95\%$)	10 ($\gamma=80\%$)
С8-17-эслаб қолувчи осциллограф	—	1000	10
С9-8-рақамли эслаб қолувчи осциллограф	6000 (0,685)	—	—
Ч3-32-частотамер	1500 (0,171)	5000	7
Ч3-57-частотамер	3000 (0,342)	10000	10

Телекоммуникация узатиш тизимларида қўлланиладиган ўлчаш воситалари сақланувчанлигини ҳарактерловчи параметрлар

Ўлчаш воситаси	Иситиладиган (иситилмайдиган) биноларда сақланувчанлик муддати, йил
Б5-47 ўзгармас ток манбаи	$\gamma=90\%$ да 13 (5)
Г3-109 паст частота генератори	$\gamma=80\%$ да 10
Е7-14 иммитанс ўлчагичи	$\gamma=90\%$ да 10 (5)
С1-114/1 осциллограф	$\gamma=80\%$ да 10 (5)

Ўлчаш воситаларини метрологик жихатдан иш ҳолатида бўлишини таъминловчи шаклларида бири уларнинг қиёслашга тортилишидир. Ушбу метрологик тадбир метрология хизматлари томонидан бажарилади. Маълумки, қиёслаш, соҳавий қиёслаш ва таъмирлашига аккредитланган лабораториялар норматив хужжатлар асосида амалга оширилади. Қиёслашнинг даврийлиги ўлчаш воситаси ишончилигига қўйиладиган талаблар билан мувофиқ бўлиши керак. Қиёслашни оптимал танланган вақт интервалларида ўтказиш зарур, бу интервал қиёслашлараро интерваллар дейилади. Метрологик рад этиш моментининг кириб келишини фақат қиёслаш орқали аниқлаш мумкин бўлиб, қиёслаш орасида рўй беришини аниқлаш имконини беради. Қиёслашлараро интервал катталиги оптимал бўлиши керак, чунки тез-тез ўтказиладиган қиёслашлар моддий ва меҳнат харакатларга, қиёслашларнинг кам ўтказилиши эса метрологик рад этишлар ҳисобига хатоларнинг ортишига олиб келади.

Қиёслашлараро интерваллар ўлчаш воситалари учун календар вақт ўрнатилади ва ўлчаш воситаларининг эскириши ҳисобига метрологик характеристикаларнинг ўзгариши ҳамда эксплуатациянинг интенсивлигига

боғлиқ эмас. Қиёслашлараро интервал қийматларини куйидаги қатордан танлаш тавсия этилади: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 12.

Метрологик характеристикаларнинг ўзгариши элементларнинг эскириши – эксплуатация интенсивлигига боғлиқ бўлган ўлчаш воситалари учун қиёслашлараро интервал ишлаш қийматларида белгиланади.

3.4. Телекоммуникациялар техник воситаларининг сертификатланиши

Сертификатлаштириш маҳсулотнинг юкори сифатини ва хавфсизлигини таъминлаш шакли сифатида халқаро миқёсда тан олинди. Сертификатлаштириш Ўзбекистонга “Маҳсулотлар ва хизматларни сертификатлаштириш тўғрисида”ги 1993 йилнинг 28-декабрида қабул қилинган қонуни орқали кириб келди. Қонунга мувофиқ, сертификатлаштириш мажбурий сертификатлаш-тирилиши керак бўлган маҳсулот ва хизматлар рўйхати орқали амалга оширилади. Дастлаб, бу рўйхат 1994 йилда Вазирлар Маҳкамасининг 409-сонли қарори билан, кейинчалик, Вазирлар Маҳкамасининг 2004 йилнинг 6-июлидаги 318-сонли қарори билан янги рўйхат амалга киритилди. Ушбу рўйхатда мувофиқлиги тайёрловчининг баёноти билан тасдиқланадиган маҳсулот турлари мавжуд. Қарорда, ундан ташқари, ўрнатилган тартибда мувофиқликни тасдиқлаш тизимини киритиш ва баёнотлаш тартиби тўғрисида талаблар мавжуд. Мажбурий сертификатлаштириш бўйича ташкилий ишлар Ўзстандарт (Ўзбекистон метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш) Агентлиги зиммасига юкланган. Мажбурий сертификатлаштириш қатнашчилари бўлиб, Ўзстандарт агентлиги, сертификатлаштириш бўйича аккредитланган лабораториялар (марказлар), назорат органлари ҳамда буюртмачилар ва бошқа тайёрловчилар ҳисобланадилар.

Қонунда Ўзстандарт агентлиги ва бошқа сертификатловчи органларга бир турдаги маҳсулотларни сертификатлаштириш тизимини яратиш ҳуқуқи

берилган. Қонун импортланган маҳсулотларни олиб кириш шартларини аниқлади. Ушбу маҳсулотлар сертификат ва мувофиқлик белгисига эга бўлиши керак. Қонун ихтиёрий сертификатлаштириш бўйича ҳам ҳуқуқий муносабатларни бошқаради.

“Маҳсулотлар ва хизматларни сертификатлаштириш тўғрисида”ги қонунда назорат ва текширув масалалари ҳам ўз ечимига эга. Эксперт-аудиторлар фаолияти аниқланган. Қонунда тортишувларни қараб чиқиш масалалари ҳам ифодаланган, апелляция кенгаш вазифалари аниқланган, жарималар ва уларнинг миқдори кўрсатилган.

“Истеъмолчиларнинг ҳуқуқларини ҳимоя қилиш тўғрисида” ва “Озиқ-овқат маҳсулотларининг сифати ва хавфсизлиги тўғрисида”ги қонунлар ҳам сертификатлаштиришнинг асосларидан ҳисобланади.

Замонавий телекоммуникация хизматларини жорий этиш ва тақдим этиш соҳасида давлат бошқаруви ва тартибга солиш ричагларидан бири телекоммуникация техник воситаларини (ТТВ) сертификатлаштириш ҳисобланади.

Телекоммуникация тармоқларида фойдаланиладиган ТТВ, шу жумладан, охириги (терминал) ускуна белгиланган стандартлар, техник шартлар ва қонун ҳужжатларига мос келадиган бошқа нормаларга мувофиқ сертификатлаштирилиши керак.

Ўзбекистон Республикаси сертификатлаштириш миллий тизими (Ўз СМТ) доирасида ТТВни сертификатлаштирилишини такомиллаштириш мақсадида телекоммуникация техник воситаларини сертификатлаштириш тизими тузилган («Телекоммуникациялар» сертификатлаштириш тизими).

«Телекоммуникациялар» сертификатлаштириш тизими Ўзбекистон телекоммуникация тармоқларида фойдаланиладиган (сертификатлаштириш, декларация қилиш ва б.ш.к.) ТТВ мувофиқлигини тасдиқлаш бўйича ишларни ўтказиш учун мўлжалланган ва қуйидаги асосий мақсадларга эришиш учун йўналтирилган

- инсонларнинг ҳаёти, соғлиғи ва уларнинг мулки учун хавфли бўлиши,

шунингдек атроф-муҳитга зарар етказиши мумкин бўлган ТТВни сотиш ва кўллаш, сақлаш, монтаж қилиш ва эксплуатация қилиш мумкин эмас;

- фойдаланувчилар (жисмоний ва юридик шахслар)нинг амалдаги норматив ҳужжатлар талабларига жавоб бермайдиган техник параметрлари ва тавсифларига эга ТТВни харид қилишдан ҳимоя қилиш.

Телекоммуникациялар техник воситаларини сертификатлаш-тириш тизими 24.02.1999й. №12-201 тасдиқланган, қайд қилинган ва Ўзбекистон Республикасининг миллий тизимида амалга ошириш учун киритилган (қайдлов рақами NSS.US.10.NS0.002).

«Телекоммуникациялар» сертификатлаштириш тизими Ўзбекистон ҳудудида ишлаб чиқариладиган ҳамда бошқа давлатлардан келтириладиган ТТВ учун мувофиқликни тасдиқлашнинг ягона қоидалари ва тартибини назарда тутди.

ТТВни сертификатлаштириш бўйича барча ишлар мажмуасини Ўзбекистон алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш агентлигининг UNICON.UZ маркази қошида белгиланган тартибда аккредитация-ланган Телекоммуникация техник воситаларини сертификатлаш-тириш идораси амалга оширади.

ТТВни сертификатлаштиришнинг асосий процедуралари Ўз СМТ ва белгиланган тартибда «Ўзстандарт» агентлигида рўйхатга олинган Телекоммуникация техник воситаларини сертификатлаш-тириш тизимининг норматив ҳужжатлари билан тартибга солинган.

ТТВ СИ ташкилий-бошқарув ҳужжатларида талабгор томонидан ариза берилишидан бошлаб ва унга мувофиқлик сертификати берилишигача ТТВни сертификатлаштирилиш процедураларини бажариш қоидалари, ўтказиш тартиби ва регламенти белгиланган, шунингдек, Мустақил давлатлар ҳамдўстлигининг (МДХ) иштирокчи - давлатлар ҳудудида тайёрланган ва уларнинг Сертификатлаштириш миллий тизимларида белгиланган қоидалари бўйича сертификатлаштирилган, шунингдек, узоқ хориж давлатларидан олиб кириладиган, агар улар билан ўзаро тан олиш

тўғрисида битим тузилган бўлса, ТТВ мувофиқлик сертификатларини тан олиш тартиби белгиланган. Кичик ва ўрта бизнес субъектлари учун қулай шароитлар яратиш, истеъмолчилар ҳуқуқларини ҳимоя қилишни таъминлаш мақсадида Вазирлар Маҳкамасининг 2004 йил 06 июлдаги «Маҳсулотни сертификатлаштириш процедурасини осонлаштириш бўйича қўшимча чоратadbирлар тўғрисида»ги 318-сон қарорининг талабларига мувофиқ ТТВни сертификатлаш-тиришни ўтказиш процедуралари қайта кўриб чиқилган.

ТТВнинг хавфсизлиги, мослашувчанлиги ва сифати бўйича талабларнинг текширувини UNICON.UZ марказида аккредитацияланган Телекоммуникация техник воситаларини сертификатлаштириш синов маркази (ТТВ ССМ) амалга оширади. Марказда қуйидаги синаш лабораториялари мавжуд: 1. СЛ-01. Рақамли коммутация тизимлари ва абонент терминал қурилмалари; 2. СЛ-02. Телекоммуникациянинг радиотехник воситалари; 3. СЛ-03. Рақамли узатиш тизимлари ва алоқа кабеллари.

ТТВни сертификатлаштириш барча процедураларининг ижобий натижаларида талабгорга белгиланган намунадагидек мувофиқлик сертификати топширилади. Берилган мувофиқлик сертификати талабгор (тайёрловчи, сотувчи)га сертификатлаш-тирилган ТТВнинг рекламаси ва сотилишини амалга ошириш ҳуқуқини беради.

Қуйидагилар сертификатлаштиришнинг ҳуқуқий ва меъёрий асосларини ташкил қилади:

- Ўзбекистон Республикасининг “Маҳсулот ва хизматларни сертификатлаштириш тўғрисида”ги Қонуни;
- Ўзбекистон Республикасининг “Озиқ-овқат маҳсулотларининг сифати ва хавфсизлиги тўғрисида”ги Қонуни;
- Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 1994 йил 12 августдаги 409-сонли “Сертификатланиши мажбурий бўлган маҳсулотлар рўйхатини, сертификатлаштиришни ўтказиш тартибини, Ўзбекистон Республикаси ҳудудига хавфсиз эканини тасдиқлаш талаб қилинувчи

товарларни олиб кириш ва ўз худудидан олиб чиқиши тартибларини тасдиқлаш ҳақида”ги қарори;

- Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2002 йил 3 октябрдаги 342-сонли “Маҳсулот ва хизматларни стандартлаштириш, метрологияси ва сертификатлаштиришни такомиллаштиришга доир чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарори;

- Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2002 йил 5 декабрдаги 427-сонли “Ўзбекистон Республикасига истеъмол товарларини олиб киришни такомиллаштириш бўйича чора-тадбирларни татбиқ этиш ҳақида”ги қарори;

- Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2004 йил 6 июлдаги 318-сонли “Маҳсулотларни сертификатлаштириш тартиботини соддалаштиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги қарори;

- Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2004 йил 5 августдаги 373-сонли “Маҳсулотлар ва хизматларнинг стандартлаштириш, метрология ва сертификатлаштириш тизимини такомиллаштириш соҳа-тадбирлари тўғрисида” қарори.

- Сертификатлаштириш миллий тизимининг асосланувчи меъёрий ҳужжатлари

4. ЎЛЧОВ СИГНАЛЛАРИНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАРИ ВА ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИНИНГ КЛАССИФИКАЦИЯСИ

4.1. Ўлчов сигналлари тўғрисида умумий тушунчалар

Дастлаб, сигнал тушунчасини ёритиб оламиз.

Воқеа, ҳодиса ёки нарса ҳақидаги маълумот – ахборотни моддий ташувчи ҳар қандай физик катталиқ сигнал деб аталади.

Радиоэлектрон қурилмалар уларни электр токи, кучланиши ёки қуввати кўринишида ифодаланадиган электр тебранишларига айлантириб боради. Шунга кўра бундай тебранишларни ифодалаш сигнали – видеосигналлар деб аталади. Видеосигналлар бевосита ёки юқори частотали тебранишга айлантирилгач (модуляциялангач), узатилиши мумкин. Юқори частотали модуляцияланган сигналлар–радиосигнал, қолганлари эса, бошқарувчи сигнал дейилади.

Ҳар қандай электр тебранишлар ҳам сигнал бўлавермайди. Масалан, турғун ҳолатдаги ўзгарувчан ток сигнал эмас, чунки унинг амплитудаси, частотаси ёки фазасининг вақт бўйича ўзгариш қонуни – функцияси аниқ бўлиб, ҳеч қандай ахборотга эга эмас. Демак, сигнал вақт бўйича тасодифий қонун бўйича ўзгарадиган функция орқали ифодаланадиган катталиқдир.

Сигналлар, одатда аниқланган (маълум) ва тасодифий сигналларга ажратилади.

Ўзгариши вақт бўйича аналитик функция кўринишида ифодаланиши мумкин бўлган сигналлар аналитик – аниқланган сигнал деб, акс ҳолда эса, тасодифий сигнал деб юритилади. Аниқланган сигналларга ток кучи, кучланиш, электр заряди ва бошқаларнинг гармоник ёки импульс кўринишидаги ўзгариши мисол бўлади. Чунки бунда уларнинг шакли, катталиги вақт бўйича аниқ қонун бўйича ўзгаради. Нутқ, мусиқа, телеграф белгилари ва бошқаларни ифодаладиган электр тебранишлари тасодифий сигналлардир.

Сигналлар даврий ва даврий эмас – узлукли бўлади. Агар сигналнинг $f(t) = f(t+mT)$ функцияси $-\infty \leq t \leq \infty$ ораликда узлуксиз ўзгарса (T – давр, m – ихтиёрий бутун сон), бундай сигнал даврий сигнал дейилади, акс холда, у даврий бўлмайди. Соф гармоник қонун бўйича ўзгарадиган аниқланган сигнал монохроматик сигнал деб аталади.

Сигналлар узлуксиз – даврий ва узлукли – дискрет сигналларга бўлинади. Қиёсий сигналларга микрофонга нутқ таъсир этган вақтда ҳосил бўладиган токнинг узлуксиз ўзгаришини, дискрет сигналга эса, маълум вақт ораликларида узатиладиган импульслар кетма-кетлигини кўрсатиш мумкин.

Сигналларни узатишда уларни вақт оралиғи ёки амплитуда қийматлари бўйича бўлақларга ажратиш – даражалашдан фойдаланилади. Ҳам вақт, ҳам қиймат бўйича сатҳларга ажратилган (даражаланган) дискрет сигнал рақамли сигнал деб аталади.

Сигналнинг ҳар бир тури жуда кўп физик катталиклар – параметрлар орқали характерланади. Улардан энг асосийлари бўлиб импульснинг давом этиш вақти, динамик диапазони ва спектр кенглиги ҳисобланади.

Маълумки, ҳар бир сигнал вақт бўйича содир бўладиган бирор жараёни ифодалайди. Шунинг учун унинг бошланиш ва тугаш вақти мавжуд. Сигналнинг таъсири мавжуд бўлган вақт оралиғи сигналнинг давом этиш вақти деб аталади.

Сигнал оний қувватининг энг катта қийматини унинг энг кичик қийматига нисбати динамик диапазон дейилади. Учинчи параметр спектр кенглиги – сигналнинг ўзгариш тезлигини характерловчи катталикдир. У сигнал ташкил этувчиларининг частотага боғлиқ ўзгаришни ифодалайдиган спектрал функция деган катталикдан аниқланади. Спектр кенглиги сигнал узатиладиган занжирнинг ўтказиш полосасини танлаш учун хизмат қилади.

Сигнал реал радиоэлектрон қурилмадан ўтишда албатта ўзгаришга учрайди. Натижада қурилманинг чиқишидан олинган ахборот бошланғич қийматидан фарқ қилади. Бунинг сабаби, бир томондан, радиоэлектрон қурилма киритадиган бузилишлар бўлса, иккинчи томондан, сигналга бўлган

зарарли таъсирлардир. Фойдали сигналга қўшилиб унинг қабул қилинишини қийинлаштирадиган ҳар қандай зарарли таъсир ҳалақит деб аталади.

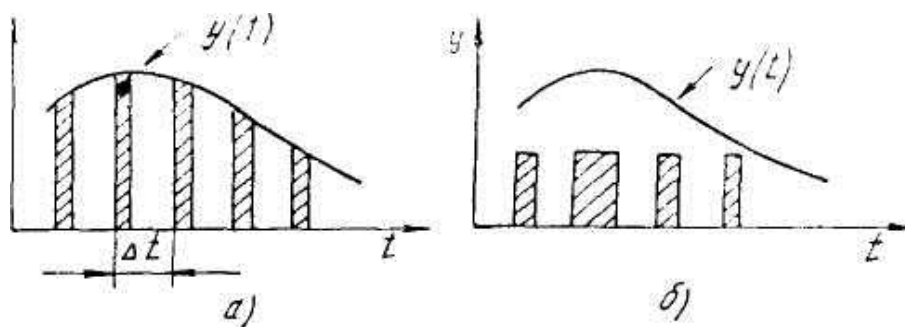
Ҳалақитга қўшни радиостанцияларнинг таъсири, атмосферадаги электр жараёнлари (чакмоқ), саноат ва транспорт электр тармоқларидаги ток кучининг кескин ўзгаришлари, радиоэлектрон қурилма элементларидаги ток кучи ва кучланишнинг ўртача қийматдан четлашиши – флюктуациялар киради.

Флюктуациялардан ҳосил бўладиган ҳалақитлар тасодифий функциялар орқали ифодаланади ва эҳтимоллик назарияси усуллари (таксимот функцияси, корреляция функцияси, дисперсия ва бошқалар) орқали текширилади.

Шуни айтиш керакки, электр тебраниши бир ҳолда фойдали сигнал, иккинчи ҳолда эса, ҳалақит бўлиши мумкин. Унинг қандай бўлиши кўриляётган хусусий ҳол билан белгиланади.

Радиотехник система орқали информация, узлуксиз ёки узлукли сигнал кўринишида узатилиши мумкин. Узлуксиз сигналда информация миқдори чексиз, дискрет сигналда эса чекли бўлади. Уларнинг алоқа системасидан ўтишида информация йўқолиши бир хил бўлмайди. Узлуксиз сигнал информациясининг йўқолиши узлукли сигналникидан етарлича кўп бўлади. Ҳатто узлуксиз сигнал аввал узлукли сигналга айлантрилиб, сўнгра узатилса ҳам информация йўқолиши узлуксиз сигнал узатилгандагидан камроқ бўлар экан. Шунинг учун информация узатишда сигналнинг узлукли ҳолидан кенг фойдаланилади.

Узлуксиз сигнал икки хил – вақт ёки сатҳ бўйича узлукли сигналга айлантрилади. Узлуксиз сигнални вақт бўйича узлукли бўлакларга ажратиб узатишда Δt вақт оралиғи бир хил қилиб олинганда бўлакчалар – импульсларнинг амплитудалари турли қийматли, амплитуда сатҳлари бир хил қилиб олинганда эса, вақт оралиқлари турлича катталиқка эга бўлади (4.1-расм).

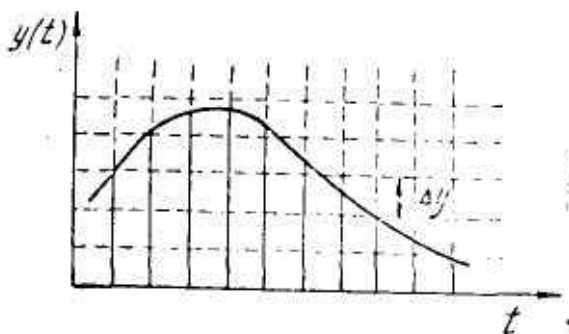


4.1-расм. Сигнални вақт бўйича узлукли сигналга айлантириш:

а – амплитуда ўзгарувчан, б – вақт оралиғи ўзгарувчан.

Бу икки ҳол ўзаро эквивалентдир, чунки ҳар бир ажратилган импульс бўлагининг юзалари ўзаро тенг бўлади.

Сигнални амплитуда қиймати бўйича сатҳларга ажратиб бўлакларни квантлаш деб аталади. Бунда бир-бирдан ажратилган бўлаклар квантлаш даражасини (шкаласини) ҳосил қилади. Даражадаги ҳар бир бўлак оралиғи квантлаш қадами деб аталади (4.2-расм).



4.2-расм. Амплитуда сатҳи бўйича бўлакларга ажратиш.

Квантлашда сигналнинг катталиги унга яқин тақрибий қийматларга ажратилади. Шунинг учун ҳар бир бўлак ўзининг ҳақиқий қийматидан фарқ қилади. Бу фарқ квантлаш ҳалақити ёки квантлаш шовқини деб юритилади.

Сигнални вақт бўйича узлукли қилиб узатиш радиоалоқа системасининг узатиш қобилиятини оширса, амплитуда сатҳи бўйича квантлаш унинг ҳалақитларга бардошлилигини оширади. Узлуксиз сигнални

узлукли–дискрет сигналга айлантириш натижасида махсус сигнал – рақамли сигнал ҳосил қилинади. Бунинг учун сигналнинг ҳар бир бўлаги бинар сон – кўш сон – «0» ёки «1» рақамлари билан белгиланади. Масалан, мусбат қутбли кучланиш «1» билан белгиланса, манфий қутблиси «0» деб белгиланади; сигнал частотасининг бир қиймати «1» деб олинса, иккничиси – «0» деб белгиланади ва ҳ. к. Микроэлектрониканинг ривожланиши интеграл микросхемаларда рақамли сигналлардан кенг фойдаланиш имкониятини яратмоқда.

Сигнални дискретлаштиришда Δt вақт оралиғини қандай танлаш лозимлиги Котельников теоремаси орқали белгиланади. Бу теоремага биноан қисқартирилган спектрли сигнал ($\omega < \omega_m$) ўзининг $\Delta t = \frac{1}{2f_m}$ га тенг вақт оралиқларида олинган қийматлари орқали тўлиқ ифодаланади. Бунинг маъноси шуки, узатилиши керак бўлган $y(t)$ сигнал спектри ω_m юқори частота билан чегаралашли бўлса, унинг барча қийматларини узатиш шарт эмас. Қабул қилиш жойида бошланғич сигнални тиклаш учун $y(t)$ сигналнинг Δt вақт оралиқларида узатилган оний қийматларини қабул қилиш етарли бўлади.

Ҳар бир электр занжири ўзининг ўтказиш соҳасига эга. Идеал занжир учун сигналнинг спектрал функцияси ўтказиш соҳасидан ташқарида нолга тенг бўлади ($S(\omega) = 0$). Шунга биноан Фурье интегралли қисқартирилган спектрли сигнал учун қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} \dot{S}(\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega \quad (4.1)$$

Ундаги $\dot{S}(\omega)$ Ω нинг ўзгариш интервали учун қуйидаги қаторга тенг.

$$\dot{S}(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \dot{C}_n \cdot e^{-jn\frac{\pi}{\Omega}\omega} \quad (4.2)$$

Бунда

$$\dot{C}_n = \frac{1}{\Omega} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}(\omega) \cdot e^{-jn\frac{\pi\omega}{\Omega}} d\omega \quad (4.3)$$

Агар (4.9) ва (4.11) ифодаларни ўзаро солиштирсак,

$$\dot{C}_n = \frac{2\pi}{2\Omega} \cdot y\left(-n\frac{\pi}{\Omega}\right) = \Delta t \cdot y(-n\Delta t) \quad (4.4)$$

экани кўринади. Бунда

$$\Delta t = \frac{\pi}{\Omega} = \frac{1}{1f_m} \quad (4.5)$$

Агар (4.2) ифодани (4.1) формулага қўйиб, математик алмаштиришлар ўтказилса, сигналнинг қисқартирилган спектри учун қуйидаги ифода ҳосил бўлади:

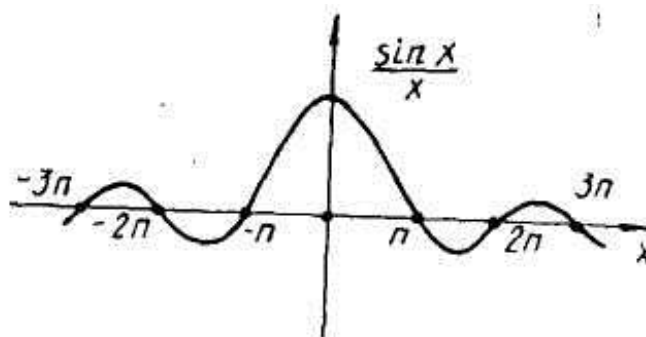
$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} y(n\Delta t) \frac{\sin 2\pi f_m(t - n\Delta t)}{2\pi f_m(t - n\Delta t)} \quad (4.6)$$

Бу ифода спектри қисқартирилган ($\Omega = 2\pi f_m$) $y(t)$ функцияли сигнални аниқлаш учун унинг ўзаро тенг $\Delta t = \frac{\pi}{\Omega} = \frac{1}{2f_m}$ вақт оралиқларида олинган қийматларини билиш етарли эканини кўрсатади.

Демак, $y(t)$ функциянинг ҳисоб олинадган нуқталаридаги $y(n\Delta t)$ қиймати вақт оралиқлари орасида $\frac{\sin x}{x}$ кўринишдаги конун бўйича ўзгарар экан. $\frac{\sin x}{x}$ ифода $t_1 = n\frac{\pi}{\Omega}$ нуқталарда 1 га, t_{1+k} қийматларида эса, 0 га тенг бўлгани учун y функциянинг ҳисоб олиш нуқталаридаги қийматига таъсир этмайди, чунки t_1 нуқталарда (4.6) қатор фақат битта ташкил этувчига эга бўлади.

Шундай қилиб, бирор занжирнинг чиқишида узлукли қилиб узатилган

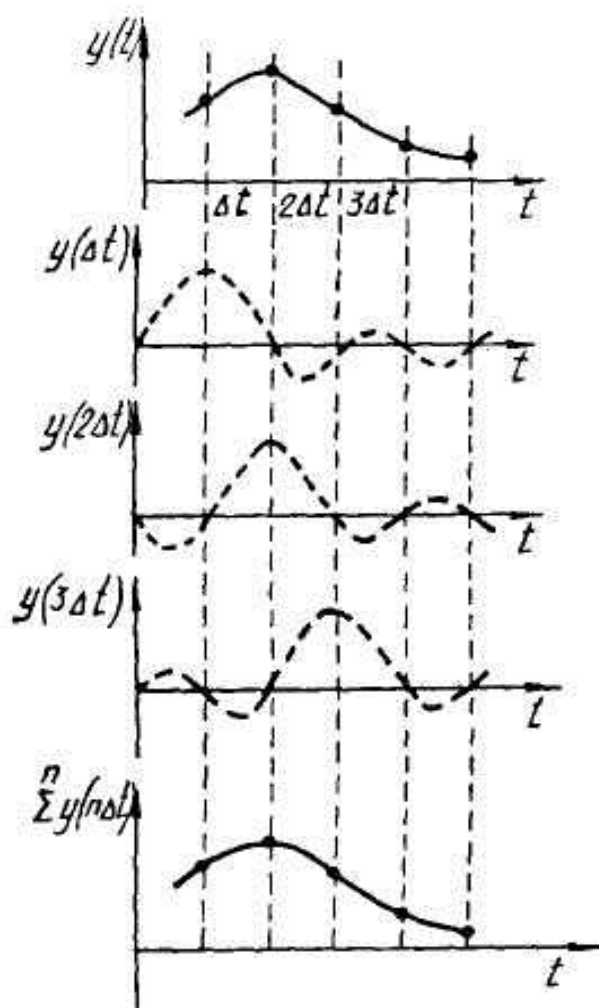
сигнални тиклаш учун унинг турли вақт моментларида олинган қийматларидан ташқари $\frac{\sin x}{x}$ кўринишдаги функциясини ҳам билиш керак (4.3-расм).



4.3-расм. $\frac{\sin x}{x}$ функциясининг графиги.

4.4-расмда ўтказиш соҳасининг юқори чегараси f_m га тенг бўлган идеал занжирдан давом этиш вақти танланган Δt вақтлардан етарлича кичик бўлган тўғри бурчакли импульслар кетма-кетлиги ўтишида ҳосил бўладиган $\frac{\sin x}{x}$ функциялар кўрсатилган. Уларни жамлаш натижасида $y(t)$ функция тикланади.

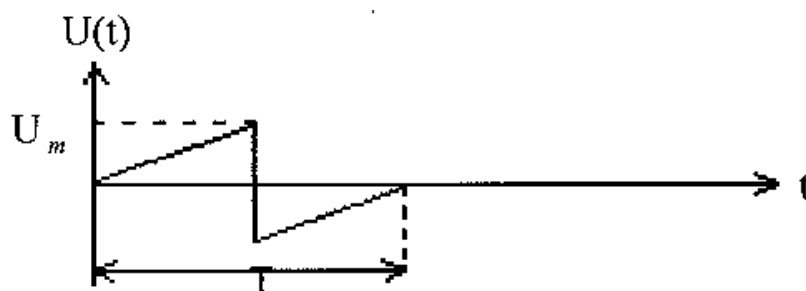
Котельников теоремаси информация узатишнинг телеметрия, алоқа системалари каби жуда кўп соҳаларида кенг қўлланилади.



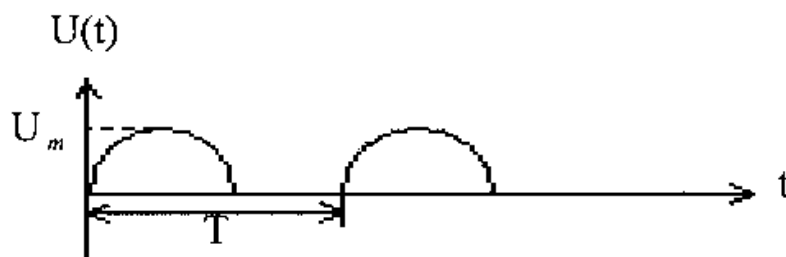
4.4-расм. $y(t)$ функцияни дискрет қийматлар орқали тиклаш.

Сигналлар ва уларни характерловчи параметрларни келтириб ўтамиз.

1. Аррасимон шакли



2. Импульс шакли



Юқорида келтирилган сигнал шакллари ўз кучланишига эга бўлиб, қуйида уларни характерловчи параметрларни келтирамиз. Кучланиш параметрлари қуйидагилардир:

- Оний қиймат.
- Ўрта қиймат.
- Ўрта тўғриланган қиймат.
- Ўрта квадратик қиймат.
- Амплитуда қиймати.

Кучланиш параметрларига доир таъриф ва тушунчаларни келтириш мумкин:

Кучланишнинг оний қиймати – бу қаралаётган вақт momentiдаги қиймат бўлиб, электрон ва рақамли осциллографлар ёрдамида ўлчанади.

$$U_t = U_m \sin \omega t \quad (4.7)$$

Кучланишнинг ўрта қиймати – бу давр давомидаги оний қийматларнинг ўрта арифметигидир.

$$U_{\text{ўр}} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt \quad (4.8)$$

Кучланишнинг ўрта тўғриланган қиймати - бу давр давомидаги абсолют оний қийматларнинг ўрта арифметигига тенг бўлган қийматдир. Бу қиймат чизиқли вольтметр билан ўлчанади.

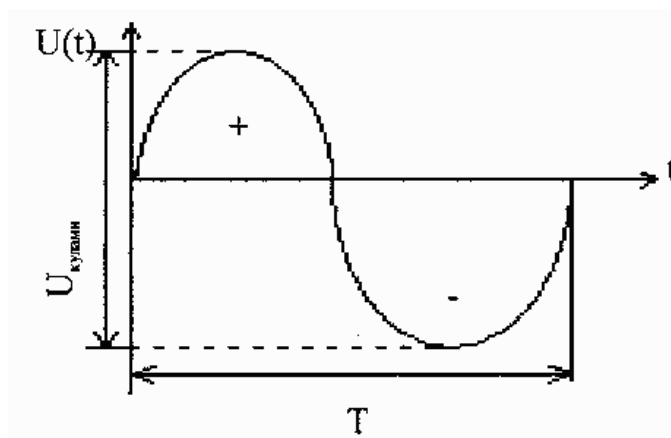
$$U_{\text{ўр.т}} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt \quad (4.9)$$

Кучланишнинг ўрта квадратик (эски адабиётларда таъсир этувчи ёки эффектив қиймат деб талқин қилинган) қиймати бу – ўрта қийматнинг давр давомидаги квадратида олинган мусбат квадрат илдиздир.

$$U_{\text{ўр.кв}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (4.10)$$

бу қиймат квадратли вольтметр асосида ўлчанади.

Кучланишнинг амплитуда (тик) қиймати – бу барча оний қийматлар, яъни, тебранишларнинг “+” ёки “-” ярим даврлари ичдаги максималидир. У кучланиш кўлами деб юритилади.



4.5 – расм. Кучланиш кўлами.

Юқорида келтирилган параметрлар бир-бири билан ўзаро учта коэффициент билан боғланган:

- амплитуда (K_a) коэффициенти;
- шакл ($K_{ш}$) коэффициенти;
- ўртачалаш ($K_{ўр}$) коэффициенти;

Масалан: Синуссимон сигнал шакли учун бу коэффициентлар:

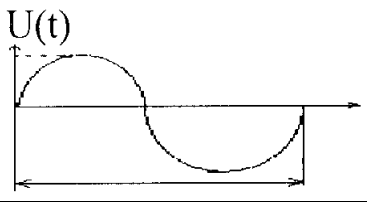
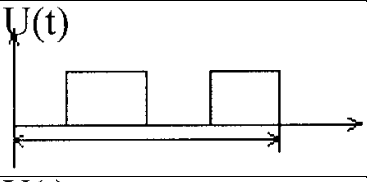
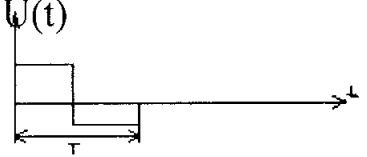
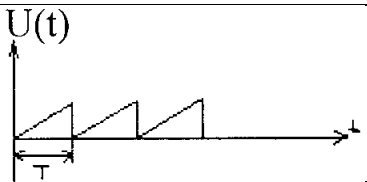
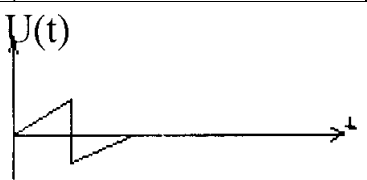
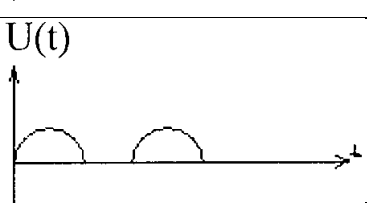
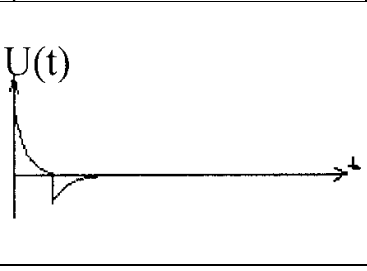
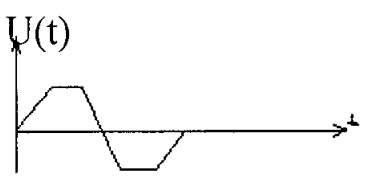
$$K_a = 1.41$$

$$K_{ш} = 1.11$$

$$K_{ўр} = 1.57$$

Кучланишнинг асосий шакллари учун маълумотлар 4.1-жадвалда келтирилган.

Сигналнинг асосий шакллари, параметрлари ва коэффициентлари бўйича маълумотлар.

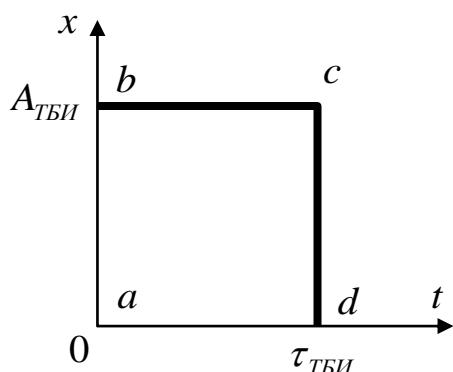
Сигнал шакли	График тасвири	$U_{\text{ўр}}$	$U_{\text{ўрт}}$	$U_{\text{ўр.кв}}$	K_a	$K_{\text{ш}}$	$K_{\text{ўрт}}$
Синуссимон		0	$0,637U_m$	$0,707U_m$	1,41	1,11	1,57
Импульс-лар кетма-кетлиги		$\frac{U_m}{Q}$	$\frac{U_m}{Q}$	$\frac{U_m}{\sqrt{Q}}$	\sqrt{Q}	\sqrt{Q}	Q
Меандра		0	U_m	U_m	1	1	1
Учбурчак		$0,5U_m$	$0,5U_m$	$0,578U_m$	1,73	1,16	2
Аппарсимон		$0,5U_m$	$0,5U_m$	$0,578U_m$	1,73	1,16	2
Импульсли		$0,318U_m$	$0,318U_m$	$0,5U_m$	2	1,57	3,14
Экспоненциал-ўлчанувчан		$\frac{2U_m}{(1-e^{-0,5a})\alpha} = 1/T$	$\frac{2U_m(1-e^{-0,5a})}{\alpha} = 1/T$	$U_m \sqrt{d} \cdot (1-e^{-1d})$			
Трапедия		$2U_m(0,5-\beta)$	$2U_m(0,5-\beta)$	$\frac{U_m}{\sqrt{3-8\beta}}/\pi$			

4.2. Ўлчов сигналларининг математик моделлари

Қуйида ўлчаш техникасида кўпроқ қўлланиладиган ўлчов сигналларининг моделларининг график ва аналитик ифодаланишига доир таҳлилни келтирамиз.

1. Тўғри бурчакли импульс.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

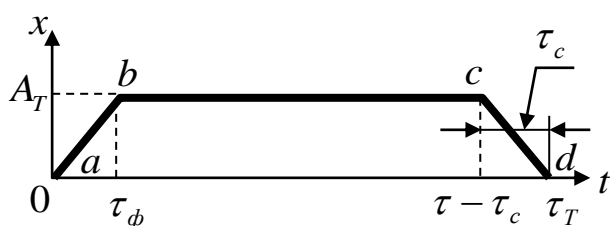
$$x(t) = \begin{cases} 0; & t < 0 \\ A_{ТБИ}; & 0 \leq t \leq \tau_{ТБИ} \\ 0; & t > \tau_{ТБИ} \end{cases}$$

4.6-расм. Тўғри бурчакли импульс

$\tau_{ТБИ}$ - тўғри бурчакли импульс (ТБИ) давомийлиги; $A_{ТБИ}$ - тўғри бурчакли импульснинг пик қиймати; ab - кесма ТБИ fronti; bc - ТБИ нинг учи; cd - ТБИ нинг тушиши.

2. Трапециясимон импульс.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = \begin{cases} A_T \frac{t}{\tau_{\phi}}; & 0 \leq t \leq \tau_{\phi} \\ A_T; & \tau_{\phi} \leq t \leq \tau - \tau_c \\ A_T \left(1 - \frac{t - \tau_T + \tau_c}{\tau_c} \right) & \\ \tau_T - \tau_c \leq t \leq \tau_T \\ 0; & t \geq \tau_T \end{cases}$$

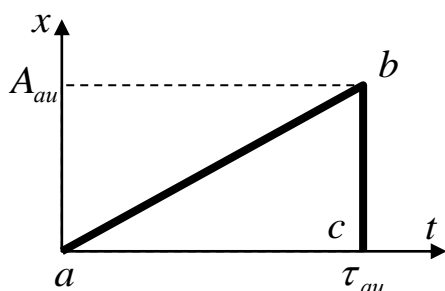
4.7-расм. Трапециясимон импульс

A_T - трапециясимон импульснинг пик қиймати; τ_T - трапециясимон импульснинг давомийлиги; τ_{ϕ} - трапециясимон импульс fronti

давомийлиги; τ_c - трапециясимон импульс кесмасининг давомийлиги.

3. Аррасимон импульс.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = \begin{cases} 0; & t < 0 \\ \frac{A_{au}t}{\tau_{au}}; & 0 \leq t \leq \tau_{au} \\ 0; & t > \tau_{au} \end{cases}$$

4.8-расм. Аррасимон импульс

A_{au} - аррасимон импульснинг пик қиймати;

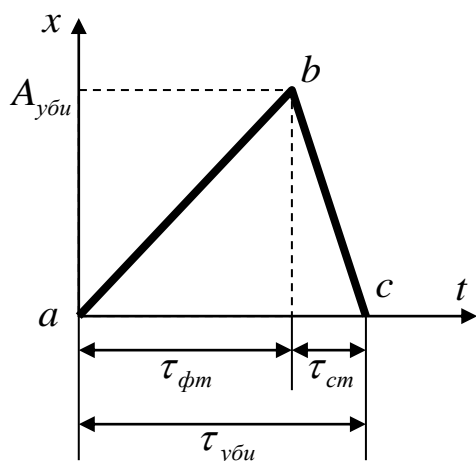
τ_{au} - аррасимон импульс давомийлиги;

ab – аррасимон импульснинг тўғри йўли;

bc – тескари йўли.

4. Учбурчакли импульс.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = \begin{cases} 0; & t < 0 \\ \frac{A_{yбу}t}{\tau}; & 0 \leq t \leq \tau_{\phi m} \\ A_{yбу} \left(1 - \frac{t - \tau_{\phi m}}{\tau_{ct}} \right) & \tau_{\phi m} \leq t \leq \tau_{yбу} \\ 0; & t > \tau_{yбу} \end{cases}$$

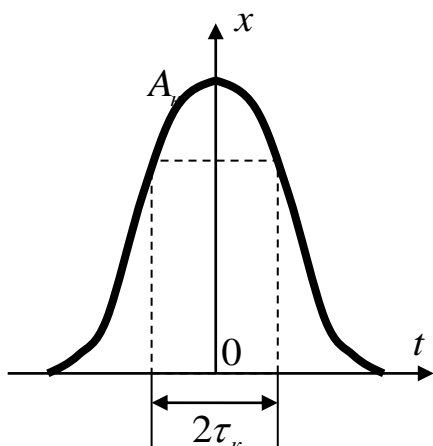
4.9-расм. Учбурчакли импульс

ab – кесма учбурчакли импульснинг fronti дейилади;

bc – учбурчакли импульснинг тушиши дейилади.

5. Кўнғироксимон импульс.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = A_k e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\tau_k}\right)^2}$$

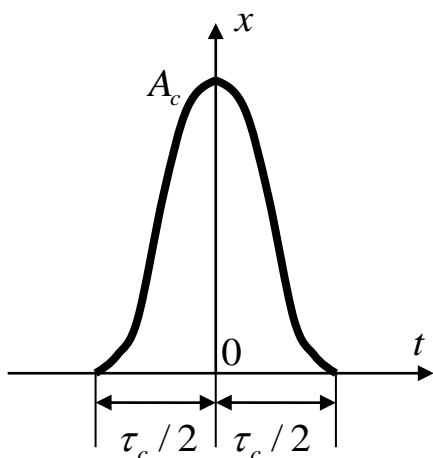
4.10-расм. Кўнғироксимон импульс

A_K - кўнғироксимон импульснинг пик қиймати;

$2\tau_K$ - кўнғироксимон импульс эгилиш нуқталари орасидаги вақт интервали ($0,606A_K$ даражаси бўйича ҳам аниқланади).

6. Косинус квадратли импульс.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = \begin{cases} A_c \cos^2 \frac{\pi}{\tau_c} t; \\ -\frac{\tau_c}{2} \leq t \leq \frac{\tau_c}{2}; \\ 0; |t| > \frac{\tau_c}{2} \end{cases}$$

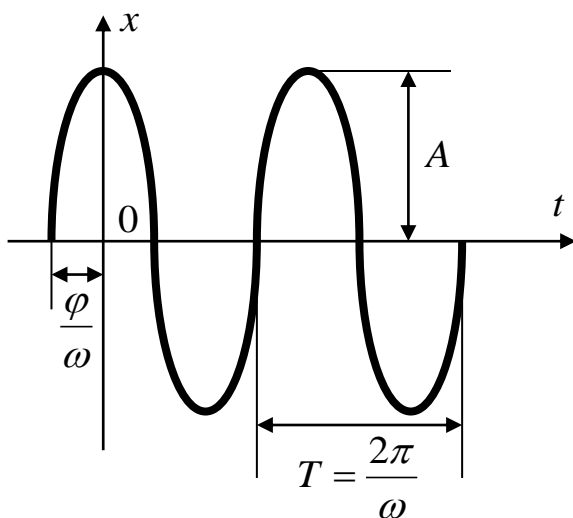
4.11-расм. Косинус квадратли импульс

A_c - косинус квадратли импульснинг пик қиймати;

τ_c - косинус квадратли импульс давомийлиги (τ_c параметр қиймати A_c даражаси бўйича ҳам аниқланади).

7. Гармоник сигнал.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$-\infty < t < \infty$$

4.12-расм. Гармоник сигнал

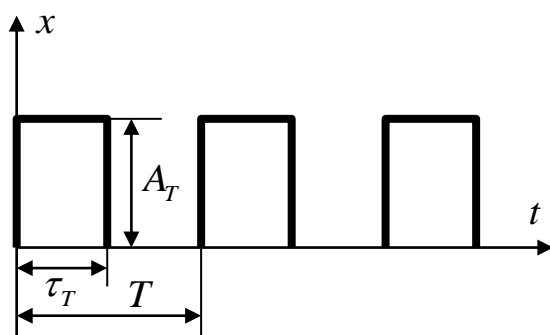
A - гармоник сигналнинг амплитудаси;

ω - доиравий частота;

φ - бошланғич фаза.

8. Тўғри бурчакли импульсларнинг даврий кетма-кетлиги.

График ифодаланиши



Аналитик ифодаланиши

$$x(t) = \begin{cases} A_T; & kT \leq t \leq kT + \tau_T \\ 0; & kT + \tau_T < t < kT \end{cases}$$

T/τ_T нисбати ўтказувчанликка мойиллик, унга тескари бўлган катталиқ эса тўлдириш коэффициенти дейилади. $T/\tau_T = 2$ бўлганда, импульсларнинг даврий кетма-кетлиги меандр дейилади.

Амалиётда реал ўлчов сигналларининг шакли унинг моделидан

фарқланади. Ўлчашларни режалаштириш ва ўтказишда ушбу фарқланиш эътиборга олиниши лозим. Сигналларни шакллантириш ва турли ўзгартиришларда улар шаклида бузилишлар пайдо бўлади. Шунинг учун, идеал сигналларни уларнинг қабул қилинган моделларига мос равишда шакллантиришга ҳар доим ҳам эришиб бўлавермайди. Масалан, импульс fronti давомийлигини нолга тенг қилиб шакллантириб бўлмайди. Реал аппаратурада кераксиз сиғимлар мавжуд бўлади, шунга кўра кучланиш ва вақт орасида идеал чизикли боғлиқлик шакллантириш мумкин эмас. Сигналлар кучайтирилганда чизикли, фазавий ва ночизикли бузилишлар пайдо бўлади. Сигналлар ушбу бузилишларга турлича реакция билдиради. Мисол тариқасида частотавий бузилишлар (юқори ва куйи частоталар соҳасида частотавий характеристикаларнинг тушиши ёки кўтарилиши) импульслар шаклини сезиларли бузиши, лекин бундай ҳолларда гармоник сигнал шакли умуман ўзгармаслиги мумкин. Айнан, бир вақтда ночизикли бузилишлар (сигналнинг чекланиши) тўғри бурчакли импульс шаклига таъсир кўрсатмаслиги, аммо, гармоник сигналга эса таъсир кўрсатиши мумкин. Юқорида келтирилганларга қарамасдан ўлчов сигналларининг бузилишларга берилувчанлиги уларнинг камчилиги бўлиб ҳисобланмайди. Аксинча, ўлчашларни бажаришда ўлчов сигналлари шаклининг ўзгариши бўйича тадқиқ қилинаётган объект характеристикалари муҳокама қилинади.

4.3. Ўлчов сигналларининг параметрларини математик моделлари асосида метрологик таҳлил

Дастлаб элементар сигналларнинг математик моделларини таҳлил қиламиз. Метрологияда ўлчов сигналлари

$$Y = f(X, A, B, C, \dots),$$

кўринишидаги математик моделлар билан тавсифланади. Бу ерда, Y –

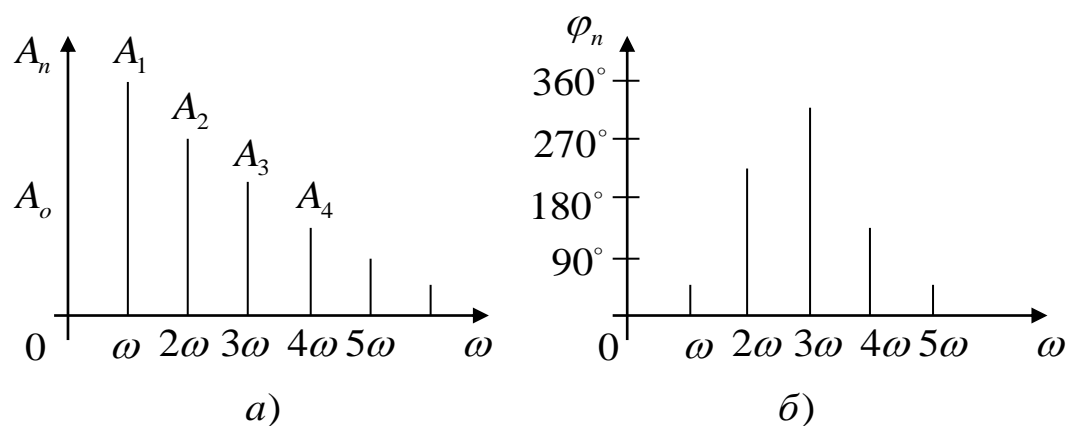
сигналнинг асосий информатив параметри; X – сигналнинг боғлиқ бўлмаган аргументи; A, B, C – сигнал параметрлари.

Боғлиқ бўлмаган аргументнинг турига қараб сигналлар вақтли ($x=t$) ва частотали ($x=0$) математик моделлар билан тавсифланади. Модел шакли ечиладиган масаланинг конкрет шартларига боғлиқ ҳолда танланади. Вақт соҳасида маълум математик функциялар $f(t, A, B, C, \dots)$ қўлланилиб сигнал ўзгаришини аниқ тавсифлайди ва A, B, C ва бошқа параметрлардан бири ўлчанаётган параметрга боғлиқ бўлади. Сигнални вақт кўринишида тақдимот этилиши энергия, қувват ва сигнал давомийлиги каби муҳим характеристикаларни осон аниқлаш имконини беради. Сигналларни вақтли тафсилоти билан бир қаторда спектрал (частотали) ифодаланишидан кенг фойдаланилади. Сигналларни узатиш ва уларга ишлов бериш жараёнида ушбу тақдимот алоҳида рол ўйнайди, чунки, бунда фойдаланиладиган аппаратура параметрлари аниқланади. Частотавий тақдимот $Y(t)$ сигналнинг Фурье ўзгартиришларига асосланади.

$$Y = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega t + \varphi_n), \quad (4.11)$$

бу ерда, A_0 – доимий ташкил этувчи; A_n, φ_n – n -инчи гармониканинг амплитуда ва фазаси.

$A_n(\omega)$ ва $\varphi_n(\omega)$ тўплам қийматлари амплитуда ва фазавий спектрларни ташкил қилиб ушбу спектрлар $Y(t)$ сигнал ҳоссасини частотавий соҳада характерлайди. Бундай спектр чизиқсимон ёки дискрет спектр дейилади. Даврий сигнал спектрини ифодалашнинг турли шакллари турли ифодалар ёрдамида аниқланиши мумкин. Айрим детерминаланган даврий сигнал учун характерли бўлган амплитудавий ва фазавий дискрет спектрлар кўриниши 4.13 -расмда келтирилган.



4.13-расм. Амплитуда ва фазали дискрет спектрлар

Сигнал даврини кетма-кет орттириб боришда (чексизликкача бўлган чегарада) спектрни ёнма-ён частотавий ташкил этувчиларининг фарқи жуда кам бўлиб қолганлиги сабабли дискрет спектр узлуксиз спектрга айланиб қолади.

Нодаврий бўлган $Y(t)$ сигналнинг узлуксиз спектрини тавсифлаш учун $S(\omega)$ спектрал функциясидан фойдаланилади. Ушбу $|S(\omega)|$ - бўлган спектрал функциянинг модули кўпинча спектр деб, $\arg S(\omega)$ - эса спектрал функциянинг аргументи деб номланади.

Спектрал функцияси Фурье интеграллари ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} Y(t)e^{-j\omega t} dt = |S(\omega)|e^{-j\arg S(\omega)} = \operatorname{Re}[S(\omega)] - j\operatorname{Im}[S(\omega)] \quad (4.12)$$

бу ерда, $\operatorname{Re}[S(\omega)]$ ва $\operatorname{Im}[S(\omega)]$ - спектрал функциянинг ҳақиқий ва мавхум қисми:

$$\operatorname{Re}[S(\omega)] = \int_{-\infty}^{+\infty} Y(t)\cos \omega t dt; \quad \operatorname{Im}[S(\omega)] = \int_{-\infty}^{+\infty} Y(t)\sin \omega t dt. \quad (4.13)$$

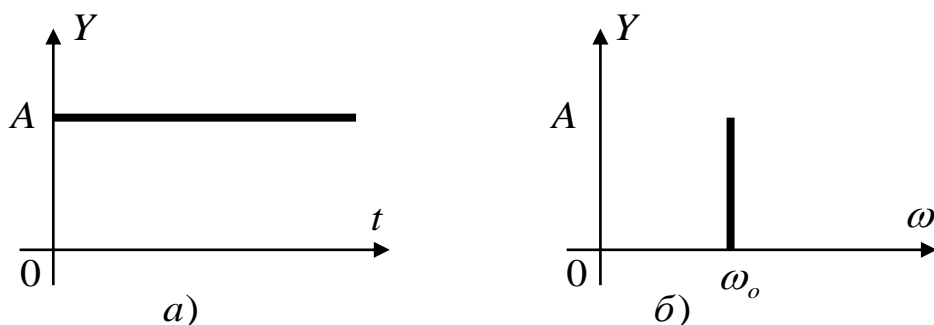
Спектрал функциянинг модули ва аргументи мос ҳолда ифодалар билан аниқланади:

$$|S(\omega)| = \sqrt{\operatorname{Re}^2[S(\omega)] + \operatorname{Im}^2[S(\omega)]}; \quad (4.14)$$

$$\arg S(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im}[S(\omega)]}{\operatorname{Re}[S(\omega)]}. \quad (4.15)$$

$S(\omega)$ спектрал функция комплекс катталиқ бўлиб, спектр, амплитуда ва фаза тўғрисидаги ахборотни ўзида сақловчи комплекс катталиқ ҳисобланади ва комплекс спектр деб номланади. $S(\omega)$ -функция модули амплитудалар спектри бўлиб ҳисобланиб, бевосита амплитудани эмас, унинг спектрал зичлигини ифодалайди. Сигнални спектрал тарзда ифодалаш унинг частотавий диапазонини яъни, чегаравий частоталарни, улар орасидаги барча ёки асосий, энг юқори амплитудаларга эга бўлган сигнални гармоник ташкил этувчиларига эга бўлган, баҳолаш имкониятини беради. Частотавий диапазон сигналнинг муҳим характеристикаси бўлиб ҳисобланади, ҳамда ўлчаш воситасининг зарурий ўтказиш соҳасини аниқлаб, талаб қилинган аниқликда сигнални узатиш учун хизмат қилади. Элементар ўлчов сигналларига вақт бўйича ўзгармас бўлган, ҳамда ягона ва синуссимон функциялар ва дельта функция билан тавсифланувчи сигналларни киритиш мумкин.

Доимий (ўзгармас) сигнал – элементар сигналлар ичидаги энг оддийси бўлиб, $Y=A$ математик модел билан тавсифланади, бу ерда, A – сигналнинг ягона параметри. 4.14-расмда ўзгармас сигналнинг вақтли ва частотавий графиклари келтирилган.



4.14-расм. Ўзгармас сигнал вақтли (а) ва частотавий (б) графиклари.

Баъзан, Хевисайд функцияси деб номланган бирлик функция тенглама билан ифодаланади.

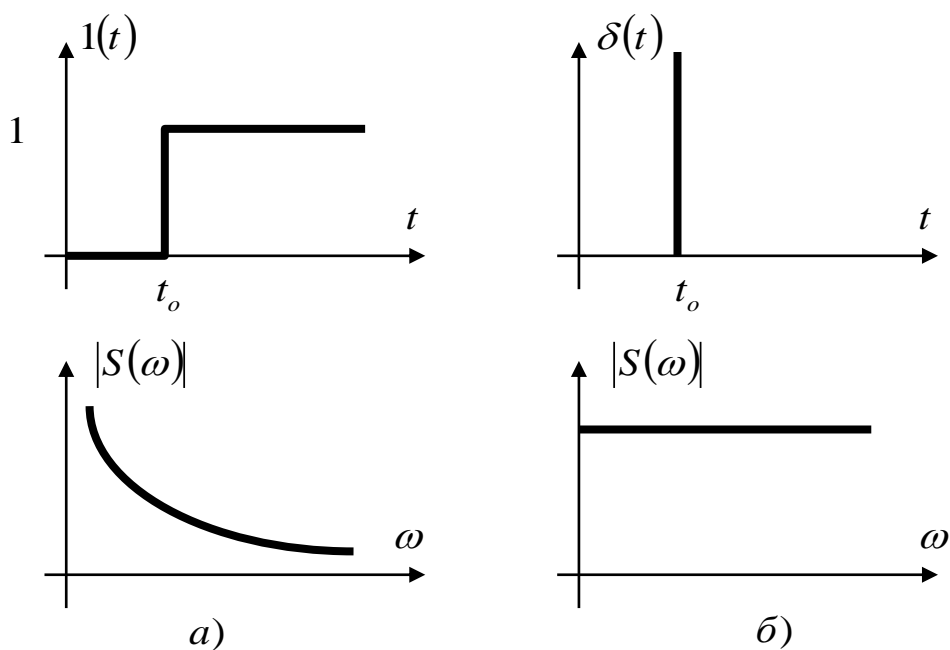
$$1(t - t_o) = \begin{cases} 0, & t < t_o; \\ 1, & t \geq t_o. \end{cases} \quad (4.16)$$

Ушбу функция ягона параметрга эга - t_0 - вақт momenti. Унинг вақтли ва частотавий моделлари 4.15, а-расмда ифодаланган.

Дельта функция тенглама билан тавсифланади.

$$\delta(t - t_o) = \begin{cases} 0, & t \neq t_o; \\ \infty, & t = t_o. \end{cases} \quad (4.17)$$

Ушбу функция ҳам ягона параметрга - t_0 - вақт momentига эга. Дельта функция $\delta(t)$ нинг вақтли-частотавий моделларининг графиклари 4.15 б - расмда келтирилган, улардан кўриниб турибдики, дельта-функция чексиз кенгликка эга бўлган спектрга эга.



4.15-расм. Бирлик (а) дельта-функциялар (б) моделларининг графиклари.

Дельта-функция қуйидаги хоссаларга эга:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t - t_0) dt = \int_{t_0 - \varepsilon}^{t_0 + \varepsilon} \delta(t - t_0) dt, \quad (4.18)$$

бу ерда, ε - ихтиёрый кичик сон. У бир параметрли узлуксиз функциялар оиласининг чегаравий функцияси сифатида қаралиши мумкин, масалан, чексиз кичик ўртакватратик четланишга эга бўлган (σ) нормал тақсимотли функция сифатида:

$$\delta(t - t_0) = \lim_{\sigma \rightarrow 0} \frac{\exp\left[-(t - t_0)^2 / (2\sigma^2)\right]}{\sigma\sqrt{2\pi}}. \quad (4.19)$$

Бирлик ва дельта функция бир-бири билан қуйидаги ифодалар билан боғланган:

$$1(t - t_o) = \int_0^t \delta(t - t_o) dt, \quad \delta(t - t_o) = \frac{d[1(t - t_o)]}{dt}. \quad (4.20)$$

Дельта-функциянинг муҳим хусусияти бўлиб стробловчи таъсири ҳисобланади ва у тенглама билан тавсифланади.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \delta(t - t_o) dt = x(t_o). \quad (4.21)$$

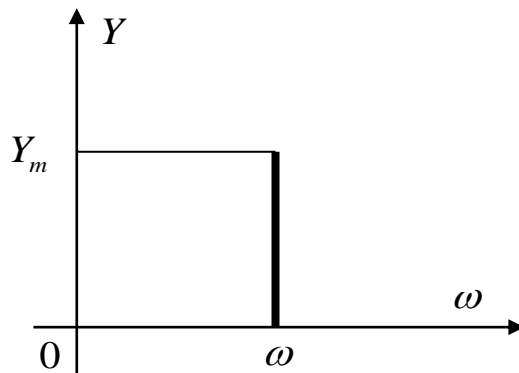
У дискретланиш одими Δt – бўлган вақт бўйича дискретланган функцияни ифодалаш учун фойдаланилади.

$$x_o(t) = \sum_{n=1}^{\infty} x(n\Delta t) \delta(t - n\Delta t). \quad (4.22)$$

Гармоник сигнал тенглама билан тавсифланади:

$$Y(t) = Y_m \sin(\omega t + \varphi) = Y_m \sin(2\pi/T + \varphi). \quad (4.23)$$

Бундай сигналнинг параметрлари бўлиб: Y_m – амплитуда, T – давр (ёки частота $f=1/T$, ёки ω -доиравий частота) ва φ - бошланғич фаза ҳисобланади.



4.16-рasm. Гармоник сигнал спектри.

Қуйида, мураккаб бўлган ўлчов сигналларининг математик моделларини таҳлил қилишга доир маълумотларни келтирамиз. Маълумки, ўлчаш воситаларида турли шаклдаги кўп сонли ўлчов сигналларидан фойдаланилади. Улардан амалиётда кўп қўлланиладиганларини қараб чиқамиз.

Дастлаб, тўғрибурчакли импульсларнинг математик моделларини таҳлиллаймиз. Тўғрибурчакли якка идеал импульс (4.17-а расм) тенглама билан тавсифланади.

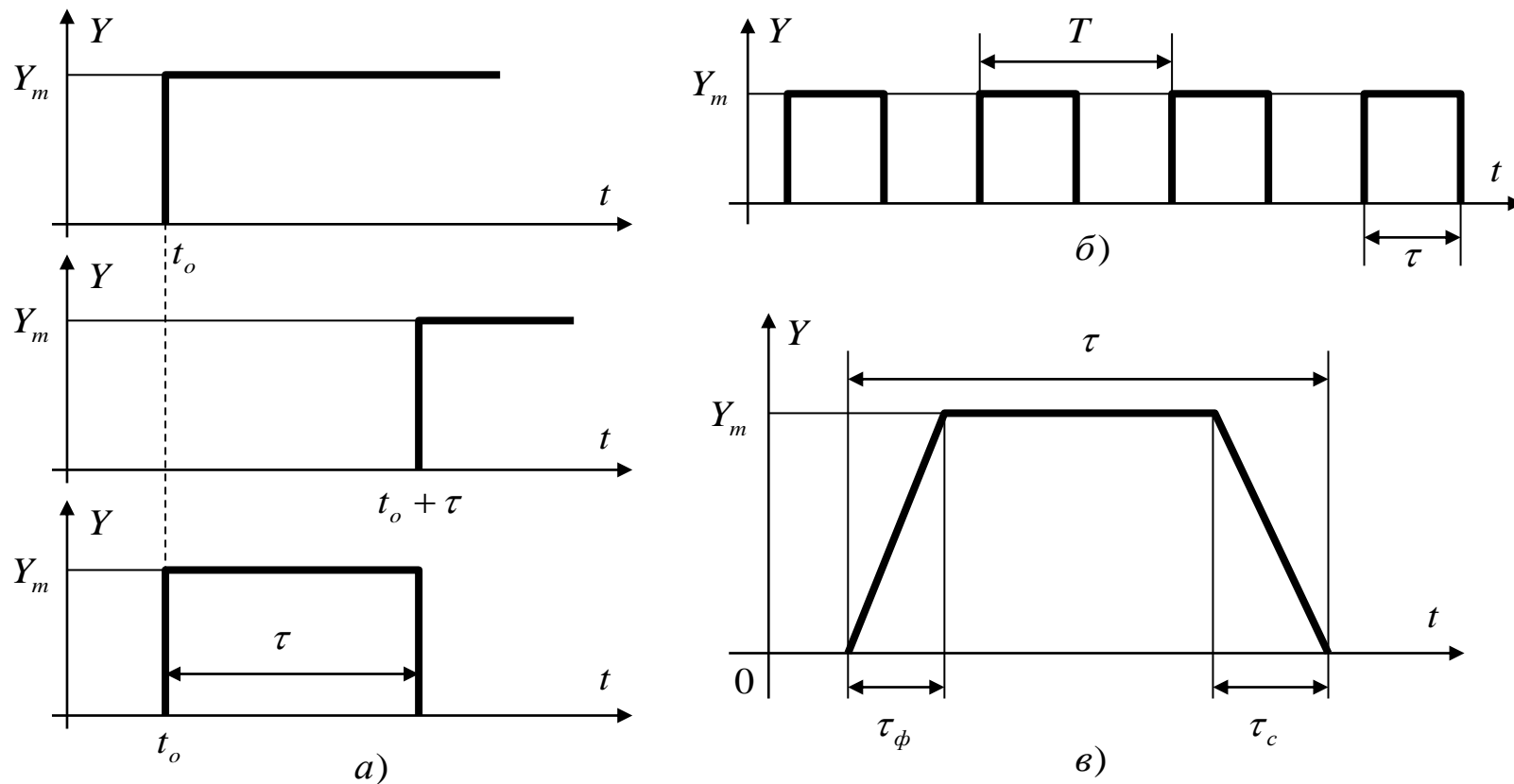
$$Y(t) = Y_m [1(t - t_o) - 1(t - t_o - \tau)] \quad (4.24)$$

яъни, у иккита вақт бўйича τ – импульс давомийлигига тенг бўлган катталиққа сурилган бирлик функцияларнинг фарқи сифатида шаклланади.

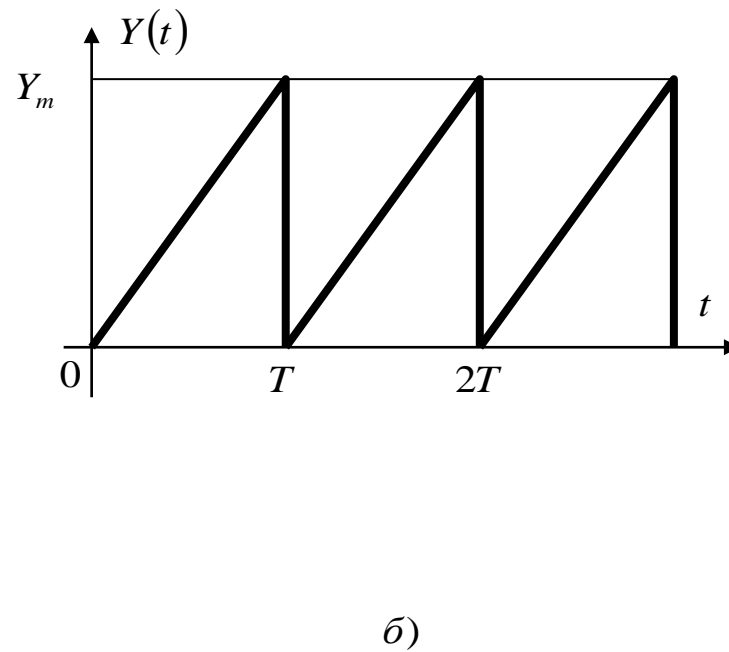
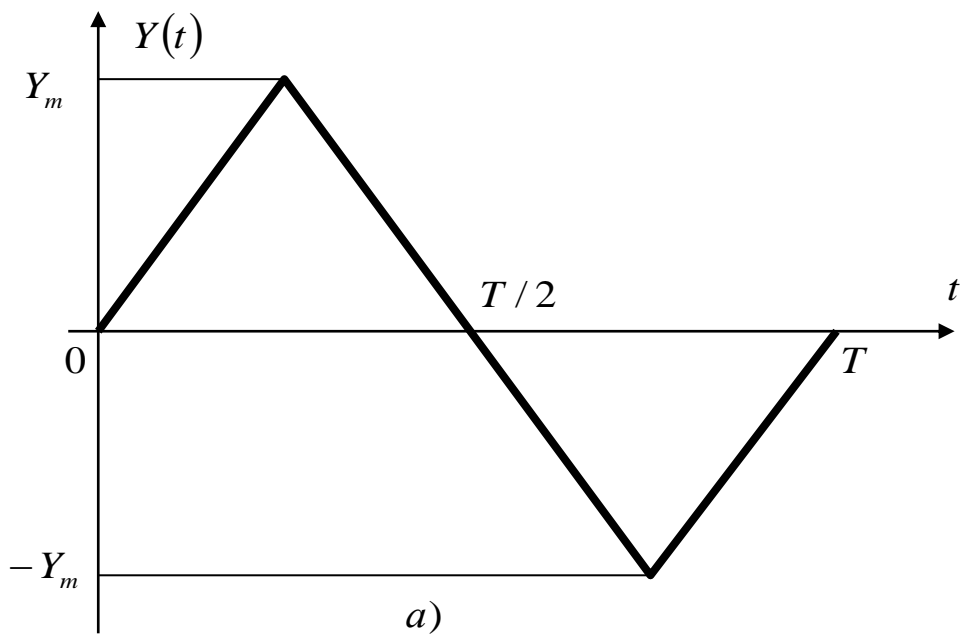
Тўғрибурчакли импульслар кетма-кетлиги якка импульслар йиғиндисидир:

$$Y(t) = \sum_{k=0} Y_m [1(t - kT) - 1(t - kT - \tau)] \quad (4.25)$$

Уни тавсифлаш учун учта параметрни билиш керак: Y_m -амплитуда, τ -давомийлик ва T -даврни (4.17, б-расм).



4.17-рasm. Идеал тўғрибурчакли импульсни (а), тўғрибурчакли импульслар кетма-кетлигини (б) ва трапециясимон импульсларни (в) шакллантириш.



4.18-расм. Ишораси алмашадиган чизикли (а) ва бир кутбли чизикли ўзгарувчан (аррасимон) (б) сигналлар.

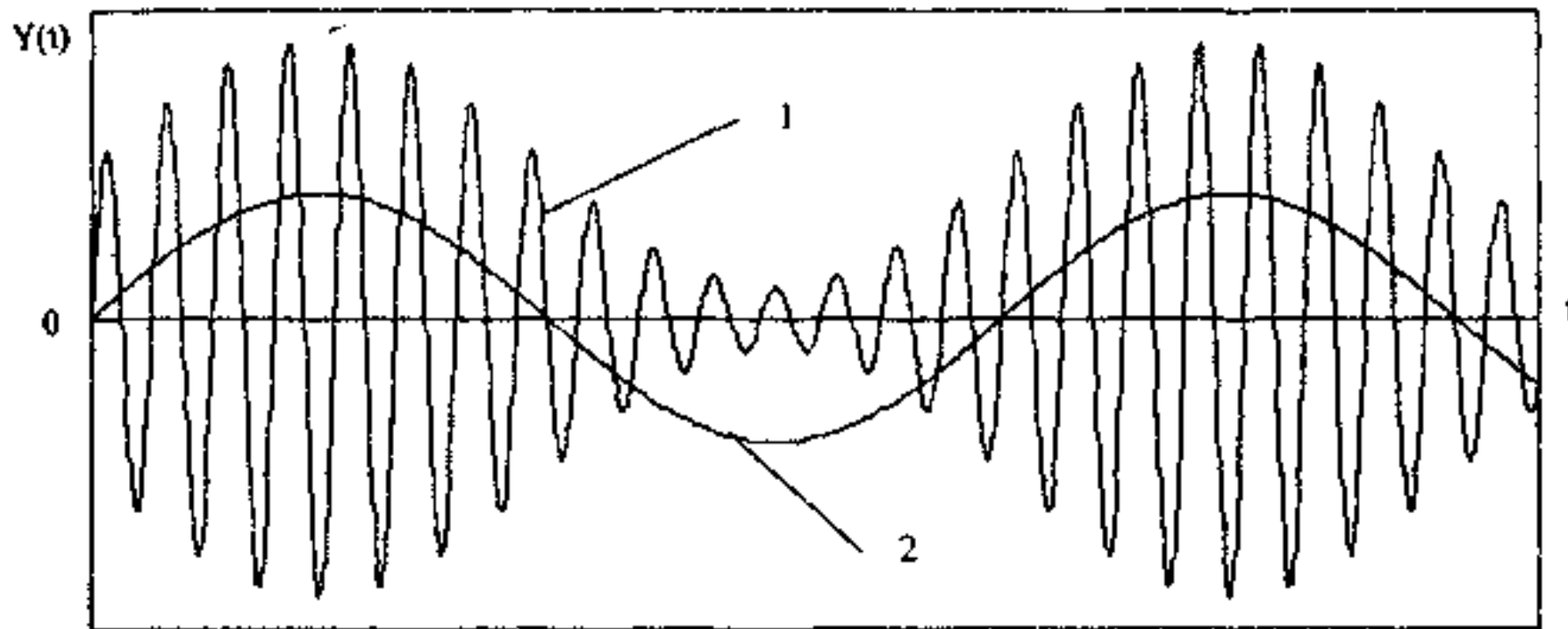
Тўғрибурчакли импульс даврини унинг давомийлигига бўлган нисбати ўтказувчанликка мойиллик, унга тескари бўлган катталиқ эса тўлдириш коэффициентлари дейилади. Ўтказувчанликка мойиллик иккига тенг бўлса, импульслар кетма-кетлиги меандр деб аталади (4.17, б-расмга қаралсин). Амалиётда идеал тўғрибурчакли импульслар учрамайди. Реал импульсларда сигнални нолинчи қийматдан амплитуда қийматигача (ва тескари) ҳар доим якуний (охирги) давомийликка эга бўлади, яъни, T_f - фронт ва T_n – пасайиш (4.17, в-расм). Шунга кўра, реал импульсларда трапециясимон шакл бўлади. Трапециясимон импульс реал импульсларнинг идеаллаштирилиши бўлиб ҳисобланади ва нисбатан мураккаб шаклга эга бўлади. Навбатдаги сигнал тури, бу чизиқли участкаларга эга бўлган сигналлар. Ўлчаш техникаси воситаларини қуришда чизиқли участкага эга бўлган даврий сигналлар кенг қўлланилмоқда. Энг аввало, улар чизиқли ишораси ўзгарувчан ва чизиқли ўзгарувчан бир кутбли сигналлардир (4.18-расм). Чизиқли ишораси ўзгарувчан сигнал тенглама билан берилади

$$Y(t) = \begin{cases} 4Y_m t/T & t \in [0; T/4] \text{ бўлганда;} \\ 4Y_m (T/4 - t)/T + Y_m & t \in [T/4; 3T/4] \text{ бўлганда;} \\ 4Y_m (t - 3T/4)/T - Y_m & t \in [3T/4; 2T] \text{ бўлганда.} \end{cases} \quad (4.26)$$

Аррасимон сигнал

$$Y(t) = Y_m \frac{t}{T}, \quad t \in [0; T] \text{ бўлганда.} \quad (4.27)$$

Модуляцияланган сигналлар тўғрисидаги маълумотларни қараб чиқамиз. Иккита ёки ундан ортиқ сигналларнинг ўзаро таъсирлашуви натижасидаги сигналлар модуляцияланган, яъни, модуляция сигналлари дейилади. Модуляция - $X(t)$ ўлчов сигналининг $Y(t)$ стационар сигналнинг қандайдир параметрига ўзаро таъсири.



4.19-рasm. Амплитуда-модуляцияланган (1) ва модуляцияловчи (2) сигналлар.

Элтувчи деб номланган стационар сигнал сифатида синуссимон (гармоник) тебраниш ёки импульслар кетма-кетлиги танланади.

$$Y(t) = Y_m \sin(\omega_o t + \varphi_o) \quad (4.28)$$

Модуляцияга нисбатан тескари бўлган физик жараён демодуляция ёки детектирлаш дейилади. Демодуляциянинг мақсади – имкон даражасида $X(t)$ – модуляцияланган сигналда мавжуд бўлган ахборотни тўлиқ тиклашдир. Модуляция тури ва детектирлаш усули ахборотни узатиш аниқлигига қўйиладиган талаблар билан аниқланади. Нисбатан оддий модуляцияланган сигнал бўлиб, амплитуда модуляцияланган сигнал ҳисобланади ва унда амплитуда-модуляцияланган сигналда ўлчов ахборот синуссимон сигнал элтувчисининг амплитудасида бўлади (4.19-расм).

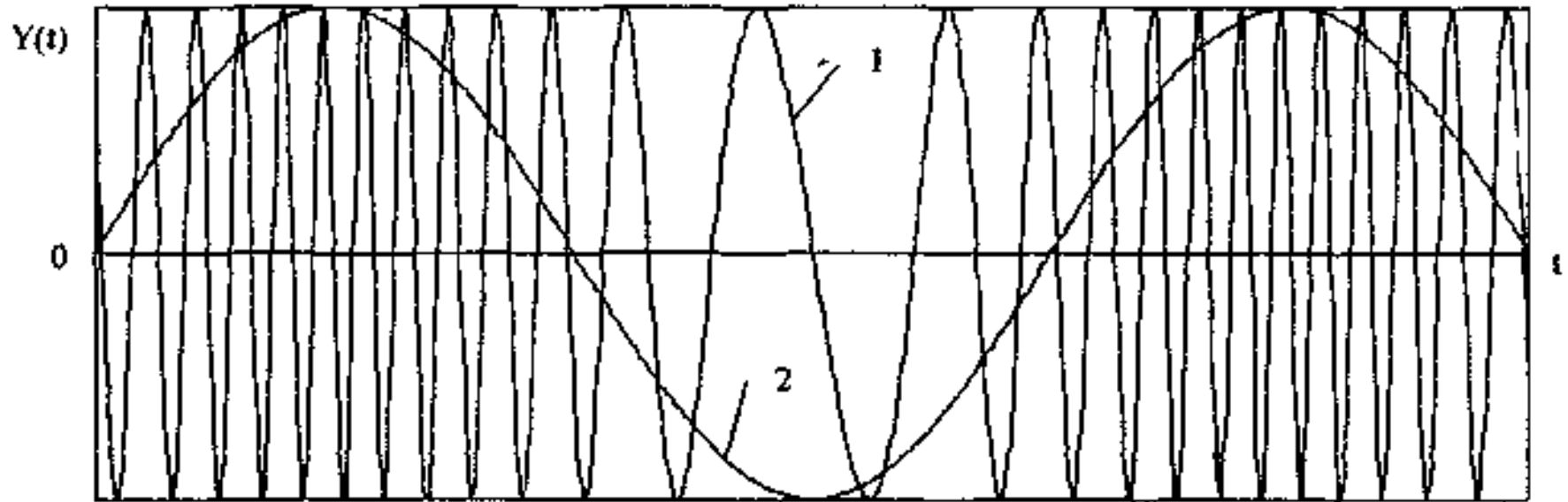
Амплитуда модуляцияланган сигналларқуйидаги ифода билан тавсифланади.

$$Y(t) = Y_m \left[1 + m \frac{X(t)}{X_m} \right] \sin(\omega_o t + \varphi_o), \quad (4.29)$$

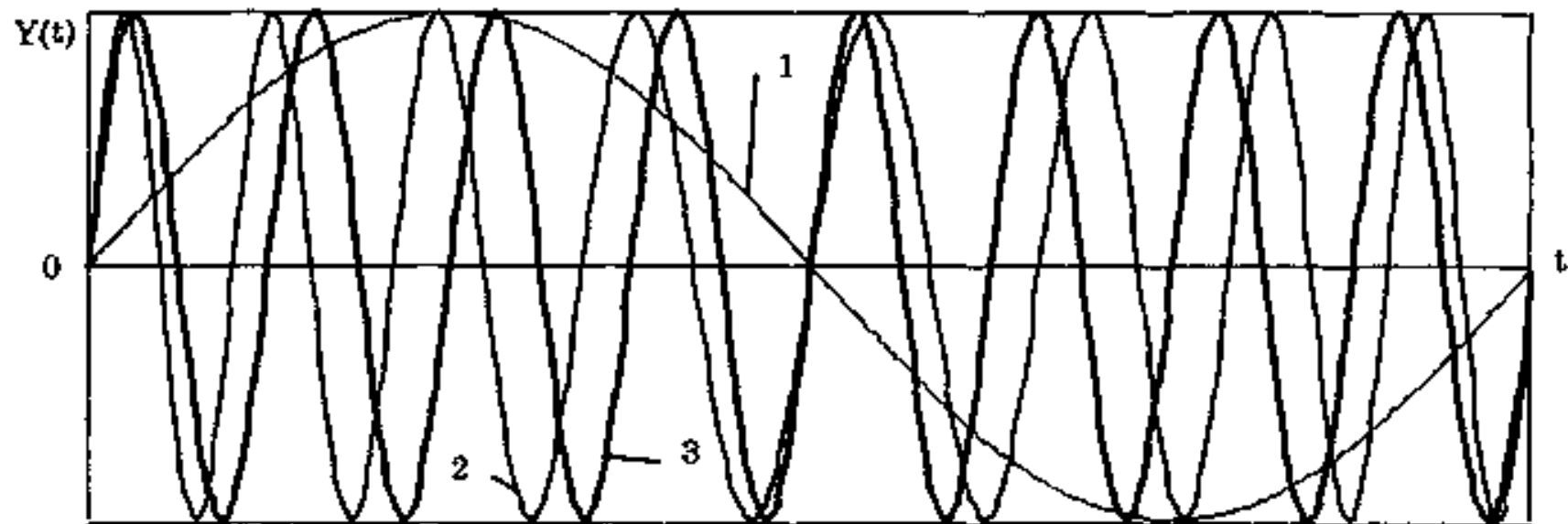
бу ерда, m амплитудавий модуляция чуқурлиги (хар доим бирдан кам). Частотавий модуляцияда (4.20-расм) ўлчов ахбороти модуляцияланган сигнал частотасида бўлади, яъни,

$$\omega(t) = \omega_o + \Delta_\omega \frac{X(t)}{X_m}, \quad (4.30)$$

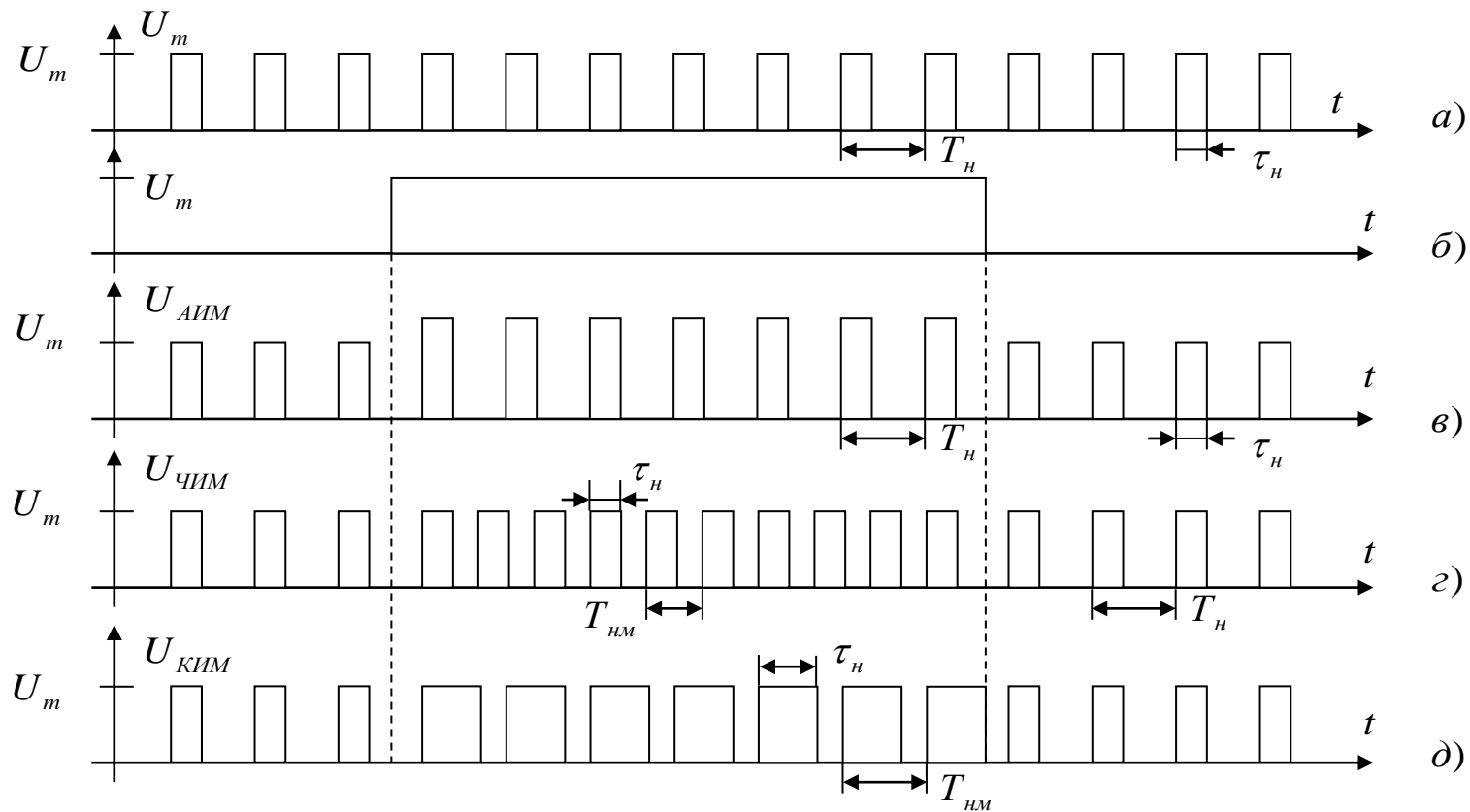
бу ерда, Δ_ω - модуляцияланган сигнал частотасининг энг катта ўзгариши, яъни, модуляцияланган сигнал амплитудасига пропорционал бўлган частота девиацияси.



4.20-рasm. Частота-модуляцияланган (1) ва модуляцияловчи (2) сигналлар.



4.21-расм. Модуляцияловчи (1), фаза модуляцияланган (2) ва таянч (3) сигналлар.



4.22-расм. Тўғрибурчакли импульслар кетма-кетлигининг элтувчилари (а), модуляцияловчи (б), амплитуда-модуляцияланган (в), частота-модуляцияланган (г) ва кенг модуляцияланган (д) сигналлар.

Фазавий модуляцияда, $X(t)$ модуляцияланувчи сигнал элтувчи тебраниш фазасига таъсир кўрсатади:

$$Y(t) = Y_m \sin \left\{ \omega_o t + \varphi_o \left[1 + m_\phi \frac{X(t)}{X_m} \right] \right\}, \quad (4.31)$$

бу ерда m_ϕ — фазавий модуляция коэффициентини.

Детектрлашда модуляцияланувчи сигнални тиклаш учун модуляцияланувчи сигнал, таянч сигнали деб ном олган сигнал керак бўлади. Ушбу сигналга нисбатан модуляцияланувчи сигнал фазасининг ўзгариши кузатилади. Модуляцияловчи, модуляцияланувчи ва таянч сигналлар 3.21-расмда кўрсатилган. Агар модуляцияланувчи сигнал бўлиб тўғри бурчакли импульслар кетма-кетлиги бўлса, у ҳолда модуляциянинг уч хил кўриниши бўлиши мумкин (3.22-расм):

- амплитуда импульсли (АИМ);
- частота-импульсли (ЧИМ);
- кенг-импульсли (КИМ).

Бунда ўлчов ахборотини элтувчи бўлиб мос ҳолда амплитуда, частота ва импульс давомийлиги ҳисобланади.

4.3. Сигнал шакллари ва характерловчи параметрлар

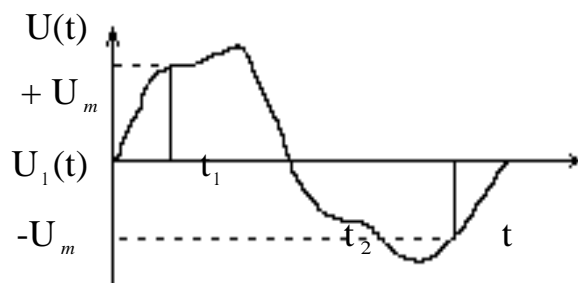
Ток ва кучланишнинг ўлчанадиган электр сигналлари шакли ва турли параметрлар билан характерланади. Сигнал шакли дейилганда олий қийматнинг вақтга боғлиқ функцияси тушунилади.

$$U(t) = U_m * \sin \omega t$$

$$U_1(t) = U_m * \sin(\omega t + \varphi_0)$$

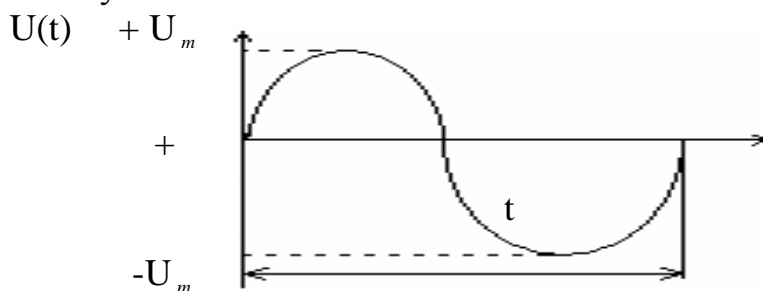
$$U_2(t) = U_m * \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Сигнал шакли турлича бўлиши мумкин. Ушбу шаклларни кўриб чиқамиз.



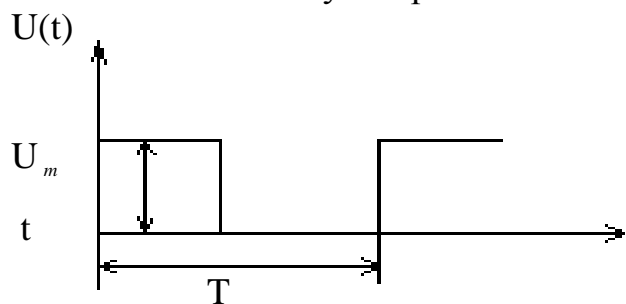
$U_2(t)$

1. Сигналнинг синуссимон шакли.

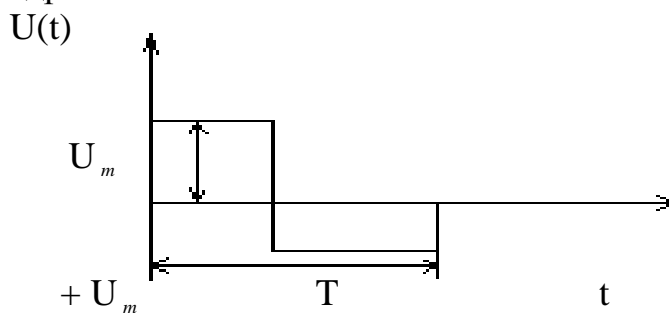


T

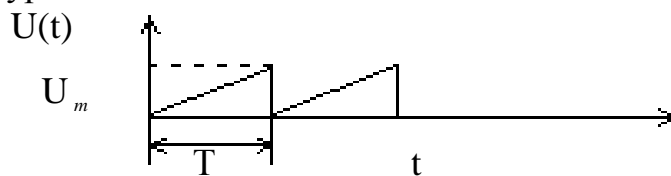
2. Сигналнинг импульслар кетма-кетлиги шакли.



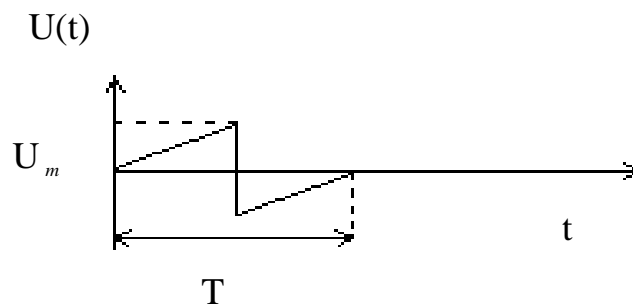
3. Сигналнинг меандр шакли



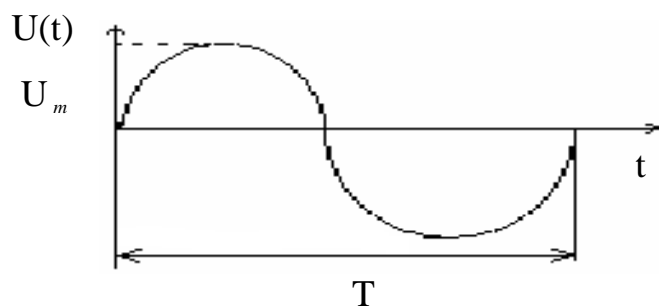
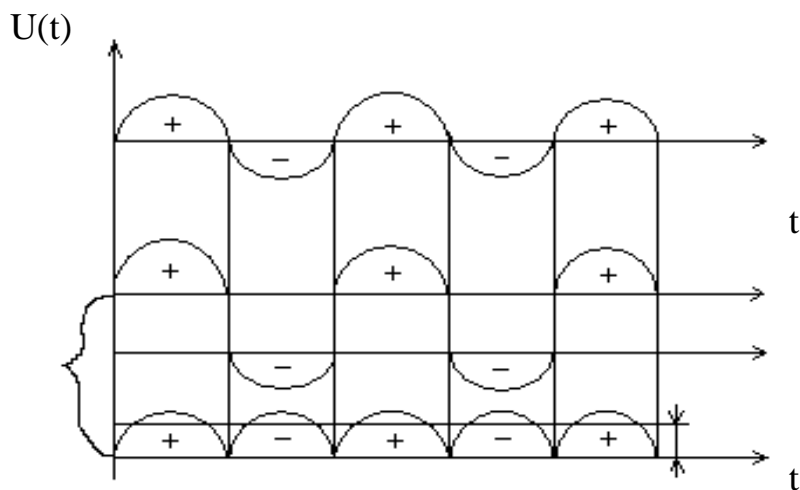
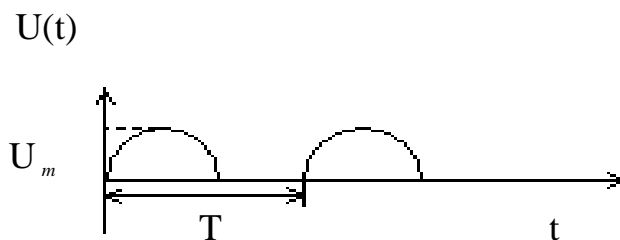
4. Сигналнинг учбурчак шакли



5. Сигналнинг аррасимон шакли



6. Импульсли



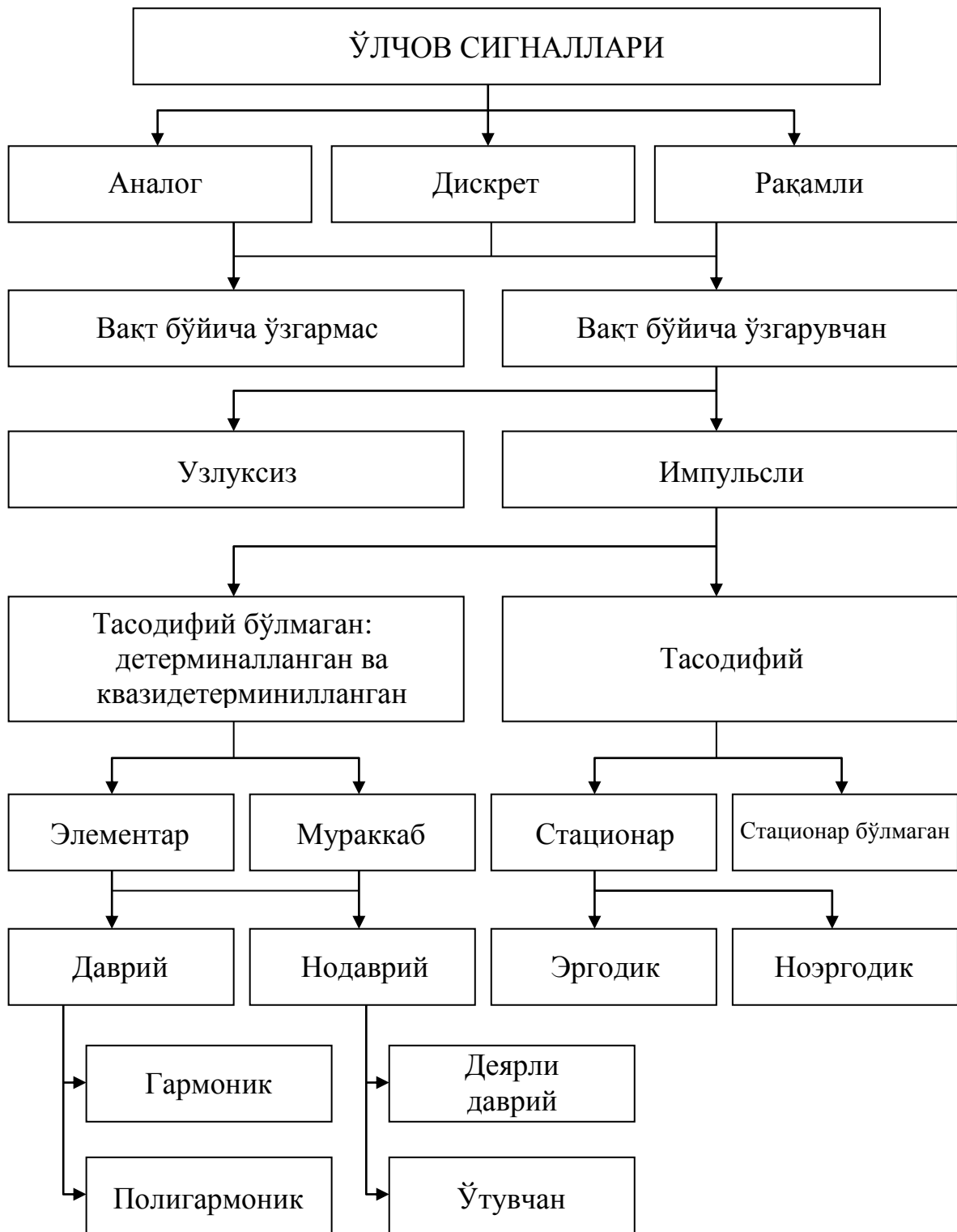
4.4. Ўлчов сигналларининг классификацияси ва ўлчов сигналларига халақитларнинг таъсири

Маълумки, ўлчов сигнали – бу ўлчанаётган катталиқ тўғрисида миқдорий ахборотга эга бўлган сигналдир. Ўлчов сигналлари турлича бўлади. Уларнинг турли белгилари бўйича классификацияси 2.5-расмда келтирилган. Ўлчов сигналлари ахборотли ва вақт параметрларини ўлчаш характериға кўра аналог, дискрет ва рақамли сигналларға бўлинади.

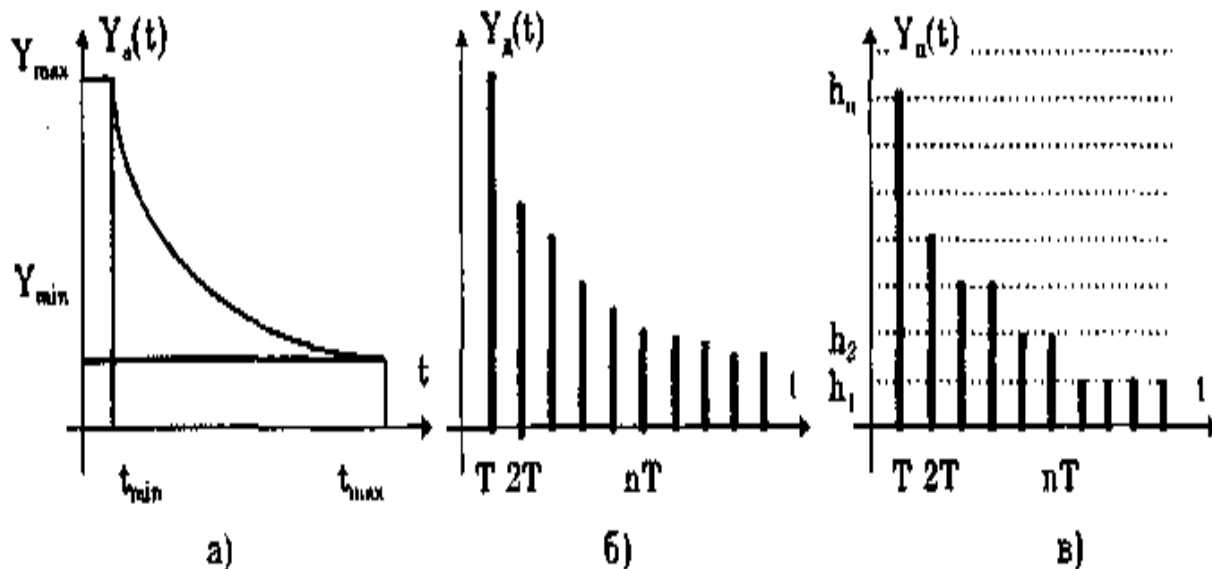
Аналог сигнал – бу узлуксиз ёки бўлакли – узлуксиз $Y_a(t)$ функция билан ифодаланадиган сигнал бўлиб, ушбу функциянинг ўзи ва унинг аргументи t берилган $Y \in (Y_{\min}; Y_{\max})$ ва $t \in (t_{\min}; t_{\max})$ (4.23-расм) интервалларда ихтиёрий қийматни қабул қилиши мумкин.

Дискрет сигнал – бу вақт ёки сатҳ бўйича ўзгарувчан сигналдир. Дастлабки ҳолда у nT – вақтнинг дискрет моментларида, бу ерда $T = \text{const}$ – дискретланиш (даври) интервали, $n = 0; 1; 2; \dots$ - бутун $Y_o(nT) \in (Y_{\min}; Y_{\max})$ ихтиёрий сонлар бўлиб танланма ёки саноклар дейилади. Бундай сигналлар (, 4.23 б-расм) панжаравий функциялар билан тавсифланади. Иккинчи ҳолда $Y_a(t)$ сигналнинг қиймати вақтнинг $t \in (t_{\min}; t_{\max})$ ихтиёрий моментидида мавжуд бўлади, бироқ улар $h_i = nq$, q -квантға қаррали бўлган чегараланган қатор қийматларини қабул қилиши мумкин.

Рақамли сигналлар – сатҳ бўйича квантланган ва вақт бўйича дискретли $Y_n(nt)$ бўлиб, квантланган панжаравий функциялар билан (квантланган кетма-кетли) тавсифланиб nT -вақт моментининг дискрет охири қаторида h_1, h_2, \dots, h_n (4.23, в-расм) квантланиш даражаларидаги дискрет қийматларни қабул қилади.



4.23-расм. Ўлчов сигналларининг классификацияси



4.24-расм. Аналог (а), дискрет (вақт бўйича) (б) ва рақамли (в) ўлчов сигналлари.

Вақт бўйича ўзгариш характериға кўра сигналлар ўзгармас сигналларға ва вақт бўйича қиймати ўзгарадиган, яъни ўзгарувчан сигналларға бўлинади. Ўзгармас сигналлар ўлчов сигналларининг оддий шаклларида бири бўлиб ҳисобланади. Ўзгарувчан сигналлар вақт бўйича узлуксиз ва импульсли бўлиши мумкин. Параметрлари узлуксиз равишда ўзгарадиган сигналлар узлуксиз сигналлар дейилади. Импульсли сигнал – бу вақтнинг чегараланган интервалида нолдан сезиларли фарқланадиган энергияли ва тизимдаги ўтиш жараёнини яқунланиш вақти билан ўлчаб бўладиган ва унга таъсир кўрсатиши мўлжалланган сигналдир. Априор ахборотнинг мавжудлик даражасига кўра ўлчов сигналлари детерминалланган, квазидетерминалланган ва тасодикий сигналларға бўлинади. Детерминалланган сигнал – бу ўзгариш қонуни маълум бўлган, модели эса номаълум параметрға эга бўлган сигналдир. Детерминалланган сигналнинг оний қиймати вақтнинг ихтиёрий моментида маълум бўлади. Детерминалланган (маълум аниқлик даражасида) бўлиб ўлчовлар

чиқишидаги сигналлар ҳисобланади. Масалан, паст частотали синуссимон сигнал генераторининг чиқишидаги сигнал амплитуда ва частотанинг қийматлари билан характерланади, ушбу қийматлар унинг бошқарув органларига ўрнатилган бўлади. Ушбу параметрларнинг ўрнатилиш хатолари генераторнинг метрологик характеристикалари билан аниқланади. Квази детерминал сигналлар – бу вақт бўйича қисман ўзгариш характерига эга бўлган сигналлардир, яъни, бир ёки бир нечта номаълум параметрлидир. Ушбу сигналлар метрология жиҳатидан қизиқарлидир. Кўплаб сигналлар квази детерминал сигналлар деб ҳисобланади. Детерминалланган ва квазидетерминалланган сигналлар элементлар, яъни оддий математик ифодалар билан тавсифланадиган ва мураккаб сигналларга бўлинади. Элементар функцияларга доимий ва гармоник сигналларни ҳамда ягона ва дельта-функция билан тавсифланадиган сигналларни киритиш мумкин. Мураккаб сигналларга импульсли ва модуляцияланган сигналлар таалуқли. Сигналлар даврий ва нодаврий бўлиши мумкин. Нодаврий сигналлар деярли даврий бўлган ва ўтувчан сигналларга бўлинади. Ўтувчан сигналлар физик тизимлардаги ўтувчан жараёнларни тавсифлайди. Оний қиймати ўзгармас (доимий) вақт интервали орқали такрорланадиган сигнал – даврий дейилади. T – давр сигнал параметри бўлиб вақтнинг шундай энг кичик интервалига тенг бўлади. Даврий сигналнинг f -частотаси – даврга тескари бўлган катталиқдир. Даврий сигнал спектри билан характерланади. Спектрнинг учта кўриниши мавжуд:

- комплексли – дискрет аргументнинг комплекс функцияси;
- амплитудали – дискрет аргумент функцияси бўлиб, даврий сигналнинг комплекс спектри модулини ўзида ифодалайди;
- фазавий – дискрет аргумент функцияси бўлиб, даврий сигнал комплекс спектрининг аргументини ўзида ифодалайди.

Даврий сигнал қатор гармоникаларга эга. Гармоника – амплитуда ва бошланғич фазали гармоник сигнал бўлиб, аргументнинг айрим қийматларида даврий сигналнинг амплитуда ва фазавий спектрининг

қийматларига мувофиқ бўлади. Даврий сигнал спектрида юқори гармоникаларнинг мавжудлиги миқдоран гармоника коэффициенти билан тавсифланади, ҳамда ушбу даврий сигнал шаклининг гармоник (синусоидал) сигналдан фарқини билдиради. Даврий сигналлар гармоник, яъни битта гармоникага эга ва поли гармоник бўлиб уларнинг спектри кўплаб гармоник ташкил этувчилардан ташкил топган бўлади. Гармоник сигналларга синус ва косинус функцияларини тавсифловчи сигналлар таалуклидир. Қолган барча сигналлар полигармоник сигналлар бўлиб ҳисобланади. Тасодифий сигнал – бу вақт бўйича ўзгарадиган катталиқ бўлиб, унинг оний қиймати тасодифий катталиқ бўлиб ҳисобланади.

Ўлчаш воситаларидаги ўлчов сигналлари камдан-кам ҳолларда соф ҳолатда мавжуд бўлади. Амалда, ҳар доим уларга халақитлар илашади. Одатда, халақит дейилганда, ўлчов сигнали билан бир жинсли бўлган ҳамда у билан бир вақтда таъсир қилувчи сигнал тушунилади. Халақитнинг мавжудлиги ўлчаш хатолигига олиб келади. Ушбу халақитларни қатор белгилари бўйича классификациялаш мумкин. Намоён бўлиш ўрнига кўра халақитларни ички ва ташқи халақитларга бўлиш мумкин. Ташқи халақитлар табиатдаги жараёнлар ва турли техник қурилмаларнинг ишлаши туфайли пайдо бўлади. Техник қурилмалар индустриал халақитларни пайдо қилади. Ички халақитлар эса, ўлчаш воситасининг ишлашидаги ички жараёнлар сабабли пайдо бўлади. Частотавий спектрининг кўринишига кўра халақитлар оқ ва алвон шовқинларга бўлинади. Оқ шовқиннинг спектрал ташкил этувчилари частота диапазони бўйича текис тақсимланган. Алвон шовқиннинг частота декадасига тўғри келадиган спектрал қуввати доимийдир. Асосий хоссаларига кўра халақитларни уч турга бўлиш мумкин:

- флуктуацион;
- мужассамланган;
- импульсли.

Флуктуацион халақитлар кўпинча шовқин деб номланади. Масалан, ўлчов-электрон кучайтиргичларининг ички шовқини. Агар, флуктуацион

халақитнинг спектрал зичлиги ўлчаш воситасининг соҳа ўтказувчанлиги чегарасида ўзгармас бўлса, у ҳолда ушбу халақит турининг ўлчаш натижасига бўлган таъсирини камайтириш мумкин, бунда, халақит ок шовқин характериға эға бўлади. Ағар халақитларнинг асосий қуввати частоталар диапазонининг айрим участкаларида мужассамланган ва ўлчаш воситасининг соҳа ўтказувчанлигидан кичик бўлса, бундай халақитларға мужассамланган халақитлар дейилади. Ўлчаш воситаларининг ўлчаш занжирларида пайдо бўладиган частотаси 50 Гц бўлган саноат тармоғидан ўтувчи халақитлар мужассамланган халақитларға мисол бўлади. Ўлчов сигнали билан бир жинсли бўлган доимий ва хаотик импульсли сигналлар кетма-кетлигига импульсли халақитлар дейилади. Бундай халақитларнинг манбаалари бўлиб ўлчаш воситаларининг рақамли ва коммутацияловчи элементлари бўлиб ҳисобланади. Халақитлар таъсирида ўлчаш хатолари пайдо бўлганлиги сабабли ушбу халақитларнинг таъсири камайтирилади ёки бартараф этилади. Кўпгина электр халақитларни экранлаш ва ўлчаш воситасини ерга улаш орқали йўқотиш мумкин.

4.5. Ўлчаш воситаларининг классификацияси

Ўлчаш воситалари турли белгиларға кўра классификацияланади:

- бажарадиган метрологик функциясиға кўра: эталонлар, намунавий асбоблар, ишчи асбоблар;
- ўлчашлар характериға, ўлчанадиган катталикларнинг тури, асосий бажарадиган функциялари, техник характеристикаларининг мажмуаси. Кичик гуруҳлар, кўринишлари, турлари;
- аниқлиги: аниқлик синфи: (К:1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6.);
- эксплуатация шароити: 1, 2, 3, 4, 5 – гуруҳлар;
- частота диапазони: паст частотали, юқори частотали;
- иш тамойили: аналог, рақамли;

- ўлчаш усули: бевосита баҳолаш, солиштириш;
- ўлчов ахборотини тақдим этиш усулига кўра;
- ҳисоб усули: бевосита ҳисоблаш, бошқариладиган ҳисобли;
- қайд қилиш усули: ўзиёзар, чиқарувчи;
- конструктив хусусиятлари: кўчма, стационар;
- жорий қийматли, интегралловчи, жамловчи ва бошқалар.

Ўлчаш воситалари ўлчанадиган катталиқ характериға кўра кичик гуруҳларға, асосий бажарадиган функциясиға кўра – хилларға, техник характеристикаларининг мажмуаси ва ишлаб чиқарилишининг кетма-кетлиғиға кўра – турларға бўлинади. Ҳар бир турдаги асбобларға моделнинг тартиб рақами берилади.

Ўлчаш воситаларини классификациялаш қуйидаги кичик гуруҳлар ва асбоб хилларини назарда тутуди:

А – ток кучини ўлчайдиган асбоблар:

А1 – амперметрларни қиёслаш асбоблари ёки қурилмалар;

А2 – ўзгармас ток амперметрлари;

А3 – ўзгарувчан кучланиш амперметрлари;

А7 – универсал амперметрлар;

А9 – ток ўзгарткичлари.

В – кучланишни ўлчаш асбоблари:

В1 – вольтметрларни қиёслаш асбоблари ёки қурилмалар;

В2 – ўзгармас ток вольтметрлари;

В3 – ўзгарувчан ток вольтметрлари;

В4 – импульсли ток вольтметрлари;

В5 – фазасезувчан вольтметрлар;

В6 – селектив вольтметрлар;

В7 – универсал вольтметрлар;

В8 – кучланишлар фарқи ва нисбати ўлчагичлари;

В9 – кучланиш ўзгарткичлари.

Е –Занжир компонентларининг параметрларини ўлчаш учун приборлар:

Е1- компонентлар ва занжирлар параметрларининг ўлчагичларини қиёслаш учун ўлчовлар, қурилмалар ёки асбоблар;

Е2 – тўлиқ қаршиликлар ва тўлиқ ўтказувчанлик ўлчагичлари;

Е3 – индуктивлик ўлчагичлари;

Е4 – аслик ўлчагичлари;

Е6 – қаршиликлар ўлчагичлари;

Е7 – параметрлар ўлчагичлари, универсал;

Е8 – сифим ўлчагичлари;

Е9 – компонентлар ва занжирлар параметрларининг ўзгарткичлари.

М –қувватни ўлчаш асбоблари:

М1 – ваттметрларни қиёслаш учун қурилма ёки асбоблар;

М2 – ўтувчан қувват ваттметрлари;

М3 – ютувчан қувват ваттметрлари;

М5 – ўзгарткичлар, ваттметрларнинг қабулловчи каллаклари;

Р – тақсимланган доимийли элемент ва трактларнинг параметрларини ўлчаш учун приборлар:

Р1 – ўлчов линиялари;

Р2 – турғун тўлқин коэффиценти ўлчагичлари;

Р3 – тўлиқ қаршилик ўлчагичлари;

Р4 – узатишнинг комплекс коэффицентларини ўлчагичлари;

Р5 – узатиш линиялари параметрларининг ўлчагичлари;

Р6 – аслик ўлчагичлари;

Р9 – параметр ўлчагичлари

Ч – частота ва вақтни ўлчаш учун асбоблар:

Ч1 – частота ва вақт стандартлари;

Ч2 – резонанс частотомерлар;

Ч3 – электрон-ҳисобли частотомерлар;

Ч4 – гетеродинли, сифимли ва кўприкли частотомерлар;

Ч5 – частота синхронизаторлари ва сигнал частотасининг ўзгарткичлари;

Ч6 – частота синтезаторлари, бўлгичлар ва частота кўпайтиргичлари;

Ч7 – эталон частотали ва вақт сигналларининг приёмниклари, частота компараторлари (фазали, вақт) ва синхронометрлар;

Ч9 – частота ўзгарткичлари.

Ф – фазалар фарқини ва гуруҳий кечикиш вақтини ўлчаш учун асбоблар:

Ф1 – фазалар фарқини ва гуруҳий кечикиш вақти ўлчагичларини қиёслаш асбоблари ва қурилмалари;

Ф2 – фазалар фарқи ўлчагичлари;

Ф3 – ўлчов фазаайлантиргичлари;

Ф4 – гуруҳий кечикиш вақтининг ўлчагичлари.

С – сигнал ва спектр шаклини кузатиш, ўлчаш ва тадқиқ қилиш учун асбоблар:

С1 – универсал осциллографлар;

С2 – амплитудавий модуляция коэффициенти ўлчагичлари (модулометрлар)

С3 – частота девиациясининг (девиометрлар) ўлчагичлари;

С4 – спектр анализаторлари;

С6 – нозизиқли бузилиш ўлчагичлари;

С7 – тезкор, стробоскопик осциллографлар;

С8 – эслаб қолувчи осциллографлар;

С9 – махсус осциллографлар.

Х – радиоқурилмаларнинг характеристикаларини кузатиш ва тадқиқ қилиш учун асбоблар:

Х1 – амплитуда-частотавий характеристикаларни тадқиқ қилиш учун асбоблар;

Х2 – ўтувчан характеристикаларни тадқиқ қилиш учун приборлар;

X3 – фазачастотавий характеристикаларни тадқиқ қилиш учун асбоблар;

X4 – амплитуда характеристикаларини тадқиқ қилиш учун асбоблар;

X5 – шовқин коэффиценти ўлчагичлари;

X6 – корреляцион характеристикаларни тадқиқ қилувчи асбоблар;

X8 – радиоқурилмаларнинг характеристикаларини қиёслаш учун асбоблар ёки қурилмалар.

П – радиохалақит ва майдон кучланганлигини ўлчовчи асбоблар:

П1 – майдон кучланганлиги ва радиохалақитларни ўлчовчи асбобларни қиёслаш учун асбоблар;

П2 – майдон индикаторлари;

П3 – майдон кучланганлигини ўлчагичлари;

П4 – радиохалақит ўлчагичлари;

П5 – ўлчаш қабуллагичлари;

П6 – ўлчаш антенналари;

П7 – антенна параметрларининг ўлчагичлари;

У – ўлчаш кучайтиргичлари:

У2 – селектив кучайтиргичлар;

У3 – юқори частотали кучайтиргичлар;

У4 – паст частотали кучайтиргичлар;

У5 – ўзгармас ток кучланиши кучайтиргичлари;

У7 – универсал кучайтиргичлар.

Г – ўлчаш генераторлари:

Г1 – ўлчаш генераторларини қиёслаш учун қурилмалар;

Г2 – шовқин сигналларининг генераторлари;

Г3 – паст частота сигналларининг генераторлари;

Г4 – юқори частота сигналларининг генераторлари;

Г5 – импульслар генераторлари;

Г6 – махсус шаклли сигналлар генераторлари;

Г8 – чайқалувчан частота генераторлари (свип-генераторлар).

Д – аттенюаторлар ва сусайишни ўлчаш учун приборлар:

Д2 – резисторли ва сифимли аттенюаторлар;

Д3 – поляризацион аттенюаторлар;

Д4 – чегаравий аттенюаторлар;

Д5 – ютувчи аттенюаторлар;

Д6 – электрик бошқариладиган аттенюаторлар;

Д8 – сусайиш ўлчагичлари.

К – комплекс ўлчаш қурилмалари:

К2 - комплекс ўлчаш қурилмалари;

К3 – автоматлаштирилган комплекс ўлчаш қурилмалари;

К4 – комплекс ўлчаш қурилмаларининг асбоблари;

К6 – комплекс автоматлаштирилган ўлчаш қурилмаларининг асбоблари (блоклари);

Я – радиоўлчаш асбобларининг блоклари:

Я1 – ток кучи ва кучланишни, ғужланган доимийли занжирлар ва компонентлар параметрларини ўлчаш асбобларининг блоклари;

Я2 – тақсимланган доимийли трактлар ва элементлар параметрлари ўлчагичларининг блоклари;

Я3 – частота ва вақтни ўлчаш асбобларининг блоклари; фазалар фарқи ва гуруҳий кечикиш вақти ўлчагичларининг блоклари;

Я4 – сигнал шакли ва спектрини кузатиш, ўлчаш ва тадқиқ қилувчи асбобларнинг блоклари;

Я5 – радиоқурилмалар характеристикалари ўлчагичларининг блоклари ва импульс ўлчашлар учун асбобларнинг блоклари;

Я6 – майдон кучланганлиги ва радиоҳалақитларни ўлчаш учун асбоблар блоклари ва ўлчаш кучайтиргичларининг блоклари;

Я7 – ўлчов генераторларининг ва сусайишни ўлчаш асбобларининг блоклари;

Я8 – таъминлаш манбаларининг блоклари;

Я9 – ўлчаш ўзгарткичларининг блоклари, ўлчаш натижаларини индикация-лаш учун блоклар, коммутация блоклари.

Э – коаксиал ва тўлқин узаткич трактларнинг ўлчаш қурилмалари.

4.6. Рақамли ўлчаш воситаларида рақамлаштириш жараёни

Маълумки, рақамли ўлчаш асбоби – бу ўлчов ахборотли сигналларни рақамли шаклда автоматик ишлаб берувчи ўлчаш воситасидир. Рақамли ўлчаш воситаси аналог ўлчаш асбобларига нисбатан қатор афзалликларга эга, хусусан:

- ўлчанаётган катталикларнинг қийматларини ҳисобланишининг қулайлиги;
- ўлчаш жараёнини тўлиқ автоматлаштириш мумкинлиги;
- ўлчаш натижаларини компьютерга киритиш ва принтерда чиқариш мумкинлиги;
- ўлчашларни тезкор ва кўп карралаи бажариш мумкинлиги.

Аналог асбоблар содда ва ишончли. Вақт бўйича ўзгарадиган сигналлар даражасининг кузатиши талаб этилганда кўрсаткичли асбоблар кўрғазмалилиги билан афзалроқ деб ҳисобланади.

Рақамли ўлчаш воситаларида ўлчанадиган узлуксиз катталиқнинг рақамли кодга айлантирилиши рўй беради. Ушбу жараён аналог-рақамли ўзгарткич (АРЎ) ёрдамида амалга оширилади. Унда ўлчов ахборотли сигнал дискретланиш, квантланиш ва кодлашга тортишади. Дискретлаш, яъни, ўлчов ахборотли сигнални дискретга айлантириш жараёни вақт ва даража бўйича амалга оширилиши мумкин. Вақт бўйича дискретлаш $x(t)$ - сигналнинг ҳисоблаш вақтнинг аниқ детерминалланган моментларида олиш йўли билан бажарилади. Шундай қилиб, ўлчов ахборотли сигналдан алоҳида қийматлар бирлашиши сақланиб қолади. Дискретлашнинг иккита моменти орасидаги Δt -вақт оралиғи дискретлаш одими дейилади. Одатда вақт ўқидаги ҳисоб моментлари тенг танлаб олинади, яъни, дискретлаш одими Δt -доимий

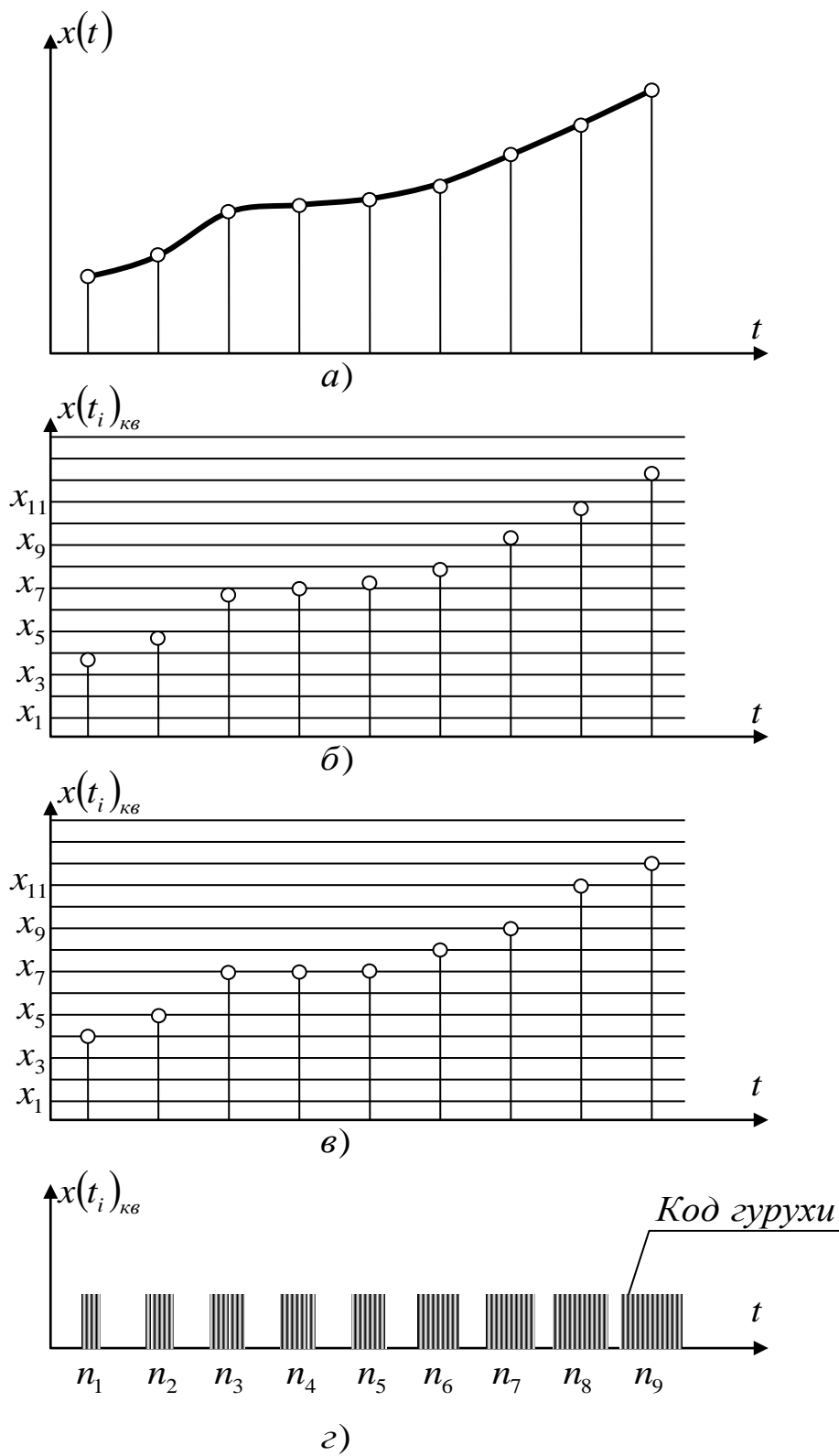
бўлади. Ўлчов сигналининг сатҳ бўйича дискретланиши квантланиш деб ном олган. Квантлашда вақт ва амплитуда бўйича узлуксиз бўлган катталиқ дискрет даражаларнинг ўрнатилган шкаласида яқинроқ фиксацияланган қиймати билан алмаштирилади. Ушбу дискрет (рухсат этилган) сатҳлар ўлчовлар ёрдамида аниқ қонуният асосида ташкил топган. Иккита рухсат этилган сатҳлар орасидаги Δx -фарқга квантланиш интервали (одим ёки поғона) дейилади. Квантланиш интервали ўзгармас ёки ўзгарувчан бўлиши мумкин. Агар, катталиқ вақт бўйича ўзгарса шундагина ўлчанадиган сигналнинг вақт бўйича дискретланиши маънога эга бўлади. Ўлчанадиган сигнал доимий (ўзгармас) бўлса квантланиш амалга ошириш етарли бўлади. Вақтни (вақт интервалини) ўлчаш алоҳида ҳол бўлиб ҳисобланади. Ушбу ҳолда дискретлаш жараёни мазмунини йўқотади ва вақтнинг ўзини квантлаш амалга оширилади.

Ўлчов сигналининг навбатдаги ўзгартирилиши кодлаш дейилади. Рақамли код деб рақамлар ёки сигналлар кетма-кетлигига айтилади. Рақамли код маълум қонуниятга бўйсунди, унинг ёрдамида катталиқнинг сонли қийматининг шартли ифодаланиши амалга оширилади. Ўзгартиришнинг график тафсилоти 4.25 а-расмда 1, 2, 3 ... , 9 рақамлари билан белгиланган. 4.25 в-расмда кўришиб турибдики $x(t_i)$ -сигналнинг дискретланишдан кейинги олинган қийматлари $x(t_i)$ функциясининг оний қийматларига аниқ мос келади. Агар шу расмнинг ўзида бир-биридан Δx масофада жойлашган квантланиш сатҳлари белгиланса, у ҳолда, сигналнинг бир қисм дискрет қийматлари улар орлиғида бўлиб қолади. Сатҳ бўйича квантланиш жарёнида сигналнинг дискрет қийматларини яқинроқ рухсат этилган сатҳларга яхлитлашга олиб келинади. 1-моментда сигналнинг оний қиймати x_3 – сатҳдан $\Delta x/2$ дан салгина кичикроқ бўлган катталиқ ортади. Яхлитлаш камайиш томонига бажарилади ва квантланган қиймат x_3 – га тенг деб олинади.

2-моментда сигнал қиймати x_4 – сатҳдан $\Delta x/2$ га нисбатан кўп бўлган катталиқ ортади. Квантланган қиймат x_5 – га тенг деб олинади (4.25 в-расм).

Охирги босқич $x(t_i)_{\text{кв}}$ квантланган сигнални рақамли кодга ўзгартириш билан яқунланади. 4.25 г-расмда квантланган сигналнинг қийматига мос келувчи $x(t_i)$ рақамли унитар код мисол тариқасида келтирилган. Кодлашнинг бундай усулида код гуруҳидаги импульслар сони квантланган сигнал сатҳига тўғри пропорционал бўлади. Масалан, 7-санокқа x_9 квантланиш сатҳи мос келади ва n_7 код гуруҳида тўққизта импульс мавжуд бўлади.

4.25 – расмдан кўришиб турибдики, сигнални дискретлаш ва квантлашда ўзгартириш хатолиги пайдо бўлади. Узлуксиз бўлган $x(t)$ функция фақат дискретлаш momentiда таҳлил қилинади. Δt интервалда иккита санок нуқталарида сигнал ўзгармас деб фараз қилинади. Δt интервални камайтириб, яъни санок нуқталарини яқинлаштириб хатони йўл қўйиладиган катталиқкача камайтиришга эришиш мумкин. Ўзгармас катталиқларни ўлчашда дискретлаш билан боғлиқ бўлган ўзгартириш хатолиги нолга тенг. Узлуксиз ўлчанаётган катталиқни квантлашдаги хато квантланиш сатҳларининг ниҳоявий сонига тенг. Ушбу хато барча турдаги рақамли ўлчаш воситалари учун характерлидир, ушбу хато Δ_d дискретлик хатолиги деб номланган. Текис квантланишда Δ_d - хато $0 \leq \Delta_d \leq \Delta x$ чегараларда бўлади. Ўзгартиришнинг кейинги босқичида рақамли код рақамли санок қурилмаси кўрсатишига айлантиради. Бунинг учун дешифратор зарур, у код гуруҳларини мос кучланишга айлантиради ва бу кучланиш рақамли индикаторни бошқаради. Аналог-рақамли ўзгартиргич, дешифратор ва рақамли индикатордаги амалга оширилган ва қараб чиқилган ўзгартиришлар кетма-кетлиги рақамли ўлчаш қурилмасининг иши тўғрисида содда тушунтиришлар беради. Мисол тариқасида ўзгармас катталиқни ўлчашни келтиришимиз мумкин. Бунинг учун ўзгартиришнинг битта цикли етарлидир. Бунинг натижасида кодли гуруҳ олинади. Аммо, кодли гуруҳ бу импульслар “пакети” бўлиб, вақтнинг кичик интервали давомида узатилади. Ўлчаш натижаси экранда етарлича узок, масалан, кейинги циклгача сақланиши керак. Шунинг учун рақамли ўлчаш асбоби таркибига ёдда сақлаш қурилмаси киритилиши керак.



4.25-расм. Ўзгартиришларнинг график тавсилоти.

Қуйида рақамли ўлчаш воситасининг иш тартиби ва уларнинг характеристикаларига доир маълумотларни келтирамиз. Дастлаб бир каррали ўлчаш тартибини кўриб чиқамиз. Ушбу тартибда ўлчаш жараёни Δt -интервал орқали даврий равишда такрорланади. Ўлчашларни ўтказиш оператор томонидан бажарилади, ўлчаш натижаси эслаб қолувчи қурилмада сақланади ва рақамли индикаторда аксланади. Рақамли ўлчаш воситасида ўлчов сигналининг квантланиши ва унинг кодланиши амалга оширилади. Кейинги иш тартиби бўлиб даврий равишда ўлчаш ҳисобланади. Бунда, ўлчаш жараёни даврий равишда оператор ўрнатган Δt интервал орқали такрорланади. Рақамли ўлчаш воситасида дискретлаш, квантлаш ва кодлаш тадбирлари бажарилади. Навбатдаги ўлчаш тартиби бўлиб кетма-кетли ўлчаш тартиби ҳисобланади. Ўлчанаётган катталиқнинг ўзгариши квантланиш поғонасидан ортиб кетиши билан ўлчаш цикли такрорланади. Ўлчаш хатоларидан ташқари рақамли ўлчаш воситасининг зарурий характеристикалари қаторига тезкорлиги, ўлчаш вақти ва халақитбардошлигини киритиш мумкин. Рақамли ўлчаш воситасининг тезкорлиги дейилганда вақт бирлиги меъёрланган хато билан бажариладиган ўлчашларнинг максимал сони тушунилади. Ўлчаш вақти – бу ўлчанаётган катталиқни ўзгартириш циклининг бошланишидан натижа олингунча бўлган интервалдир. Халақитбардошлик дейилганда, халақитлар таъсирида рақамли ўлчаш воситасининг меъёрланган хато билан ўлчашларни бажара олиш қобилияти тушунилади. Рақамли ўлчаш воситасининг тезкорлиги юқори. Замонавий элемент база 1 секундда 10^7 гача ўзгартиришларни таъминловчи рақамли ўлчаш воситаларини қуриш имкониятинни беради. Ушбу тезкорлик – ўлчаш натижаларини эслаб қолинишини талаб қилади, лекин, қайд қилувчи қурилмалар кўрсатилган тезликдаги ўлчаш натижаларини қайд қилинишини таъминлай олмайди. Лекин, визуал кузатишда тезкорликка бўлган талаб кескин камаяди, чунки, оператор секундига 2-3 та ўлчашларни баҳолаши мумкин бўлади.[4]

4.7. Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикаларини моделлар асосида ҳисоблаш

Бугунги кунда соҳада фойдаланилаётган ўлчаш воситалари ёрдамида аниқ ўлчаш натижаларига эришиш учун уларнинг метрологик характеристикаларини стандартларда ўрнатилган талабларга мувофиқ ҳолда математик моделлар асосида меъёрлаш ва ҳисоблаш талаб этилади. Қуйида маълумотлар таҳлилини келтирамиз.

Метрологик характеристикаларни меъёрлаш ва баҳолаш тизимида ўлчаш хатоларини ва уларнинг ҳақиқий қийматларини баҳолашнинг адекватлик тамойили киритилган ва бунда реал топилган баҳо “юқоридан баҳолаш” бўлиб ҳисобланади. Охириги шарт шуни ифодалайдики, “қуйидан баҳолаш” ҳар доим хавфлироқ ҳисобланади, чунки, ўлчаш ахборотининг ишончсизлиги туфайли катта йўқотишларга олиб келади. Бундай ёндашувни тушунишда, метрологик характеристикаларни аниқ меъёрлаш мумкин эмас, чунки, кўплаб таъсир этувчи омилларни эътиборга олиб бўлмайди (уларни билмаслик оқибатида ва уларни аниқлаш инструментлари мавжуд бўлмаганлиги сабабли). Ушбуга кўра меъёрлаш ва баҳолашда оддий усуллардан фойдаланиш маъқулроқдир. Истеъмолчи ўлчаш воситаси учун намунавий метрологик характеристикаларни илмий-техникавий ҳужжатдан олади, лекин, камдан-кам ҳолларда ўлчаш воситасининг индивидуал характеристикалари учун экспериментал тадқиқотларни мустақил равишда ўтказиши. Шунинг учун ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикалари билан ўлчашларнинг инструментал хатолари орасида ўзаро боғлиқликни билиш зарурдир. Бу эса ўлчаш воситасининг комплекс метрологик характеристикаларини билиш асосида ўлчаш хатолигини бевосита топиш имконини берар эди ва бунда ўлчашларнинг умумий жамланган хатолигини топишдек мураккаб масалани ечишдан озод қилар эди. Аммо, бунга яна бир ҳолат тўсқинлик қилар эди, яъни, конкрет ўлчаш воситасининг метрологик характеристикаларининг айнан шу ўлчаш

воситаларининг метрологик хоссаларидан фарқланиши. Масалан, берилган ўлчаш воситасининг систематик хатолиги, детерминалланган катталиқ бўлиб, ўлчаш воситаларининг мажмуаси учун эса тасодифий катталиқдир. Ихтиёрий ҳолда, нормаланган метрологик характеристикалар комплекси, ўлчашларнинг инструментал ташкил этувчи хатоларини баҳолашни таъминлаши керак. Шунга кўра, нормаланган метрологик характеристикалар комплекси конкрет ўлчаш воситаларини реал эксплуатация қилиш шартларидан келиб чиқиб ўрнатилиши керак. Ушбу аснода барча ўлчаш воситаларини иккита функционал категорияга бўлиш мақсадга мувофиқ бўлади.

1. Бошқа ўлчаш ўзгарткичлари, ҳисоблаш, қайд қилувчи ва бошқарувчи қурилмалар билан биргаликда фойдаланиладиган ўлчаш воситалари. Бундай мураккаб ўлчаш воситаларининг хатолари ўлчаш каналида қатор ўзгартиришларга дуч келади.

2. Алоҳида, кўрсатувчи ёки қайд қилувчи ўлчаш воситалари бўлиб, уларнинг чиқишига бошқа қурилмалар уланиши мумкин бўлмайди. Табиий равишда бундай категориялар учун нормаланган метрологик характеристикалар турлича бўлади, чунки, масалан, иккинчи категория учун динамик характеристикаларни меъёрлаш ортиқча бўлади. Унда нормаланган метрологик характеристикалар комплексининг мураккаблик даражасига кўра ўлчаш воситаларининг барча турлар учта гуруҳ бўйича классификацияланиши мумкин:

- ўлчовлар ва рақамли-аналог ўзгарткичлар (РАЎ);
- ўлчаш ва қайд қилиш асбоблари;
- аналог (АЎ) ва рақамли ўлчаш ўзгарткичлари (РЎЎ).

Биринчи ва учинчи гуруҳдаги ўлчаш воситалари учун ўлчаш воситасининг кириш ва чиқишига уланган қурилмалар ва чиқиш сигналининг ноинформатив параметрларининг ўзаро таъсирлашув характеристикалари меъёрланиши керак. Ундан ташқари учинчи гуруҳ учун ўзгартиришларнинг номинал функцияси $f_{ном}(x)$ (иккинчи гуруҳ ўлчаш воситаларида уни шкала

ёки бошқа даражаланган санок қурилмалари алмаштиради) ва тўлиқ динамик характеристикалар меъёрланиши керак. Кўрсатилган характеристикалар иккинчи гуруҳ ўлчаш воситалари учун қайд қилувчи қурилмалардан ташқари, маънога эга эмас, улар учун тўлиқ ёки хусусий динамик характеристикаларни меъёрлаш мақсадга мувофиқ бўлади. Ўлчаш воситаларининг нормаланадиган метрологик характеристикаларига киритиш мумкин:

Рақамли ўлчаш воситасидан чиқувчи ўлчанадиган катталиқнинг қийматини аниқлаш имконини берувчи характеристикани.

Нормал шароитдаги рақамли ўлчаш воситаси билан ўлчашдаги хатоларнинг ташкил этувчиларини ҳисоблаш (баҳолаш) имконини берувчи характеристикалар. Бу квантланишнинг номинал поғонаси q , йўл қўйиладиган асосий хато чегараси Δ_{op} , асосий хатонинг тасодифий ташкил этувчиси ўрта квадратик четланишининг чегараси τ_{op} ва нормал шароитдаги йўл қўйиладиган вариация чегараси N_{op} .

Рақамли ўлчаш воситасини ишчи эксплуатация шароитларидан келиб чиқадиган ўлчаш хатоларини ҳисоблаш (баҳолаш) имконини берувчи характеристикалар. Ушбу характеристикалар бўлиб, таъсир этувчи функциялар ёки йўл қўйиладиган хатолар чегараси, рақамли ўлчаш воситасининг объект билан ўзаро таъсирлашувчи характеристикалари ва динамик характеристикалар ҳисобланади.

Δ_{op} ва N_{op} характеристикаларни x_k -диапазоннинг юқори чегарасидан фоизларда ифодалаш ёки квантланишнинг номинал поғонасининг усулларида ифодалаш қабул қилинган. Рақамли ўлчаш воситаси аниқлик синфининг кенг тарқалган кўринишда ифодаланиши бўлиб қуйидаги ифодалар ҳисобланади:

$$1) \delta_{op} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right], \quad (4.32)$$

бу ерда, c ва d – доимий коэффициентлар; x_k – ўлчаш диапазонида чегаравий охириги қиймати; x – жорий қиймат.

$$2) \delta_{op} = \pm[(a + b)x_k / x], \quad (4.33)$$

бу ерда, $b=d$; $a=c-b$;

3) Хорижий рақамли ўлчаш воситалари учун характерли символик ёзув бўлиб,

$$\Delta_{op} = \pm[a(\%)x + b(\%)x_k] \quad (4.34)$$

ифода шундай ўқилади: хатоларнинг йўл қўйиладиган чегаралари $a(\%)$ ўлчанадиган катталиқ қийматига плюс ўлчаш диапазони юқори чегарасининг қийматига тенг.

4.26-расмда нормаланган метрологик характеристикаларнинг моделлари келтирилган.

Стандарт 8.009-84 нормаланган метрологик характеристикалар комплексини шакллантирувчи иккита асосий моделни (M1 ва M2) назарда тутади (4.26-расм).

Модел II-хатолигининг тасодифий ташкил этувчиси инобатга олинмаса ҳам бўладиган ўлчаш воситалари учун қўлланилади. Ушбу модел масъулиятли ўлчашлар учун ишлатилади. Бундай ўлчашларда техник ва иқтисодий омиллар ва бўлиши мумкин бўлган катастрофик оқибатлар, инсонлар соғлигига ҳафв солувчи оқибатлар ва б.қ. бўлиши мумкин.

Агар ташкил этувчилар сони учтадан ортиқ бўлса, ушбу модел анчагина қўпол лекин ишончли бўлган ўлчаш воситасининг асосий хатолигини “юқоридан” баҳоланишини таъминлайди.

Модел I ўлчаш воситаси асосий хатолигининг рационал баҳосини $P < 1$ эҳтимоллик билан беради.



4.26-расм. Метрологик нормаланадиган характеристикаларнинг моделлари.

Шундай қилиб, I ва II моделлар учун нормаланадиган метрологик характеристикалар комплекси хатоларни алоҳида ташкил этувчиларининг статик жамланмаси деб қарайди ва бунда уларнинг аҳамияти ҳисобга олинади. Лекин, айрим ўлчаш воситалари учун бундай статистик жамланмалар мақсадга мувофиқ эмас. Агар, ташкил этувчи хатоларнинг сони учтадан кўп бўлса, ушбу хатолар ташкил этувчиларининг каттароқ қийматларини арифметик жамлаш мумкин. Ушбу ҳолда, умумий инструментал хатонинг баҳоси амалий жиҳатдан статистик жамлашдан фарқ қилмайди.

Шундай қилиб, юқорида келтирилганларга асосан, ўлчаш воситаларининг ҳисобланадиган метрологик характеристикалари учун иккита гуруҳни ажратиш мумкин.

Биринчиси – I моделга мувофиқ келувчи ўлчаш воситаларининг хатолари бўлиб ўлчаш хатолари инструментал ташкил этувчилар интервалини бирдан кичик эҳтимоллик билан ҳисоблаш имконини беради.

Иккинчиси – II ва III моделларга мувофиқ бўлиб, кўрсатилган ҳисоблашларни бирга тенг бўлган эҳтимоллик билан ўтказиш имконини беради. Нормаланадиган метрологик характеристикаларнинг комплексини ўрнатиш ўлчаш воситалари хатоларининг моделини танлашдан бошланади. Нормаланадиган метрологик характеристикаларни танлашдаги миқдорий критериялар уларнинг реал қўлланиш шароитларига боғлиқ ҳолда бирон моделга мос ҳолда ўрнатилади (3.21-расм). Моделнинг турига боғлиқ ҳолда ўлчашлар хатолигининг инструментал ташкил этувчисини ҳисоблаш учун турли усуллардан фойдаланилади.[6]

Метрологик характеристикаларнинг моделларини танлашга доир тавсияларни келтирамиз.

1-модел

A. Аналог ўлчаш воситалари ва РАЎ

Δ_{amax} – асосий хатонинг юқори қиймати тенг:

$$\Delta_{a \max} = \Delta_{OSP} + 2\sqrt{\delta^2} [\Delta_{()}] + H_o^2 / 12 \quad (4.35)$$

бу ерда Δ_{OSP} – асосий хатонинг йўл қўйиладиган систематик ташкил этувчисининг чегараси; $\delta^2 [\Delta_{()}]$ – асосий хато тасодифий ташкил этувчисининг ўрта квадратик четланиши; H_o – нормал шароитдаги кўрсатишлар вариацияси (гистерезис);

Δ_{OS} – гистерезисдан бўлган тасодифий хато нормал шароитларда $\Delta_{OS \max} = |0,5H_o|$ га тенг бўлган максимал қийматга эга бўлади.

Δ_{OSP} – катталик I модел учун ҳар қандай ҳолларда нормаланади, чунки реал ўлчаш воситалари идеал аниқ тайёрлана олмайди.

Б. Рақамли қайд қилувчи ва ўлчаш асбоблари

Рақамли ўлчаш асбоблари ва аналог-рақамли ўзгарткичлар.

Ушбу ўлчаш воситалари учун

$$\Delta_{a \max} = \Delta_{OSP} + 2\sqrt{\delta^2} [\Delta_{()}] + (H_{()}^2 + q_{st}^2) / 12 \quad (4.36)$$

бу ерда, q_{st} – квантланишнинг номинал поғонаси бўлиб, Δ_{OSP} каби ҳамма ҳолларда нормаланади.

Лекин, шуни эътиборга олиш керакки, агар q_{st} сезиларли равишда Δ_{OSP} ёки H_o дан камроқ бўлса, РАЎ ва АРЎ нотўғри танланганлигини билдиради.

$\Delta_{OSP} > 5q_{st}$ бўлганда чиқиш кодининг охириги разрядлари (кўрсатишлари) аҳамиятсиз бўлиб ҳисобланади.

Модел II

Ушбу модел тасодифий хатолиги ҳисобга олинмаса ҳам бўладиган даражада кам бўлган ўлчаш воситалари учун қўлланилади.

Аналог ўлчаш воситалари ва РАЎ-ларнинг асосий хатоларининг характеристикаларини уларни ташкил этувчиларга ажратмасдан меъёрлашда

вариация H_o – қўшимча қаршилик сифатида намоён бўлади. У ҳолда асосий хатонинг энг катта қиймати:

$$\Delta_{o \max} = \Delta_{OS \max} + H_o / 2, \quad (4.37)$$

бу ерда, $\Delta_{OS \max}$ – ўлчаш воситасининг ушбу тури учун энг юқори бўлиши мумкин бўлган хатонинг систематик ташкил этувчисининг қиймати бўлиб, II модел учун меъёрланмайди.

5. ЭЛЕКТР КУЧЛАНИШНИ ЎЛЧАШ ВА ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИНИНГ ИШ ТАМОЙИЛЛАРИ

5.1. Электр кучланиш тушунчаси

Ўзгарувчан кучланишни ўлчаш телекоммуникациялар, радиоэлектроника, автоматик ўқув тизими ва ахборотга ишлов беришда энг кўп тарқалган ўлчаш туридир. Бунинг сабаби, даврий системаларнинг ахборотни узатишдаги кенг қўлланилиши ва ўлчашнинг соддалигидир. Ўзгарувчан ток ва кучланишни ўлчаш воситаларидан бири бўлган ўзгарувчан ток ва кучланишнинг ўрта квадратик қийматини ўлчаш воситаларига алоҳида эътибор берилмоқда ва ушбу қийматни ўлчаш телекоммуникация тизимларидаги муҳим масалалардан биридир. Электр сигнал қувватининг ягона асл қиймати, яъни иссиқлик ажратиш қобилияти бўлиб унинг ўрта квадратик қиймати ҳисобланади ва бунда, сигналнинг синуссимон ёки импульслар кетма-кетлиги шаклида бўлишининг аҳамияти йўқ. Ўрта квадратик қиймат даврий жараённинг асосий характеристикасидир. Косинуссимон шаклдаги (тўғри бурчакли, учбурчак, шовқинсимон) сигналларнинг кенг тарқалганлиги сабабли ўрта квадратик қийматни бевосита ўлчаш муҳимдир. Қувватни ўлчашда, телекоммуникация тизимларини текширишда, шовқин даражасини назорат қилишда, рақамли тизимларда сигнал тўғрисидаги фойдали ахборотга эга бўлишга фақат унинг ўрта квадратик қиймати орқалигина эришилади. Ток ва кучланишнинг ўрта квадратик қийматини ўлчаш, тескари алоқага эга бўлган бошқарув тизимларини ишлаб чиқишда, радиоэлектрон аппаратуранинг текшириш, созлаш, таъмирлаш, радиоэшиттириш, симли алоқада ва турли илмий-тадқиқот ишларида кенг қўлланилади. Кучланишнинг ўрта квадратик қиймат ўлчаш ўзгарткичлари асосида ютилувчанлик қувват ваттметрлари, корреляцион ўлчаш қурилмалари ҳамда фазасезувчан вольтметрлар қурилади

ва улар спектроанализаторларда, стандарт сигналларнинг генераторларида, аслик ўлчагичларида сигнал даражасини ўрнатиш ва назорат қилиш учун фойдаланилади.

Электр кучланиш деб электр майдон кучланишининг чизиқли интегралига тенг бўлган скаляр катталиқка айтилади. Кучланишни ўлчаш амалиётида электр потенциаллар фарқи (кучланишнинг тушиши) аниқланади ва бу электр занжирининг қисмида ёки унинг элементидаги кучланиш бўлиб ҳисобланади. Кучланишнинг ўлчов бирлиги бўлиб вольт [В] ҳисобланади. Саноат частотали ўзгарувчан кучланиш синуссимон шаклга эга:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (5.1)$$

ва унинг оний қиймати $u(t)$ бир нечта асосий параметрлар билан характерланади:

- амплитудаси – U_m ;
- айланма (циклик) частотаси – ω ($f = 0,5\omega/\pi$);
- бошланғич фазаси – φ .

Электр кучланиш вақт бўйича рўй берадиган жараён бўлиб, уни ўлчаш метрология ва электррадиоўлчашлар амалиётида кенг қўлланилади. Алоқа техникаси ва электроникада кучланишни ўлчаш ўз хусусиятига эга:

- частоталарнинг кенг соҳаси – ўзгармас ва инфрапаст частотадан бир неча ГГц бўлган ўта юқори частотагача;
- ўлчанадиган кучланишнинг кенг диапазони – микровольт улушларидан юзлаб Киловольтгача;
- сигнал шакллариининг турли-туманлиги.

Ўзгарувчан кучланишни ўлчашдан мақсад бу унинг қайсидир параметрини топишдир. Ўлчаш амалиётида кучланишни ўлчаш аҳамиятлидир, чунки, бу катталик билан турли радиотехник занжир ва қурилмаларнинг иш тартибини характерлаш мумкин. Вольтметрнинг занжир

қисмига параллел уланиш бу қисмдаги электр жараёнларнинг бузилишига олиб келмайди, чунки асбобнинг ички қаршилиги етарли даражада катта қилиб танланади. Ток кучини ўлчашда эса тадқиқ қилинаётган занжирни узишга тўғри келади ва бу узилишга кетма-кет равишда ички қаршилиги нолдан фарқли бўлган амперметр уланади. Кучланиш ва ток кучи Ом қонунига мувофиқ чизиқли боғланишда бўлганлиги сабабли дастлаб кучланишни ўлчаб, кейин унинг ўлчанган қиймати бўйича ток кучини аналитик ҳисоблаш қулайдир.

5.2. Электр кучланишни характерловчи қийматлар

Электр кучланиш қуйидаги қийматлар билан характерланади:

1) Кучланишнинг оний қиймати – $u(t)$:

$$u(t) = U_m * \sin\omega t \quad (5.2)$$

бу қиймат осциллограф экранда кузатилади

2) Кучланишнинг ўрта қиймати – $U_{\text{ўр}}$:

$$U_{\text{ўр}} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (5.3)$$

Синуссимон сигнал шакли учун бу қиймат “0”га тенг, чунки сигналда доимий ташкил этувчи мавжуд эмас. Бир қутбли кучланишлар учун эса ўрта ва ўртатўғриланган қийматлар бир-бирига тенг.

Кучланишнинг ўрта қиймати давр давомидаги оний қийматларнинг ўрта арифметигидир.

3) Кучланишнинг ўрта тўғриланган қиймати – $U_{\text{ўрт.т.}}$;

$$U_{\text{ўрт.м}} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt \quad (5.4)$$

бу қиймат “чизиқли вольтметр” ёрдамида ўлчанади.

Ўрта тўғриланган қиймат даврдаги абсолют оний қийматларнинг ўрта арифметигидир.

3) Кучланишнинг ўрта квадратик қиймати – $U_{\text{ўрт.кв}}$;

$$U_{\text{ўрт.кв}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (5.5)$$

бу қиймат “квадратли вольтметр” билан ўлчанади.

5) Кучланишнинг амплитуда (пик) қиймати – U_m

бу қиймат “пик” вольтметри билан ўлчанади

Амалда кўпроқ кучланишнинг ўрта квадратик қиймати ўлчанади, чунки, бу параметр қувват ва исроф (йўқотиш) лар билан боғлиқ. Лекин, бу қийматни амплитуда ва ўртатўғриланган қийматларни ўлчаш орқали аниқлаш қулай бўлиб, амплитуда K_a ва шакл $K_{ш}$ коэффициентларини қўллаб ҳисоблаш мумкин.

$$K_a = \frac{U_m}{U_{\text{ўрт.кв}}} \quad (5.6)$$

$$K_{ш} = \frac{U_{\text{ўрт.кв}}}{U_{\text{ўрт.м}}} \quad (5.7)$$

5.3. Электр кучланишни ўлчаш воситаларининг иш тамойиллари

Вольтметр таркибида кучайтиргич бўлса, бундай вольтметр электрон вольтметр (ЭВ) дейилади.

ЭВ ларда ўлчанаётган кучланиш электрон қурилмалар ёрдамида ўзгармас кучланишга айлантирилади ва бу кучланишлар магнитоэлектрик ўлчаш механизмига узатилади.

ЭВ юқори сезгирликка эга, ўлчаш диапазони кенг, катта кириш қаршилигига эга. Кенг частота диапазонида ишлай олади (10 Гц-700 МГц).

ЭВ ларнинг қуйидаги турлари мавжуддир:

V1 – вольтметрларни қиёслаш қурилмалари

V2 – ўзгармас ток вольтметри;

V3 – ўзгарувчан ток вольтметри;

V4 – импульсли сигнал вольтметри;

V6 – селектив вольтметр;

V7 – универсал вольтметр;

V8 – кучланишлар нисбати ўлчагичлари;

V9 – кучланиш ўзгарткичлари.

ЭВ асосан иккита структуравий схема бўйича йиғилади.

Электрон вольтметрларининг блоклари ва қурилмалари тўғрисидаги маълумотлар:

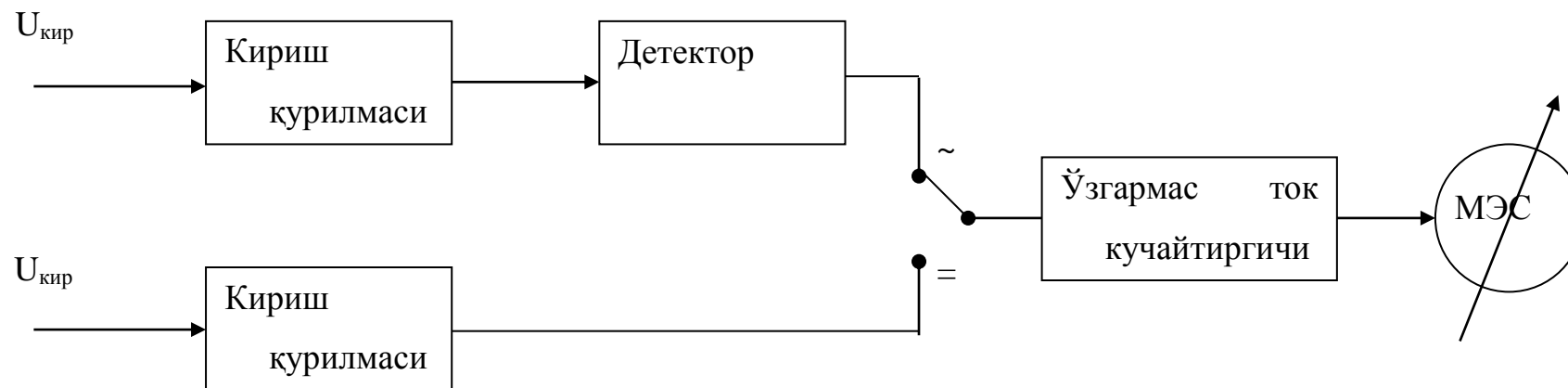
- Кириш қурилмаси-кириш қаршилиги катталигини ва ўлчаш чегарасини кенгайтиришни таъминлайди. Ўлчанадиган кучланишлар чегараси, “кучланиш таксимлагичи” орқали кенгайтирилади.

- Ўзгарувчан кучланиш кучайтиргичи кучайтириш коэффициентининг юқори барқарорлигини таъминлайди.

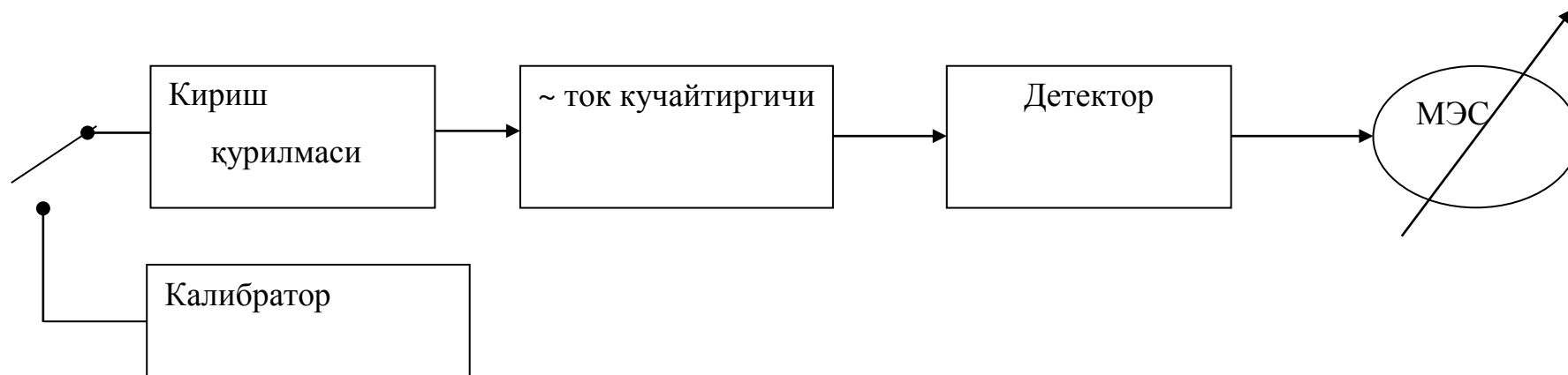
- Ўзгармас кучланиш кучайтиргичи қувват кучайтиргичи режимида ишлайди. Бу кучайтиргичлар катта кириш қаршилигига ва кичик чиқиш қаршилигига эга.

- Детекторлар ўлчанаётган ўзгарувчан кучланишни ўзгармас ёки пульсланувчи кучланишга айлантиради.

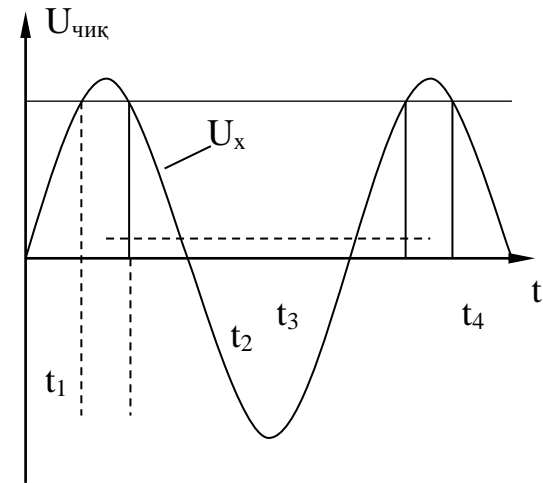
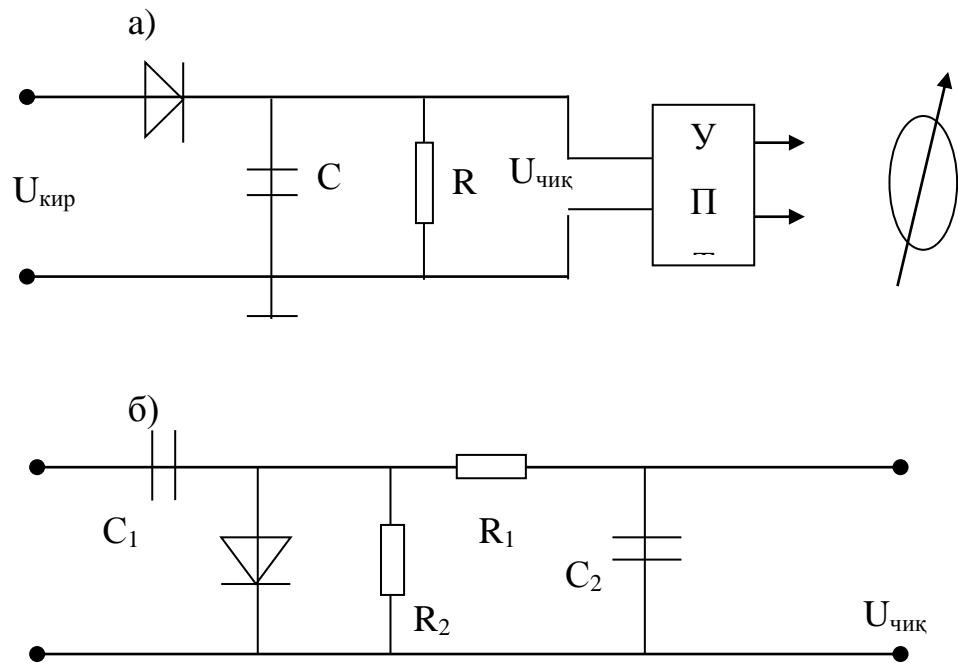
- Калибратор асбобнинг хатолигини камайтириш учун хизмат қилади. У юқори стабил синусоидал кучланиш ишлаб беради. Бу кучланиш асбобнинг киришига берилади ва унинг кўрсаткичлари текширилади. Агарда асбобнинг кўрсатиши калибратор кучланиш катталигидан фарқ қилса, унда тузатиш кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини ўзгартириш орқали амалга оширилади. Электрон вольтметрлар-электр ўлчов асбоблари бўлиб, улар кучланишнинг ўрта тўғриланган, ўрта квадратик ва амплитуда қийматларни ўлчайди.



5.1-расм. Ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишни ўлчовчи вольтметрнинг чизмаси



5.2-расм. Ўзгарувчан кучланишни ўлчовчи вольтметрнинг структуравий схемаси



5.3-расм. Амплитуда детектори схемаси:

а) очик киришли

б) ёпик киришли

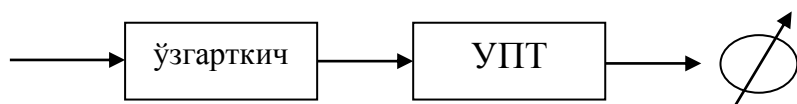
Сигналнинг вақт диаграммаси

Даврий кучланишининг амплитуда қиймати “пик” вольтметри билан ўлчанади. Бу вольтметрда асбобнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталикнинг амплитуда, яъни пик қийматига пропорционалдир.

Асбобда амплитуда детекторидан фойдаланилади. Унинг таркибига хотира элементи кириб, бу элемент кириш сигнаlining амплитуда қийматини эслаб қолади. Хотира элементи сифатида конденсатор ишлатилади.

Пик (амплитуда) детектори очик (5.3а) ва ёпик (5.3б) киришли бўлади.

Агар вольтметр қуйидаги



5.4-расм. Электрон вольтметрнинг умумлашган схемаси

кўринишга эга бўлса, ўзгарткич учун: $U_{\text{кп}}=U_x$;

$$\alpha=k_v U_m$$

k_v - вольтметрнинг ўзгартириш коэффициенти.

Ўрта тўғриланган қиймат вольтметрлари ўзгарувчан кучланишни ўзгармас кучланишига айлантирувчи ўзгарткичдан ташкил топади.

Улар ушбу тузилишга эга:



5.5-расм. Ўрта тўғриланган қиймат вольтметри

V3-36; V3-38; V3-43 русумли ЭВ кўп қўлланилади; ўлчаш чегараси: 3÷300 В частота диапазони: 10кГц÷1000МГц.

Бунда ўлчаш механизми ҳаракатланувчи қисмининг бурилиш бурчаги ўлчанаётган кучланишнинг тўғриланган ўрта қийматига пропорционал бўлади.

Чизиқли вольтметрнинг иш тамойили ушбу ифодага кирган математик операцияларни амалга оширишдан иборат.

$$U_{\text{ўрт.кв}} = K_{\text{ш}} U_{\text{ўрт.т}} \quad (5.8)$$

$$U_{\text{ўрт.т}} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt. \quad (5.9)$$

Бу ерда:

$U(t)$ - ўлчанаётган кучланишнинг оний қиймати.

$U_{\text{ўрт.кв}}$ - ўлчанаётган кучланишнинг ўрта квадратик қиймати.

$U_{\text{ўрт.т}}$ - ўлчанаётган кучланишнинг ўрта тўғриланган қиймати.

$K_{\text{ш}}$ - шакл коэффиценти.

$U(t)$ модулини топиш детектор орқали, интеграллаш ва даврга бўлиш магнитоэлектрик ўлчаш механизми (1) орқали бажарилади. Асбоб шкаласини даражалаш $K_{\text{ш}}$ - шакл коэффиценти ҳисобга олинган ҳолда ўтказилади. Шунга кўра, чизиқли вольтметр билан фақат битта сигнал шаклининг ўрта квадратик қийматини ўлчай олади. Энг кўп тарқалган сигнал шакли бу синусоидадир, чизиқли вольтметр шу сигнал учун даражалангандир.

Шундай қилиб, чизиқли электрон вольтметрлар синусоидал сигналнинг тўғриланган ўрта қийматини сезади, текис шкаладан эса ўрта квадратик қиймат ҳисобланади.

Агар, чизиқли вольтметр киришига носинусоидал кучланиш берилса, унда асбобда (5.8) формулага кўра тўғриланган ўрта қиймат ҳисобланади, кейин (5.8) формула асосида бу қиймат $K_{\text{ш}}$ - синусоидага кўпайтирилади ва кўпайтма асбоб шкаласидан ҳисобланади.

Синусоидал кучланиш учун бу кўпайтма физикавий мантикқа эга эмас. Аммо ундан фойдаланиб, синусоидал кучланиш учун ўрта-тўғриланган қийматни топиш мумкин. Бунинг учун асбоб кўрсаткичи синусоидал сигналнинг шакл коэффициентига кўра бўлиш етарли бўлади. Бу коэффициентнинг $K_{\phi} = 1.11$, бу усул 2 - лаборатория ишида қўлланилади.

Ихтиёрий шаклдаги кучланишнинг ўрта квадратик қийматини ўлчаш учун квадратли вольтметрлардан фойдаланилади, бунда чиқиш кучланиши

$$U_{чик} = kU_{квр}^2; \quad (5.10)$$

$$\alpha = k_v \frac{1}{T} \int_0^T U^2 x(t) dt = k_v U^2 x \quad (5.11)$$

Бундай вольтметр квадратли шкалага эгадир, яъни шкаласи нотекис.

K_v - иш тамойили ушбу ифодага кирган математик операцияларни бажаришга асосланган:

$$U_g = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}; \quad (5.12)$$

Бу ерда:

$U(t)$ кучланишнинг ихтиёрий шаклдаги оний қиймати. T – давр.

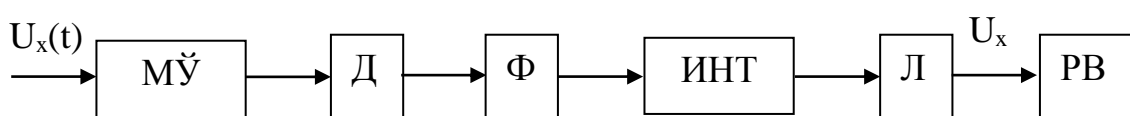
$U(t)$ кучланишни квадратга кўтариш диодли функционал ўзгарткич орқали амалга оширилади, бу ўзгарткич-квадратор дейилади. Интеграллаш ва T -даврга бўлиш магнитоэлектрик тизимидаги ўлчаш механизми орқали амалга оширилади.

Бу механизм токнинг ўрта қиймати таъсир остида ишлайди.

$$Y_{урт} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt; \quad (5.13)$$

Электрон вольтметрларда ўлчаш механизми сифатида асосан магнитоэлектрик микроамперметрлардан фойдаланилади. Бу асбобларнинг тўлиқ оғдириш токи 50, 100 мА, рамка чўлғамининг қаршилиги 500, 1000 Ом оралиғида, рамка чўлғамида кучланишнинг тушиши $25 \text{ мВ} \div 1 \text{ В}$.

Ўзгарувчан кучланиш ва тоқларни ўлчовчи рақамли вольтметрлар мавжуд бўлиб, уларда кучланишнинг ўрта квадратик қиймати ва ўрта тўғриланган қийматини ўлчашда ўзгарувчан кучланиш ўзгармас кучланишга айлантирилади. Бундай РЎВ чизмаси қуйида келтирилган:



5.6-расм. Ўзгарувчан кучланиш ва тоқларни ўлчовчи рақамли вольтметрлар

Бу ерда:

МЎ – масштабли ўзгарткич;

Д – детектор;

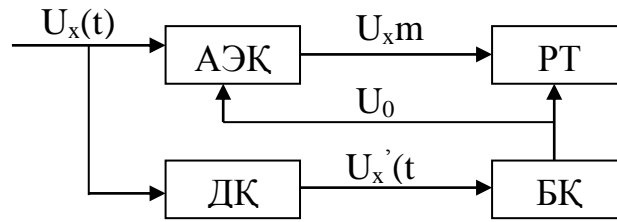
Ф – филтър;

Инт–интегратор;

Л–линеаризатор;

РВ–рақамли вольтметр.

Ўзгарувчан синусоидал ёки импульсли кучланишнинг амплитуда қийматини ўлчаш учун амплитуда анализаторлари ва хотирада сақловчи рақамли вольтметрлар ишлатилади. Айниқса, ўлчанаётган кучланиш амплитудасини хотирада сақлаш усули соддалиги билан фаркланади.



5.7-расм. Амплитуда қийматини эслаб қолувчи рақамли вольтметрнинг тузилиши

Бу вольтметр 0,1-0,2% хатока эга.

Эслаш вақти $t_{эс}$ 10 мкс.

АЭҚ – аналог эслаш қурилмаси

РТ – рақамли табло

ДК – дифференциалловчи қурилма

БҚ – бошқариш қурилмаси

5.4. Ўлчаш воситаларига қўйиладиган метрологик талаблар

Ўзбекистон Республикаси «Метрология тўғрисида»ги Қонунининг 7-моддасига мувофиқ, фойдаланилаётган ўлчаш воситалари белгиланган аниқликда ўлчаш натижаларини қонунлаштирилган бирликларда таъминланиши ва қўллаш шартларига мувофиқ бўлиши керак.

Алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасида қуйидагилар қўлланилади:

- фақат алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасидаги ўлчашлар учун фойдаланиладиган ўлчаш воситалари;
- умумий вазифалардаги ўлчаш воситалари.

Алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасининг метрологик хизматлари фаолиятидаги бош йўналишлардан бири махсус мўлжалланган ўлчаш воситаларини қиёслаш масаласидир.

Алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасида ўлчаш воситаларини, шу жумладан махсус мўлжалланган ўлчаш воситаларини қиёслаш ҳуқуқи Фан-техника ва маркетинг тадқиқотлари маркази қошидаги Асос метрология хизматининг таъмирлаш ва қиёслаш лабораториясига ҳамда алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасидаги хўжалик юритувчи субъектларнинг аккредитлаш соҳасига мувофиқ метрологик хизматларига берилган.

Давлат метрологик назорат ва текширувининг таъсир доирасидан ташқарида бўлган ҳамда телекоммуникация хизматлари ва почта операцияларини кўрсатишда фойдаланиладиган ўлчаш воситалари калибрланиши мумкин.

Физик катталиклар ўлчамларининг бирликлари эталондан ишчи ўлчаш воситаларига узатилиши, ишчи ўлчаш воситаларини қиёслаш (калибрлаш) учун мўлжалланган намунавий ўлчаш воситалари билан амалга оширилади.

Намунавий ўлчаш воситаларини танлаш тартиби тегишли ўлчашлар бирлигини таъминлаш Давлат тизимининг норматив ҳужжатларида белгиланган.

Алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасининг метрология хизматлари ўлчаш воситаларининг у ёки бу турлари учун давлат қиёслаш схемаси бўлмаганда, «Ўзстандарт» агентлигининг метрологик хизматларини кўрсатиш бўйича Республика маркази билан келишилган ҳолда, талаб этилган аниқлик ва эҳтиёжлардан келиб чиқиб, ишчи ўлчаш воситаларидан намунавий ўлчаш воситаларини танлаб олишлари мумкин.

Барча намунавий ўлчаш воситалари қиёслаш ва метрологик шаҳодатлашдан ўтиши шарт.

Намунавий ўлчаш воситалари сифатида қўллаш учун мўлжалланган ўлчаш воситаларини метрологик шаҳодатлаш, фойдаланишдан олдин, четдан келтирилганда, таъмирлашдан сўнг ва намунавий ўлчаш воситаларининг турини ўзгартириш зарур бўлганда ўтказилади.

Ўлчов воситаларининг ишлаш имкониятларини тегишли даражада сақлаш ва тиклаш учун алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасининг метрологик хизматлари ўлчаш воситаларининг муайян хил ва турлари бўйича ўлчаш воситаларининг таъмирлаш ишларини ўтказиш ҳуқуқи учун аккредитланиши керак.

Барча таъмирланган ўлчаш воситалари белгиланган тартибда мажбурий қиёсланиши (калибрланиши) шарт.

Зарурият бўлганда, технологик жараёнларни назорат қилиш учун қўлланиладиган ўлчаш воситалари индикаторлар разрядига ўтказилиши мумкин.

Янги ўлчаш воситаларини сотиб олиш тендер асосида мутахассис - метрологларнинг мажбурий иштирокида ўтказилиши керак.

Янги ўлчаш воситаларини сотиб олаётганда хўжалик юритувчи субъектлар ахборот-коммуникация тармоқларида фақат «Ўзстандарт» агентлигининг ваколатланган органи томонидан берилган, тегишли сертификатлари бўлган ўлчаш воситаларидангина фойдаланишлари мумкинлигини ҳисобга олиниши керак.

6. ЎЛЧОВ ГЕНЕРАТОРЛАРИ ВА ЭЛЕКТР СИГНАЛЛАРНИНГ ШАКЛЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

6.1. Ўлчов сигналлари генераторларига доир умумий маълумотлар ва классификацияси

Маълумки, турли радиотехник элементлар, схемалар, қурилмалар ва тизимларни тадқиқ қилиш, сигнали ва параметрларини ўлчашда турли-туман шакллар, частоталар ва қувватларга эга бўлган стандарт синов сигналлари манбаи талаб қилинади. Мазкур сигналларни тадқиқ этилаётган аппаратурага узатиб, манбани ўлчовлар сифатида қўллаб, электр сигналларнинг қатор параметрларини (гармоник тебраниш частотаси, импульсларнинг давомийлиги ва кузатиш даври, модуляция коэффициенти ва ш.к) ўлчайди: электр занжирларнинг амплитуда – частотавий ва ўтиш тавсифларини олади, шунингдек шовқин коэффициенти ва радиоқабул қилгич қурилмалар сезгирлигини аниқлайди, ўлчов асбобларини даражалайди ёки тестлайди; югурувчи ва тинч тўлқинлар коэффициентларини, ЎЮЧ қурилмалар юкланишини акслантириши ва тўла қаршилиги коэффициентларини аниқлашда ўлчов линияларини таъминлайди. Турли тебранишларнинг бундай манбалари сигналларнинг ўлчов генераторлари (автогенераторлар) деб аталади.

Ўлчов сигналлари генератори – бу метрологик тавсифларга мувофиқ берилган чегараларда меъёрлаштирилладиган частота, вақтли ва амплитудавий параметрларининг маълум шаклдаги радиотехник сигналлари манбаидир.

Ўлчов сигналларининг генераторлари электр тебранишлар, модуляция қуввати ва даражаси маълум чегараларда қайд этиладиган ёки созланадиган экранли манбадир. Улар оддий генераторлардан қатор принципиал фарқларга эга: кенг диапазонларда тебранишнинг чиқиш параметрларини кучланиш ёки

қувватнинг частотаси, шакли, давомийлиги ва даражаси аниқ ўрнатиш ва созлаш имкониятига эга, сигналларни ўрнатиш ва созлашни назорат қилишга имкон берувчи юқори барқарор параметрлар ўрнатилган ўлчов асбобларига эга, ўлчаш ва дастурли бошқаришнинг бошқа воситалари билан ҳамкорликда ишлаши мумкин.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, ўзгармас ток энергиясини электр тебранишлари энергиясига айлантириб берувчи электрон қурилмалар ўлчов сигналларининг генераторлари деб аталади.

Генераторлар Г билан белгиланади ва улар 8 та синфга бўлинади.

- Г1 - ишчи воситаларини текширувчи намуна генератори.
- Г2 - шовқин сигналлари генератори.
- Г3 - паст частотали синусоидал сигнал генератори, частота диапазони – 20Гц – 300кГц
- Г4 - юқори частотали сигнал генераторлари, частота диапазони – 30кГц – 300МГц.
- Г5 - тўғри бурчак шаклдаги импульслар генератори
- Г6 - махсус шаклидаги генератор
- Г7 - ўрта юқори частота (ЎЮЧ) генераторлари ёки частота синтезатори, частота диапазони – 300МГц – 18ГГц
- Г8 - чайқалувчан частотали генераторлари [свип генератор]

Генераторлар махсус асбоблар бўлиб, бу асбоблар чиқиш сигнали параметрларини нормаланган метрологик тавсифлар оралиғида тўғри қўйилишини назорат қилишни таъминлайди. Шундай қилиб, ўлчов генераторлари стандарт радиосигналлар ўлчовидир.

Ўлчов сигналлари генераторларининг асосий вазифаси, турли радиоэлектрон қурилмаларни текширишда, созлашда, параметрларни ўлчашда уларга стандарт сигнални узатишдан иборатдир.

Ўлчов генераторларининг қуйидаги турлари фарқланади:

- паст частотали сигналлар генератори – инфратовуш (лотинча *infra* – паст; эластик тўлқинлар 16 Гц дан паст, уларни киши аъзоси эшитмайди)

частотали (0,01 – 20 Гц), паст частотали ёки паст товушли ва ультратовуш частоталар (20 – 300000 Гц) нинг гармоник модулланмаган ёки модуллашган сигналлар манбаи;

- юқори частотали сигналлар генераторлари – юқори (0,3Гц – 300МГц) ва ўта юқори частоталар (ЎЮЧ, 300 МГц) нинг гармоник модулланмаган ёки модулланган сигналлар манбаи;

- тебранувчан частотали (свип -генераторлар) белгиланган частота полосаси чегараларида частота автоматик ўзгарадиган гармоник сигналлар генератори;

- импульслар генераторлари ёки релакцион генераторлар турли шаклдаги бир (ягона) ёки даврий видео импульс- сигналлар манбаи;

- шовқин ва шовқинсимон сигналлар генераторлари- чиқиш кучланиш статистик тавсифлар билан назорат қилинадиган тасодифий жараёнларни амалга оширишга мўлжалланган электр шовқини ва шовқинсимон сигналлар манбаи.

Чизиқли – ўзгарувчан кучланишлар генераторларини (ЧЎКГ) ажратиб кўрсатиш лозим, улар релаксацион генераторларга оид бўлиб, ўлчов ҳамда ёйилмалар генераторлари сифатида ишлатиш мумкин.

Таъкидлаб ўтиш керакки, гармоник тебранишлар генератори чиқиш сигнали спектрида бир ёки бир неча гармоникалар мавжуд. Релаксацион генераторларнинг чиқиш тебранишлари ўлчанадиган амплитудали кўплаб гармоникаларга эга.

Ўлчов генераторларида реал сигнални имитациялаш учун гармоник тебранишларни модуляциялаш имконияти кўзда тутилган. Модуляция кўринишига кўра генераторлар амплитудали (бир полосали амплитудали), частотали ва фазовий синусоидал амплитудали, частотали ва импульсли модуляцияси, шунингдек импульсли кодли ва шовқинсимон (псевдотасодифий, “псевдо” грек *pseudos* –ёлфон, ёлфондан, сохта) модуляцияли ускуналарга бўлинади.

Ўлчов генераторлар кучланиши (қуввати) нинг чиқиш даражаси калибрланган ва калибрланмаган бўлиши мумкин. Кучланишнинг калибрланган даражаси микровольтнинг 100 биридан то 10 дан бири ва вольт бирлигигача, қуввати эса 10^{-15} Вт дан бир ва ўнлаб микроваттгача ўзгаради. Калибрланмаган даражали генераторнинг чиқиш қуввати бир неча ваттгача етади. Гармоник сигналлар генераторларнинг асосий метрологик тавсифлари частотаси ва чиқиш даражасига белгилаш хатолиги, частота нобарқарорлиги, чиқиш сигналининг модуляциялашдаги параметрлари, мослашган юкламада максимал чиқиш қувватидир.

Импульсли сигналлар генераторлари ягона ёки жуфт импульслар, герцнинг бир қисмидан то юзлаб мегагерцгача такрорланадиган частотали тўғрибурчакли импульслар, уларнинг давомийлиги наносекунднинг бир бўлагидан то бир неча секундгача ва амплитудага милливольтдан то ўнлаб вольтгача, пачкасини ва даврий кетма-кетлигини шакллантиради.

Махсус шаклли сигналлар генераторлари кучланишнинг учбурчакли ва бошқа шаклларни вужудга келтиради.

Ўзгармас ток энергиясини электр тебранишлари энергиясига айлантириб берувчи электрон қурилмалар генераторлар деб аталади.

Генераторлар Г балан белигиланади ва улар 8 та синфга бўлинади.

Г1- ишчи воситаларини текширувчи намуна генератори.

Г2- шовкин сигналлари генератори.

Г3 - паст частотали синусоидал сигнал генератори - 20Гц - 300кГц

Г4 - юқори частотали сигнал генераторлари - 30кГц - 300МГц

СВЧ 300МГц-18ГГц

Г5 - тўғри бурчак шаклдаги импульслар генератори

Г6- махсус шаклидаги генератор

Г7 - ўрта юқори частота генераторлари ёки частота синтезатори

Г8- чайқалувчан частотали генераторлари [свип генератор]

Генераторлар махсус асбоблар бўлиб, бу асбоблар чиқиш сигнали параметрларини нормалланган метрологик тавсифлар оралигида тўғри

қўйилишини назорат қилишни таъминлайди. Шундай қилиб, ўлчаш генераторлари стандарт электрсигналлари ўлчовидир.

Ўлчаш генераторларининг асосий вазифаси турли радиоэлектрон қурилмаларни текширишда, солашда, параметрларни ўлчашда уларга стандарт сигнални узатишдан иборатдир.

Генераторларнинг схемада белгиланиши.

Г – генератор лотинча G.

Ўзгарувчан ток генератори ёки синусоидал сигналлар генератори.

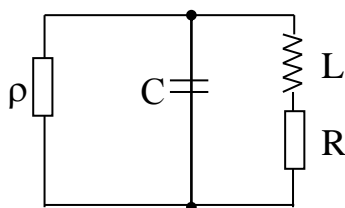
«аррасимон» – тебранишлар генератори.

«тўғри бурчакли» импульслар генератори.

Паст частота генераторлари.

Алоқа қурилмаларининг амплитуда, частота, модуляция ва нозизиқлилик тавсифларини олишда паст частота генераторлари синус сигналлари манбаи бўлиб хизмат қилади. Бундан ташқари, улардан индуктивлик, частота, фаза, тўлиқ қаршилиқни ўлчашда фойдаланилади.

Пчг – LC ва RC генераторларига бўлинади. Улар синусоидал тебранишлар генераторидир. Электр тебранишлари электрон генераторининг эквивалент схемаси расмда кўрсатилган. Агар LC резонанс контуридаги L ғалтакнинг актив қаршилиги R нолга тенг бўлган идеал ҳолни олсак, бундай занжирда пайдо бўлган ток тебранишлари сунмас бўлади.



6.1 – расм. LC генераторининг чизмаси.

Пчг диапазони 20-20000 Гц. Агар бу диапазон юзлаб килгерцларни эгалласа, бундай Г товуш ва ультратовуш генератори дейилади.

Ишлатиладиган частотасига қараб генераторлар: асосий тебранишлар генераторларига ва тепкили тебранишлар генераторига бўлинади.

Индуктивлик реал ғалтаги ҳамма вақт R қаршиликка эга. Демак, LC типдаги реал занжирда сўнмас тебранишлар ҳосил қилиши учун индуктивлик ғалтагининг мусбат актив қаршилиги R ни манфий қаршилик ёрдамида йўқотиш керак, бунинг учун мусбат тескари алоқадан фойдаланилади. Генераторда сўнмас тебранишлар пайдо бўлиши, яъни генератор уйғотилиши учун иккита шарт бажарилиши лозим.

Фазалар баланси шarti, яъни бунда тескари боғланиш ва кириш кучланишлари фаза бўйича мос бўлади.

Амплитудалар баланси шarti: тескари буғланиш кучланишининг миқдори кириш кучланишига тенг ёки ундан катта бўлади.

Агар генератор схемасида бу икки шарт бажарилса ва бу мусбат тескари боғланиш реактив элемент – сиғим ёки трансформатор орқали амалга оширилса, схемада сўнмас синусоидал тебранишлар вужудга келади.

LC – генераторда частота тебраниш контурининг индуктивлиги ва сиғими билан аниқланади.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{1}{Q^2}}; \quad (6.1)$$

яъни

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \quad (6.2)$$

Q – контур юхори асликка эга бўлса
ифода соддалашади

f - герцларда

L - генриларда

C - фарадаларда

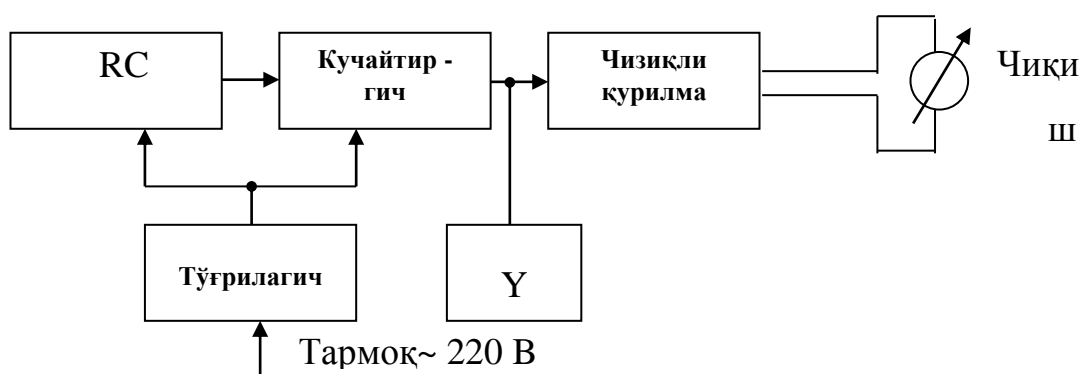
RC генераторлар.

RC генераторлар гармоник тебраниш генераторларидир. Бундай генераторларда генерацияни амалга ошириш учун керак бўлган мусбат тескари боғланиш занжирига кирган резисторлар қаршилиги ва конденсаторлар сиғими катталиклари орқали генератор частотаси аниқланади.

RC генераторининг асосий блоки ўз-ўзидан уйғонувчи генератордир. Бундай генератор сифатида кучайтириш коэффициенти k – бўлган икки

каскадли кучайтиргичдан фойдаланилади. Частота танлаш мақсадида ишлатиладиган RC филтрлардан бири Вин кўпригидир.

Бу кучайтиргич частота боғланишли тескари манфий алоқа занжирига эга. Мусбат тескари алоқа маълум частотали тебранишларни генерациялайди. Манфий тескари алоқа эса генерацияланадиган диапазон бўйича генератор ишини барқарорлаштиради.



6.2 – расм. RC генераторнинг блок чизмаси.

Тескари боғланиш кучланишлари кучайтиргичнинг киришига Вин кўприги ёрдамида узатилади.

Кучайтиргичнинг мусбат тескари алоқа коэффициенти:

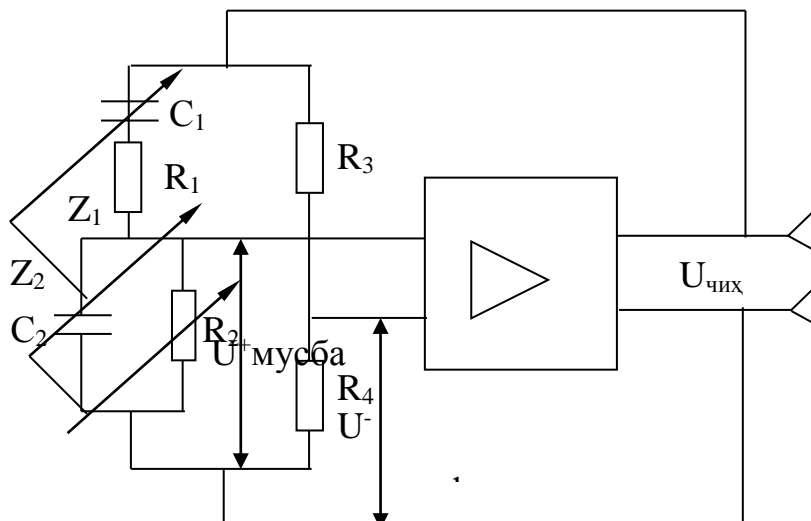
$$\gamma = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}; \quad (6.3)$$

Манфийси эса

$$\beta = \frac{R_4}{R_3 + R_4}; \quad (6.4)$$

$$K_{\text{теск алоқа}} = \frac{K}{1 - K(\gamma - \beta)}; \quad (6.5)$$

Кучайтиргичнинг киришдаги натижавий кучланиш эса мусбат ва манфий тескари боғланиш кучланишлари «0» га тенг бўлади.



6.3 – расм. Вин кўприги фойдаланилган RC – генератор чизмаси.

Тескари алоқали кучайтириш коэффициенти қуйидагичадир.

$$U_{кир} = U_{мусбат} - U_{манфий} = \gamma \cdot U_{чик} - \beta \cdot U_{чик} = (\gamma - \beta) \cdot U_{чик}; \quad (6.6)$$

Маълумки, чиқиш кучланишининг кириш кучланишига нисбати кучайтириш коэффициентиدير.

$$K = \frac{U_{чик}}{U_{кир}} = \frac{U_{чик}}{U_{чик}(\gamma - \beta)} = \frac{1}{\gamma - \beta} \quad (6.7)$$

(6.5) ва (6.7) лардан (6.8) ларга эга бўламиз.

$$K(\gamma - \beta) \geq 1; \quad (6.8) \quad \text{бу генерация шартидир}$$

Юқорида айтилгандек генерация юзага келиши учун кириш ва чиқиш кучланишлари фаза бўйича мос бўлишлари керак.

Кўплик $R_3 = 2R_4$ бўлганда мувозанатда бўлади. R_3 ва R_4 кўпликни мувозанат шартидан аниқлайди.

$$Z_1 R_4 = Z_2 R_3$$

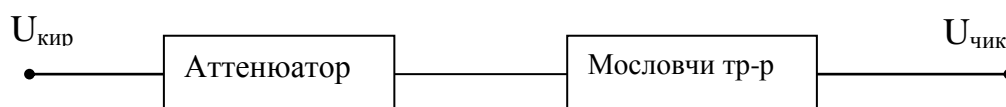
$R_1 = R_2 = R$ ва $C_1 = C_2 = C$ хисобга олган ҳолда Z_1 ва Z_2 ни ўрнига қўйиб

$$2R_4 + i\omega C R R_4 + \frac{R_4}{i\omega C R} = R_3; \quad (6.9)$$

Бундан кўринадики, $R_3 = 2R_4$ частотада кўприк мувозанатда бўлади. Тебранишлар генерацияланган пайтда тескари алоқа коэффиценти $\beta = 1/3$, $\gamma = 1/3$ га тенг бўлади.

Мусбат тескари алоқа манфий тескари алоқа билан тўлиқ мувозанатлашади. Шунинг учун кучайтиргичнинг кириш қисмидаги натижавий кучланиш $U_{кир} = 0$ бўлади. Бу шароитда генерация юзага келмайди.

Бу қарама-қаршилик R_3 қаршиликни $2R_4$ дан каттароқ қилиб танлаш йўли билан ҳал қилинади. Бунда $\beta_1 < \gamma$ дан сал кичикроқ бўлади. Кўприк мувозанати озроқ бузилади ва генерация юзага келади. Генерацияланган тебранишлар синусоидал кўринишда бўлади, чунки бундай ҳолда кучайтиргич чизиқли режимда ишлайди. Генераторнинг чиқиш қурилмаси – чиқиш кучланиши керакли катталиққа қуйиш вазифасини бажаради. Бундан ташқари, ўлчов генераторнинг чиқиш қаршилиги билан юкланиш қаршилигини мослаш учун хизмат қилади. Шунга кўра, у даражаланган аттенюатор, яъни сусайтиргич ва мословчи трансформатордан иборатдир.



6.4 – расм. RC – генераторнинг тузилиши.

Тепкили тебранишлар генератори RC генераторлардан мураккаброқдир.

Улардан турли акустика, радиотехник қурилмаларининг частота тавсифларини автоматик ҳолатда ёзиб олишда фойдаланилади.

1. Частотаси: стабиллашган кварцли генераторлар.

Ҳозирги замон радиотехник ва кўпканалли электр алоқа қурилмаларига қатъий талаблар қўйилмоқда. Бу аппаратура ва қурилмаларни назорат қилиш ва созлаш учун частотали барқарор бўлган генераторлар керак. Бундай талабларга кварц резонаторли ўлчов генераторлари жавоб беради.

2. Импульс сигналли генераторлар:

Алоқа техникасида телевидения, электрон – ҳисоблаш машиналарда, радиолакация ва телеметрияда импульсли қурилма ва чизмаларни текшириш ва созлашда ҳамда кенг полосали кучайтиргичларда ўтиш тавсифларини тадқиқ қилишда кучланишнинг импульс кўринишдаги тўғри бурчакли транссимон шакли синов сигналларидан фойдаланилади.

Импульсли ўлчов генераторлари шундай сигналлар манбаидир. Юқори ва ультра юқори частота генераторлари:

Бу ўлчов генераторлари сўнмас ёки модуляцияланган тебранишлар манбаидир.

бундай генераторлар – радио қабул қилгичлар, кучайтиргичлар, телевизион қурилмалар, антенна, кабел, алоқа линияларини созлаш ва синаш учун ишлатилади.

Юқори частота генераторлари

Ультра юқори частота генераторлари эса 20-30 дан 3000 МГц гача бўлган диапазонни қоплайди.

Ўта юқори частота генераторлари.

-1000 МГц частотада ишлайди ва радиорелели алоқа линиясида телевизион ретрансляция қурилмаларида фойдаланилади.

Чайқалувчи частота генераторлари (свиппгенераторлар)

- ўзгарувчан кучланиш манбаидир, частотаси бирон қонун асосида автоматик ҳолатда ўзгаради.

7. ЭЛЕКТР СИГНАЛЛАРНИНГ ШАКЛЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

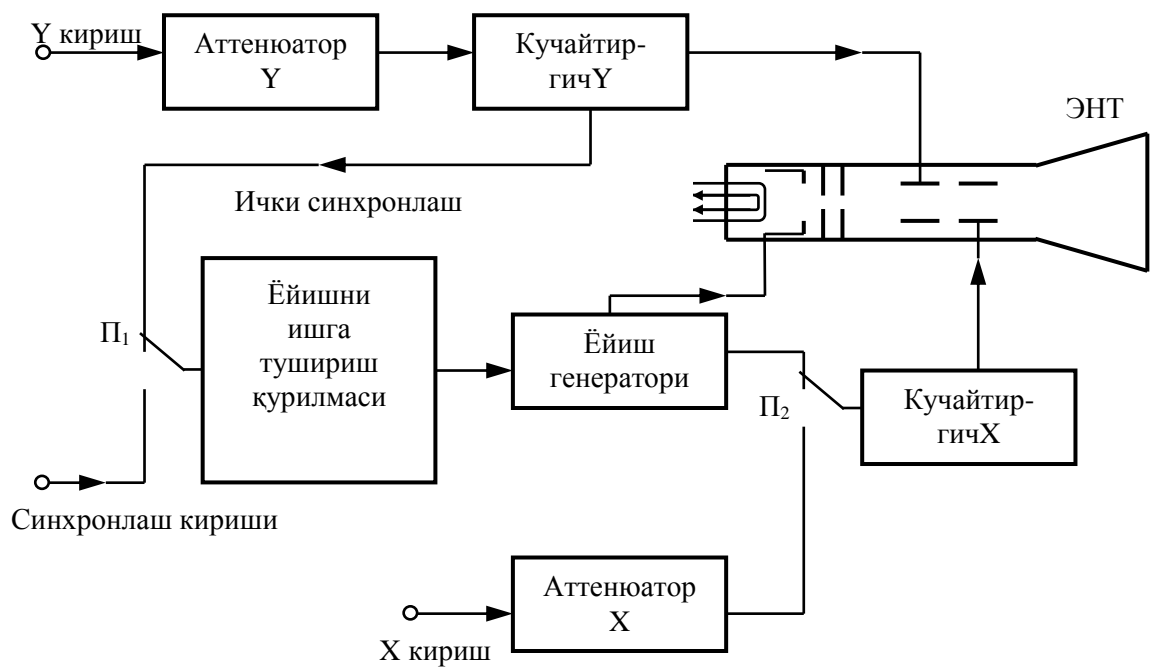
7.1. Осциллографлар тўғрисида умумий тушунчалар

Универсал электрон осциллограф ёрдамида узлуксиз ва импульсли даврий жараёнларни, электр тебранишларининг амплитуда ва даврийлигини, кучланиш ва ток эгриси тактини текшириш, тебранишлар частотасини, фазалар фарқини ўлчаш, ундан ташқари, турли қурилмаларнинг амплитуда, фаза, вольт-ампер тавсифларини ўрганиш мумкин.

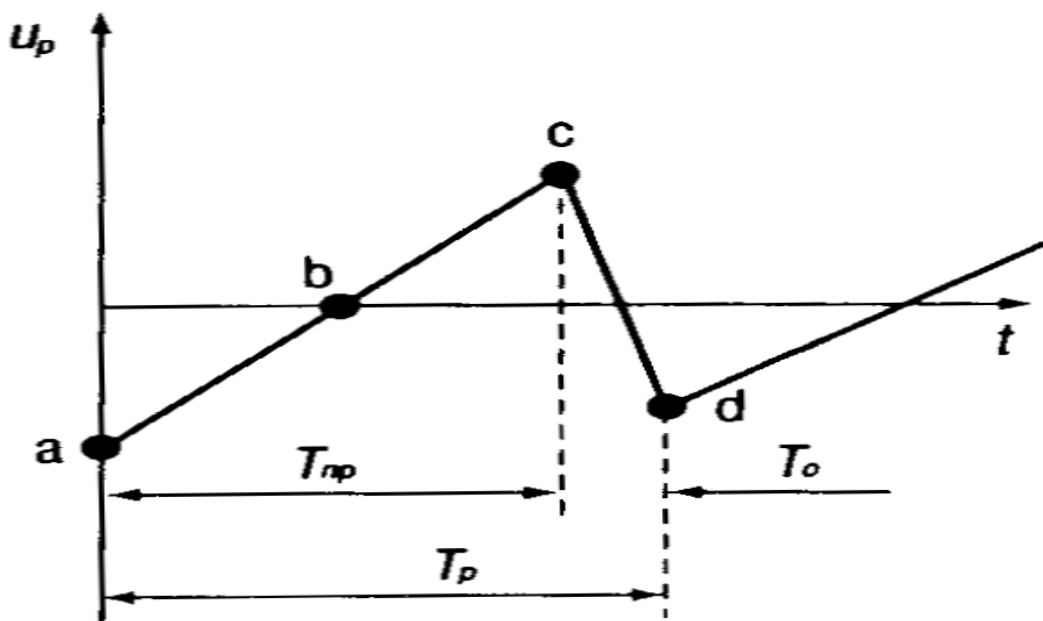
Универсал осциллографнинг соддалаштирилган структуравий схемаси 7.1-расмда берилган. Тадқиқ қилинаётган сигнал кучайтиргич Y киришига аттенюатор орқали берилади. Сигнал кучайтиргич чиқишидан ЭНТ нинг нурни вертикал оғдириш пластиналарига берилади. Аттенюатор катта амплитудаларга эга бўлган сигналлар билан ишлашда зарурдир.

Нурнинг горизонтал йўналишида кўчириш учун ёйиш генератори хизмат қилади, ундан кучланиш кучайтиргич X орқали горизонтал оғдириш пластинасига келади. Ёйиш генераторини бошқариш учун ёйишни ишга тушириш қурилмаси кўзда тутилган. Ёйиш генераторини, зарурат бўлганда, узиш ва P_2 алмашлаб улагични пастки ҳолатга ўтказиб, ташқи сигнални X нинг кириши орқали горизонтал оғдириш пластиналарига бериш мумкин.

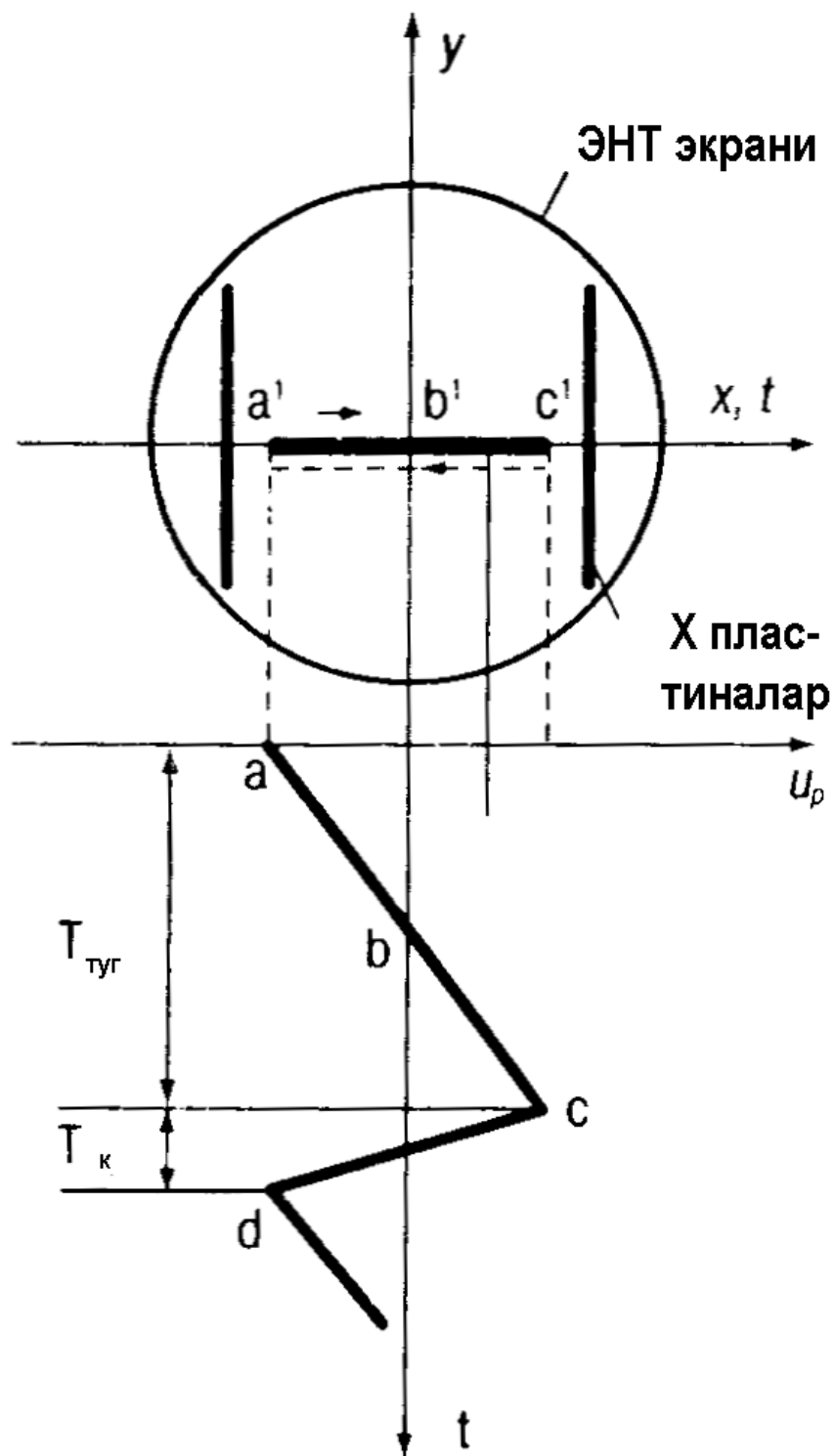
Тадқиқ қилинаётган сигналнинг осциллограммасини ҳосил қилиш учун ЭНТ экранидаги ёруғ доғнинг горизонтал ва вертикал йўналишлардаги ҳаракатини бошқариш лозим.



7.1-расм. Универсал осциллографнинг содалаштирилган тузилмавий схемаси.



7.2-расм. Ёйма генератор кучланишининг шакли.



7.3-расм. Ёйма чизиғининг ҳосил бўлиши.

Графикнинг а-с участкасида ёйиш кучланиши U_ε чизиқли ўсади. U_ε минимал қийматидан максимал қийматигача ўзгаришига кетадиган вақт $T_{тўғ}$ ёйишнинг тўғри йўли вақти деб аталади. T_k вақт давом этадиган с-d участка ёйишнинг қайтиш йўлига мос келади. $T_{тўғ}$ ва T_k вақтлар ёйиш вақти T_ε ни ташкил этади. Агар U_ε ни, сигнални вертикал оғдириш пластиналаридан узиб, горизонтал оғдирувчи пластиналарга берилса, ЭНТнинг электрон дастаси фақат горизонтал текисликда оғади. Бунда экрандаги ёруғланувчи доғ ушбу кетма-кетликда кўчади. Максимал манфий кучланиш U_ε да (7.3-расмдаги а нукта) ёруғланувчи доғ экранда энг четки чап вазиятни (а' нукта) эгаллайди. U_ε чизиқли ошиб борганида доғ секин-аста б' нуктага кўчади ва U_ε нинг қутби ўзгарганидан сўнг с' нуктага кучади. а'-с' участкада доғнинг ҳаракат тезлиги ўзгармас бўлади, чунки U_ε чизиқли қонун бўйича ўсади ва

$$h = \frac{IU_{огши}}{2aU_{ан}}$$

кучланиш орасида чизиқли боғланиш мавжуд. с' нуктага етганидан сўнг, доғ тескари йўналишда кўча бошлайди.

Қайтиш йўли $T_k > T_{тўғ}$ вақтда амалга ошади, шу сабабли доғнинг тескари йўналишдаги ҳаракат тезлиги каттадир. Доғнинг қайтиш йўли вақтидаги ҳаракат траекторияси 7.3-расмда шартли равишда бироз пастга кўчирилган штрихли чизиқ билан кўрсатилган. Аслида нур тескари томонга ўша йўналишда ҳаракатланади. Осциллограммани ҳосил қилиш учун U_T нинг тўғри юриш участкасида (а-с) чизиқлилиги муҳим аҳамиятга эга, тескари юриш йўли (с-d)да U_ε нинг шакли принципиал аҳамиятга эга эмас. Муҳими, қайтиш йўли вақтини иложи борича минималлаштириш керак.

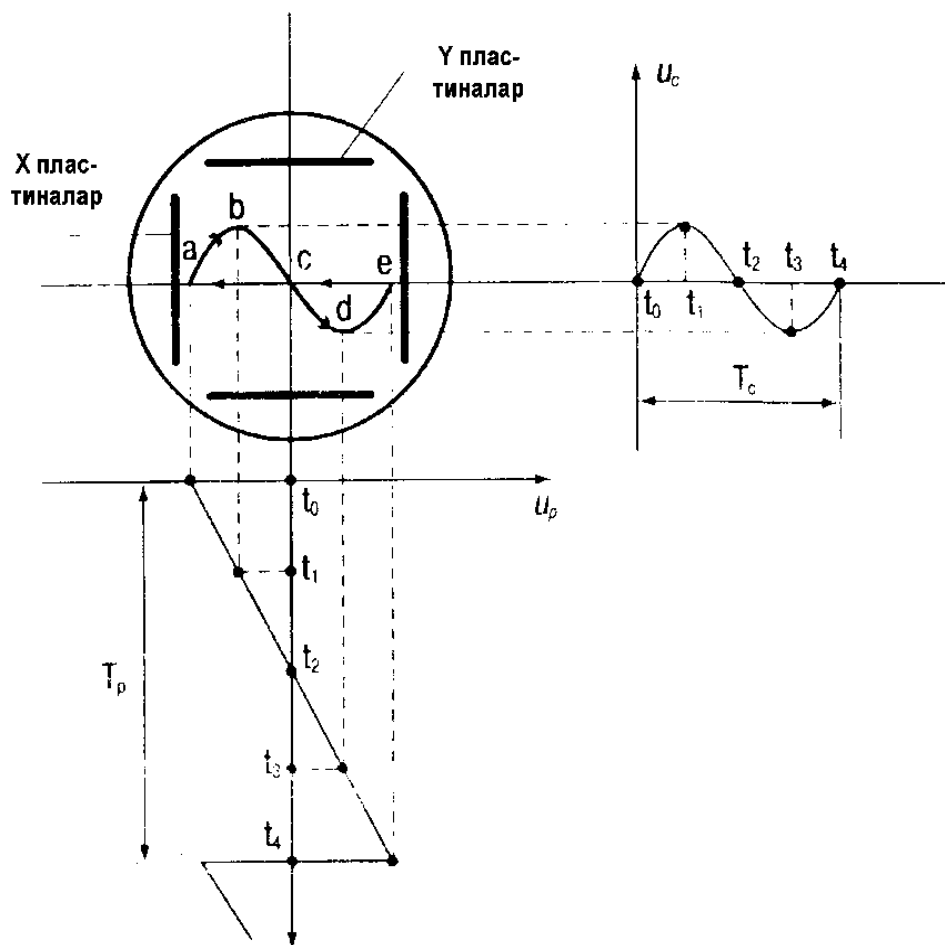
Шундай қилиб, U_ε ни горизонтал пластиналарга берилишида х ўқи бир вақтда вақт ўқи t ҳам бўлади, шу билан бирга ёруғланувчи доғнинг ҳаракат тезлиги а'-с' участкада ўзгармас бўлганида t ўқи бўйича масштаб ўзгармас бўлади. u_ε шаклининг тўғри юриш интервалида бузилиши ёйилишининг ночизиқлигини юзага келтиради, бу эса доғнинг экран бўйлаб нотекис ҳаракат тезлигида ва осциллограмманинг бузилишида намоён бўлади.

Ҳаракатнинг нотекислиги x ўқи бўйича масштабнинг нотекислигини юзага келтиради, бу эса сигнал параметрларини баҳолашни қийинлаштиради.

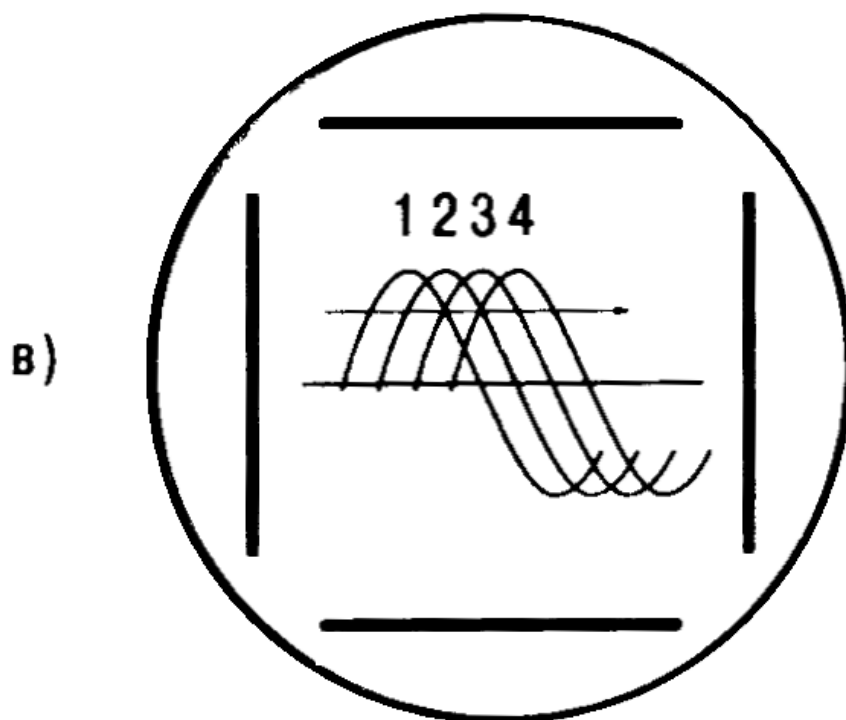
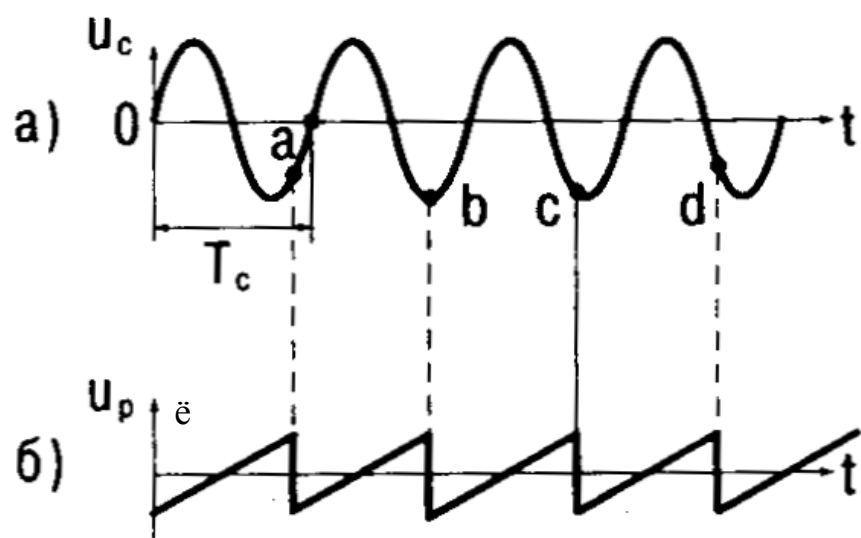
Иккита ёйиш кучланиши (U_ϵ) ва сигналнинг (U_c) мос равишда x ва y пластиналарда таъсири остида ЭНТ экранида тасвирнинг ҳосил бўлиши кўрсатилган. Осциллограммани ясашда аррасимон ёйиш кучланишининг даври сигнал даврига тенг. Тескари йўл даври эса нолга тенг бўлади, деб қабул қилинган. Ёйиш даври чегаралари 7.4-расмда t_0 , t_1 , t_2 , t_3 ва t_4 билан белгиланган тўртта тенг интервалга бўлинган. t_0 моментда $u_c=0$, u_ϵ максимал манфий қийматга эга ва ёруғ а нуқтада жойлашган t_1 , моментда u_c сигнал кучланиши максимал мусбат қийматга эга, u_ϵ эса аррасимон кучланиш кулочининг $\frac{1}{4}$ га тенг на доғ b нуқтада бўлади, ЭНТ экранида c , d ва e нуқталарнинг вазиятларини шунга ўхшаш йўл билан топиш мумкин.

Ёйиш тугалланганидан сўнг, ёруғланувчи доғ e -а тўғри чизик бўйича оний равишда бошланғич ҳолатига қайтади (7.4-расмда T_k нолга тенг деб қабул қилинган). Доғнинг тўғри ва тескари йўллари вақтидаги ҳаракати стрелкалар билан кўрсатилган. Ёйишнинг навбатдаги цикларида осциллограмманинг ҳосил бўлиши яна шундай бўлади, шу билан бирга осциллограмманинг барча нуқталари 7.4-расмдаги осциллограмманинг мос нуқталари билан устма-уст тушади. Шундай қилиб, кузатувчи экраннинг бир хил жойларига қўйилган осциллограммалар сериясини кўради. Кўриш образида қайд қилинган бундай бирламчи осциллограммалар сони ёйиш даврига, люминофорнинг сўнг ёруғланиш узунлигига (давомийлигига) ва одамнинг кўриш хотирасига боғлиқ.

Айрим осциллограммаларнинг устма-уст қўйилиши ва кўзғалмас тасвирнинг ҳосил бўлиши 7.4-расмни тузишда қайд қилинган шартга, чунончи $T_c=T_\epsilon$ бўлишига боғлиқ. Бу ҳолда исталган даврий сигнал вақт бўйича интервалларга бўлинади ва уларнинг чегараларида сигнал «кесмалари» айнан бир хил бўлади.



7.4-расм. ЭНТ экранда тасвирнинг шаклланиши.



7.5-расм. Ёйма частотасининг карралиги бузилганда тасвирнинг шаклланиши.

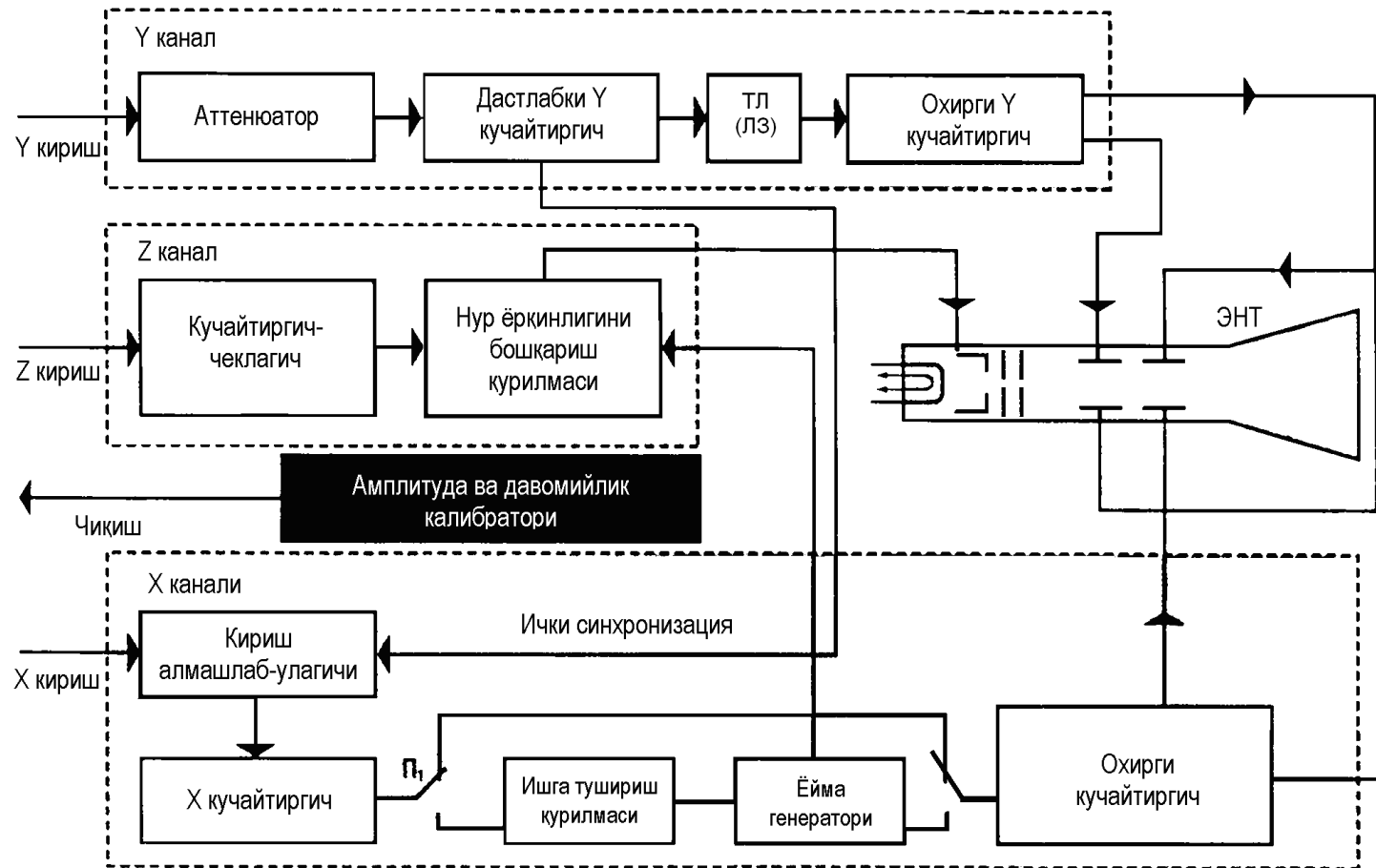
Осциллограммалар бир-бирига мужассамланганда ягона кўзғалмас тасвир ҳосил бўлади. $T_{\epsilon} = nT_c$ бўлганда ҳам осциллограмманинг тасвири шунга ўхшаш ҳосил бўлади. Агар n - бутун сон бўлса, у ҳолда ёйишнинг битта даврида сигналнинг n та даври жойлашади. Осциллограмма 7.4-расмда тасвирланган осциллограммадан сигналнинг x ўқи бўйлаб қўйилган даврлари сони (2, 3 ва ундан кўп) билан фарқ қилади. $T_{\epsilon} = nT_c$ шарти ёйма даври T_{ϵ} ни сигналнинг каррали даврига тенг қилиб танлаш зарурлигини билдиради.

Ёйиш ва сигнал частоталарининг карралиги бузилганида осциллограф экранда тасвирнинг шаклланиши 7.5-расмда кўрсатилган. Синусоидал шаклдаги тебранишдан иборат сигнал даври (7.5-а расм) $T_c > T_{\epsilon}$. Ёйишнинг биринчи циклида (7.5-б расм) экранда осциллограмма синусоиданинг оа нуқталар орасидаги кесмаси, иккинчи циклида ab кесма билан, учинчисида bc кесма билан ва ҳ.к. тасвирланади. 1, 2, 3, 4 осциллограммаларнинг кетма-кет пайдо бўлиши стрелка билан кўрсатилган йўналишда тасвирнинг ҳаракатланиш тасвирини беради. Ёйиш даври сигнал давридан қанча катта бўлса, осциллограмманинг ҳаракат тезлиги шунча каттадир. $T_c < T_{\epsilon}$ бўлганда осциллограмма қарама-қарши йўналишда, яъни ўнгдан чапга томон ҳаракатланишини кўрсатиш мумкин. Шундай қилиб, кўзғалмас осциллограммани ҳосил қилиш учун ёйиш даврини (частотасини) сигнал даврига (частотасига) каррали қилиб олиш зарур. Осциллограф конструкциясида бундай имконият назарда тутилган. Бироқ ёйиш частотасини оддий танлаш етарли эмас. Сигнал ва ёйиш кучланишлари турли манбалардан келиши сабабли ва генераторларнинг нотурғунлиги туфайли бирор вақтдан сўнг ўрнатилган даврлар тенглиги бузилади. Бундай масала, осциллограф ёйиш генераторини тадқиқ қилинаётган сигнал частотаси билан ёки частотаси тадқиқ қилинаётган сигнал частотасига (каррали) тенг бўлган махсус сигнал билан синхронлаштирилгани-дагина ҳал этилиши мумкин. Структуравий схемада синхронлаш сигналининг узатилиши кўрсатилган, бунда синхронлаш сигнали ёйишни ишга тушириш қурилмасига кучайтиргич Y дан келади, бу ташқи синхронлаш режимидир. 7.1-расмда

ёйиш генераторини ЭНТ модулятори билан уловчи занжир кўрсатилган. Бу занжир ёйилманинг тескари йўли е-с-а да электрон дастани ёпиш учун хизмат қилади. Қайтиш йўл чизиги экранда халақитни юзага келтиради. $T_k=0$ бўлган идеал ҳолатда нур е нуқтадан а нуқтага бир онда кўчади ва тескари юриш чизиги ёрқинлиги нолга тенг бўлиши керак. Амалиётда тескари йўл вақти узунлиги нолга тенг бўлиши мумкин эмас, электрон нур тескари йўл вақтида чекли тезлик билан кўчади ва аниқ кўринадиган тескари юриш йўлини юзага келтиради. Шу сабабли осциллографларда электрон нурни тескари йўл вақтида мажбурий ёпиш (ўчириш) қўлланилади, бунинг учун ёйиш генераторидан трубка модуляторига махсус сўндирувчи импульслар берилади.

Турли типдаги осциллографларнинг структуравий схемалари бир-биридан баъзи жиҳатлари билан фарқланиши мумкин, бироқ улар 7.6-расмда тасвирланган умумлашган схемага асосан мос келади. Осциллограф учта канал X, Y ва Zга эга. Y канал вертикал оғишни бошқаради ва аттенюатор, дастлабки ва охириги кучайтир-гичлар, секинлатиш линиясига эга. Секинлатиш линияси сигнални секинлаштириш учун хизмат қилади, бу эса баъзан импульсли сигналларни кузатишда зарурлиги кейинроқ кўрсатилади.

X канал кириш алмашлаб улагич, кучайтиргич X, ишга тушириш қурилмаси, ёйиш генератори ва охириги кучайтиргич Y га эга. Кириш алмашлаб улагичи ё синхронлаш сигнални дастлабки кучайтиргич Y дан уланишини, ёки сигнални чиқиш қисқичи X дан берилишини таъминлайди. X нинг киришига ё ташқи синхронлаш сигнали ёки тадқиқ қилинаётган сигнал берилиши мумкин. Осциллограф ёйиш генератори билан ишлаётганда Π_1 , ва Π_2 алмашлаб улагичлар пастки ҳолатига ўрнатилади, синхронлаш сигнали ёйишни ишга тушириш қурилмасига узатилади. Охириги кучайтиргичдан аррасимон кучланиш ЭНТ нинг x пластиналарига келади. Π_1 ва Π_2 ни юқори ҳолатига ўрнатилганида ёйиш узилади. Бу ҳолда сигнал чиқиш X дан кириш алмашлаб улагичлари ва кучайтиргичлар каскади орқали ЭНТ га келади.



7.6-расм. Универсал осциллографларнинг умумлаштирилган схемаси.

Z-канал ЭНТ нурунинг ёрқинлигини бошқариш учун хизмат қилади. Кучайтиргич-чеклагич ва нур ёрқинлигини бошқариш қурилмасини ўз ичига олади. Сигнал унинг чиқишидан ЭНТ модуляторига келади. Сигнал параметрларини ўлчашлар аниқлиги-ни ошириш учун осциллограф таркибига амплитуда ва давомийлик калибратори киритилади. Калибратор сигнали, одатда, осциллографнинг олд панелига чиқарилган бўлади ва улаш кабели ёрдамида канал Y киришига берилиши мумкин.

7.2. Унверсал ва рақамли осциллографларнинг иш тамойиллари

Рақамли осциллографларнинг яратилиши ва қўлланилиши осциллографлаш техникасининг кескин яхшиланишига сабаб бўлди.

Рақамли осциллографларда тадқиқот қилинаётган аналог сигнал кириш блокада Аналог-рақамли ўзгартиргич ёрдамида рақамли шаклга ўзгартирилади ва дискретли хотирада эслаб қолинади. Хотирада сақланган сигнал уни экранда кўрсатилиши учун фойдаланилиши мумкин. Рақамли осциллографлар бир вақтда экранда сигнални кузатиш имконини ҳамда унинг параметрлари-нинг сонли қийматларини юқори аниқликда олиш мумкин. Бунда ўлчашни бевосита оддий осциллограф экранидан катталиқни миқдоран ҳисоблаб олиш мумкин. Чунки сигнал параметрлари бевосита осциллограф киришида ўлчанганда вертикал оғдириш каналидан ўтгандагидан аниқроқ ўлчанади. Рақамли осциллограф қурилмаларида сигналнинг тўлиқ рақамли ишлови амалга оширилади. Матрицали экранларнинг қўлланилиши рақамли осциллографларнинг ўлчамлари ва массасини камайтиради, юқори кучланиш манбаларидан фойдаланишни чеклайди.

Рақамли осциллографларда ўлчаш натижалари учта усул асосида амалга оширилади:

- Сигнал тасвирини кузатиш билан параллел холда экранда сигналнинг сонли параметрлари таблода аксланади.
- Сигнал тасвирига оператор бир вақтда ёруғлик белгиларини шундай келтирадики, бунда ростлашнинг мос қийматида пара-метрнинг катталиги аниқланади.
- Тадқиқ қилинаётган сигналлар ва рақамли маълумот тасвирини шакллантиришнинг махсус индикаторлари ва растрли усулидан фойдаланилади.

Рақамли осциллографларда экран индикаторида тасвирнинг оптимал ўлчамлари автоматик равишда қўйилади. Рақамли автомат-лаштирилган осциллографнинг тузилиш схемаси қуйидагилардан иборат: кириш сигнали аттенюатори; вертикал ва горизонтал оғиш кучайтиргичлари; амплитуда ва вақт интервалларини ўлчагичлар; сигнал ва ўлчагичлар интерфейси; микропроцессорли контроллер; ёйма генератори; синхронлаш схемаси ва электрон-нурли трубка.

Замонавий рақамли осциллографнинг техник характеристикалари:

- ўтказиш соҳаси 0...100 МГц;
- экран ўлчами 80x100мм;
- рақамли ўлчашлар хатолиги 1...3%.

Рақамли осциллографнинг функционал имкониятлари: тасвир ўлчамларини автоматик равишда қўйиш, автоматик синхронлаш, икки белги орасида айирмалли ўлчашлар, сигналлар амплитудаси кўлами, максимуми ва минимум импульслар даври, давомийлиги, паузаси, фронти ва пасайишини автоматик ўлчаш, умумий каналга кириши. Рақамли осциллографлар аниқликни оширишдан ташқари, ўлчаш жараёнини тўлиқ автоматлаштириш, иш тартибини масофавий бошқариш, маълумотга математик ва мантиқий ишлов бериш имконини беради.

Рақамли осциллографнинг соддалаштирилган тузилиш схема-си қуйидагилардан иборат: процессор, АРЎ, интерфейслар, таймер, контроллер,

амплитуда ва вақт интервалларини ўлчагич, оператив эслаб қолиши ва акс эттириш қурилмаси (7.7-расм). Схемада кўриши мумкинки, тадқиқ қилинаётган сигналнинг амплитуда ва вақт параметрлари асбобга ички ўрнатилган ўлчагичлар ёрдамида аниқланади. Ўлчаш маълумотлари асосида микропроцессор оғиш ва ёйманинг керакли коэффициентларини ҳисоблайди ва интерфейс орқали акс эттирувчи қурилмада белгилайди.

Бу индикаторда тасвирнинг вертикал ва горизонтал ўлчамлари ўзгармас бўлишини таъминлайди.

Процессор контроллер орқали олдинги панелдаги бошқарув органлари жойлашувини сўрайди ва сўров маълумотлари кодлан-ганидан сўнг яна контроллерга келади, у эса автоматик ўлчашнинг мос келувчи режимини ишга туширади.

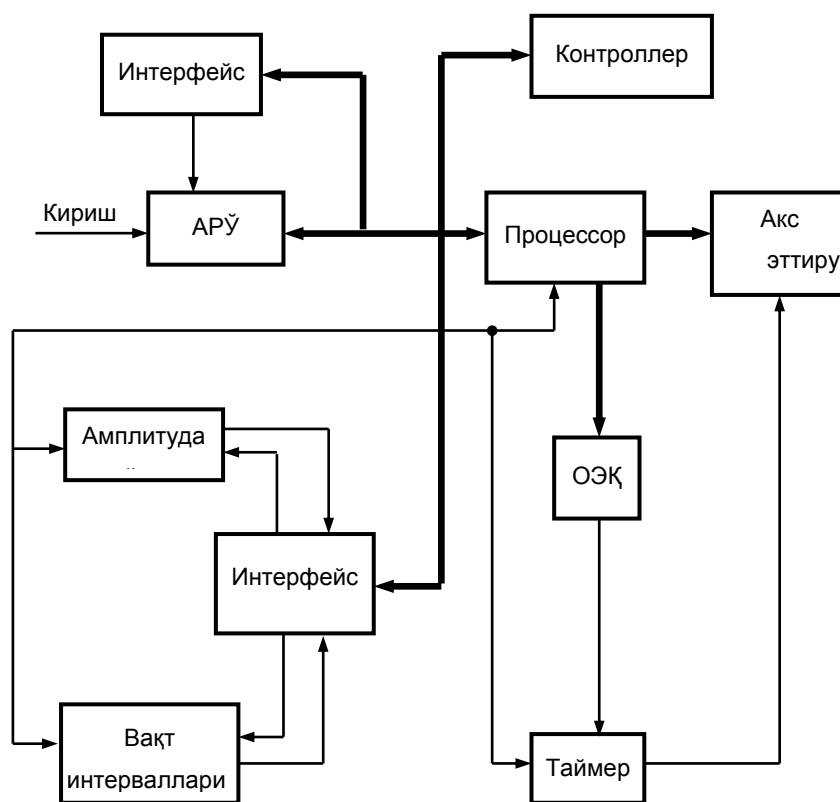
Ўлчашлардан олинган натижалар акс эттирувчи қурилмада кўрсатилади, бунда амплитуда ва вақт параметрлари бир вақтнинг ўзида ёритилади.

Бошқариш блокига сигналли микропроцессорни киритилиши рақамли осциллографнинг функционал имкониятларини оширади. Тадқиқ қилинаётган сигналнинг ихтиёрий қийматларини рақамлаш-тириш имкони бўлади, шу жумладан сигналнинг спектрал характе-ристикасини, корреляцион функциясини, эҳтимоллик зичлигининг тақсимотини олиш ва акслантиришни ва бошқалар қўлланилади.

Ҳозирги замон микропроцессор техникасини рақамли осциллограф таркибига киритилиши сигнални тадқиқот қилишда юзага келадиган барча функционал масалаларни ечиш имконини беради. Ҳозирги вақтда кўплаб фирмалар (Hewlett-Packard, Agilent Technologies) аралаш сигналли рақамли осциллографларнинг янги серияларини ишлаб чиқармоқда. Ушбу серияга соҳа ўтказувчанлиги 350 МГц ва 500 МГц бўлган моделлар киради ва бунда дискретланиш ўта юқори частотага – секундига 2 миллиард танлан-мага эга бўлади.

Осциллографлар 16 МБайтгача бўлган MegaZoom хотира билан жиҳозланган.

Янги осциллографлар қулай фойдаланувчан интерфейсга эга, бошқарилиш қулай бўлган тугма ва ростлагичлар олдинги панелда жойлашган, ўша ерда параллел ва кетма-кет RS232 киритиш ва чиқариш портлари ва ички дисководнинг слоти жойлашган. Осциллографлар CAN, USB, I2C ва SPI протоколларни қўллайди. Экранда маълумотларнинг тезкор янгиланиб туриши юқори тиниқликдаги вектор туридаги ёрқинлиги 32 градацияли дисплей асосида таъминланади. Юқори техник тавсифлари ва кенг интерфейс имкониятлари туфайли ишчи соҳаси 500 МГцли янги осциллографлардан асбобсозликда юқори тезликдаги иловалар учун ҳамда алоқада, саноат автоматикасида, мудофаа ва аэрокосмик соҳаларда фойдаланиш мумкин.



7.7-расм. Рақамли осциллографнинг тузилмавий чизмаси.

7.3. Универсал С1-220 турдаги осциллограф техник характеристикаларининг тафсилоти ва қиёсланиши

Осциллографнинг блок схемаси 6.8-расмда келтирилган.

Осциллографнинг соҳа ўтказувчанлиги 20 МГц, максимал сезгирлиги 1 мВ/бўл, ёйишнинг минимал коэффиценти 0,2 мкс/бўл. Ўн марта чўзиш учун 20 НС/бўл бўлган ёйиш вақтини ўрнатиш имконияти мавжуд. Осциллограф 6-дюмли (12,5 см) тўғрибурчакли электрон нурли ички қизил шкалали трубкага эга. Бошқарилиши қулай ва юқори даражадаги эксплуатацион ишончлиликага эга.

Осциллограф куйидаги хусусиятларга эга:

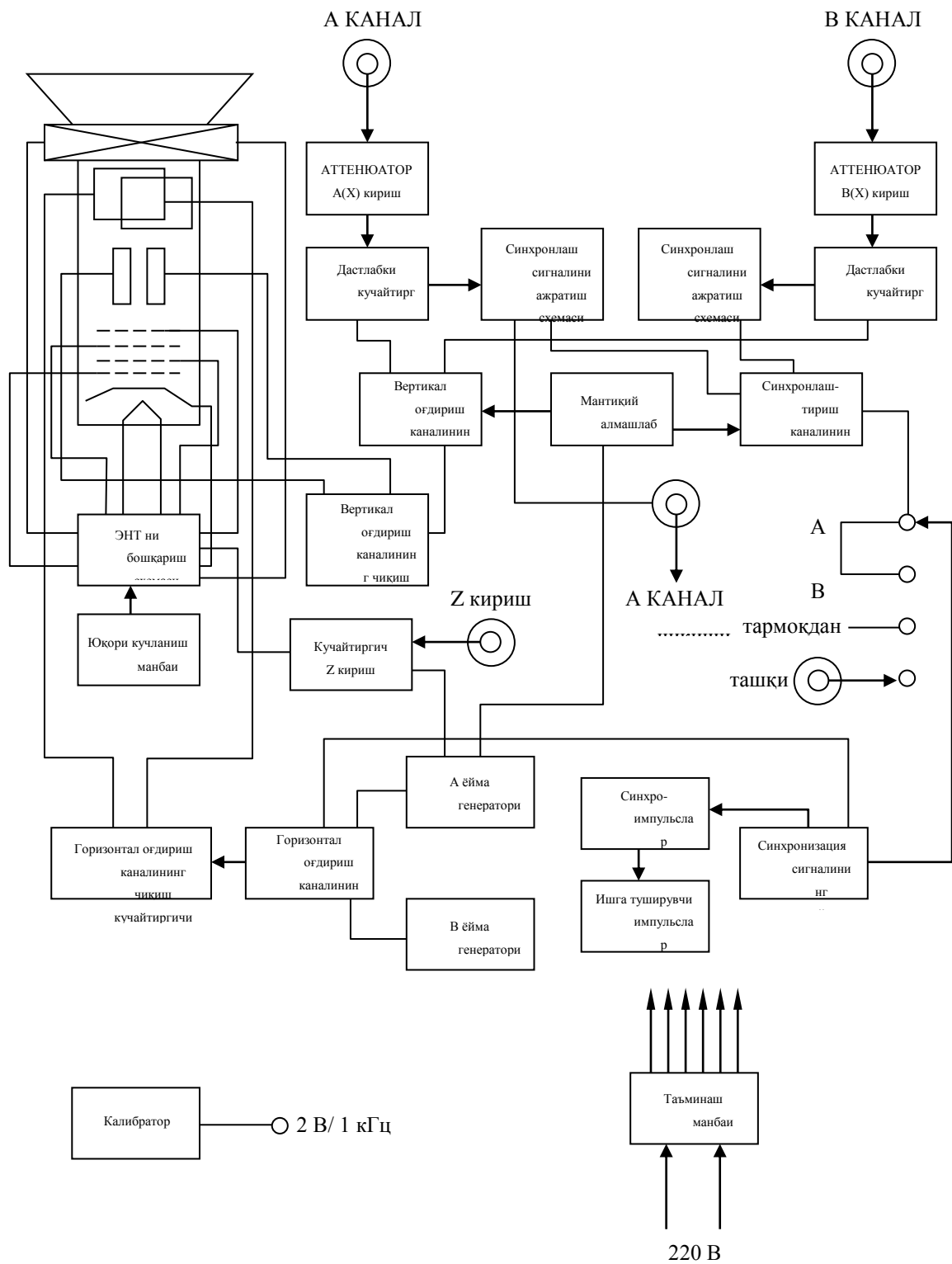
- ёритишнинг юқори интенсивлиги, тезлаштириш учун юқори кучланишнинг мавжудлиги ҳисобига ҳатто, ёйманинг юқори тезликларида ҳам аниқ тасвир олиш мумкинлиги.

- кенг соҳа ўтказувчанлиги ва юқори сезгирлиги, 20 МГц соҳа ўтказувчанлиги ва 5 МВ/бўл (1 МВ/бўл, қўшимча 5 марта қўшимча кучайтириш) сезгирликни таъминлаши.

- жамланган сигнал билан синхронлашуви. Бир вақтга иккита турли частотали сигнал тадқиқ қилинганда ҳам бузилмас синхронлашга эришиш мумкинлиги.

- ТВ-синхронланиши. Осциллограф ТВ кадр ва ТВ-сатр бўйича автоматик синхронлаш учун синхронлаш фильтрига эга.

- А канал сигналининг чиқиши: 50 Ом чиқишли А канал сигнали частотомернинг ва бошқа турдаги ўлчаш воситаларининг уланиши учун фойдаланилиши мумкин.



7.8-расм. С1-220-турдаги икки каналли универсал осциллографнинг блок схемаси

- Z-кириш: Сигнал ёрқинлигининг мусбат даражали сигнал билан бошқарилиши, масалан ТТЛ-логикадан.

- X-У режими: Осциллограф X-У режимига ўтказилганда А-канал X-ўқи сифатида, В-канал кириш У-ўқи сифатида фойдаланиш.

Осциллограф қуйидаги техник характеристикаларга эга. Вертикал оғдириш каналига оид техник маълумотларни келтирамиз.

- Вертикал оғдиришнинг ҳар бир канали 5 мВ/бўл.дан 5 В/бўл.гача бўлган оғдириш коэффициентига эга.

- Осциллограф 2,5 мартабадан кам бўлмаган ҳолда, кучайтиришнинг текис ростланишини таъминлайди.

- А ва В каналлар оғдириш коэффициентлари асосий хатоларининг йўл қўйиладиган қийматлари:

5 мартаба кучайтириш ўчирилганда: $\pm 3\%$,

5 мартаба кучайтириш уланганда: $\pm 5\%$.

- Осциллографнинг киришдаги пробниксиз соҳа ўтказувчанлиги 20 МГц – 5 – мартабалик кучайтириш узилганда ва оғдириш коэффициентлари 5 мВ/бўл ва 5 В/бўл учун.

5-мартабалик кучайтириш уланганда 7 МГц бўлади.

- Осциллограф комплектидаги 1:10 бўлган бўлгич уланганда.

Осциллографнинг соҳа ўтказувчанлиги:

Бўлгичнинг 1:1 ҳолатда – 6 МГц, Вольт/бўл алмашлаб улагичнинг барча ҳолатларида.

Бўлгичнинг 1:10 ҳолатида: ўчирилган кучайтиришда оғдириш коэффициентларининг 5 мВ/бўл ва 5В/бўл қийматлари учун 7 МГц.

- Вертикал оғдиришнинг ҳар бир канали ўтиш характеристикасининг параметрлари восита киришда 5 мВ/бўл дан 5 В/бўл оғдириш коэффициентлари учун қуйидагилардан кўп бўлмайди: 5-мартаба кучайтириш ўчирилганда 17.5 НС 5-мартаба кучайтириш уланганда 50 НС.

- Кучайтиргич каналларининг ҳар бир киришидаги параметрлари: -
1:10 бўлгич билан: актив қаршилик $10 \text{ MOM} \pm 2\%$; кириш сиғими $25 \pm \text{п Ф}$.

Пробниксиз: актив қаршилик $1 \text{ MOM} \pm 2\%$ кириш сиғими $45 \pm 4 \text{ пФ}$.

- Осциллограф кириш кучайтиргичи қуйидаги боғлиқлик режимини таъминлайди: - Ёпиқ кириш – вертикал оғдириш кучайтиргичининг киришига частотаси 10 Гц дан юқори бўлмаган сигналларнинг ўтиши. – Очик кириш – вертикал оғдириш кучайтиричининг киришига доимий ташкил этувчини ҳисобга олган ҳолда, барча частоталар соҳаси бўйича сигналларнинг киришини. – кучайтиргич кириши корпусга туташтирилган ушбу ҳолда кучайтиргич киришига сигнал узатилмайди.

- Осциллограф кучайтиргичнинг қуйидаги режимларини таъминлайди. А,В, А ва В каналлар бўйича сигналларнинг кузатилишини.

Сигнал А ва В каналлар бўйича кузатилганда кетма-кет ва ёки алмаштириш режимларида ишлаш мумкин. Коммутаторнинг алмашлаб улаш частотаси, алмаштириб улаш режимида, тахминан 250 КГц бўлади.

А ва В каналларнинг очик ва ёпиқ киришларида А+В жамлаш. Кучайтириш каналларининг ҳар бир алоҳида киришларида 1 КГц. дан юқори бўлмаган ўзгарувчан ва ўзгармас кучланишларнинг йўл қўйиладиган йиғинди қиймати ташкил этади:

- 1:10 бўлгич билан – 600 В дан ортиқ эмас,

- пробниксиз – 300 В дан кўп эмас.

- Синфаз сигналларнинг сусайтириш коэффиценти 50 КГц ли сигнал учун ва А ва В каналларнинг тенг сезгирлигида 50:1 ташкил этади.

- Алмашлаб улагичнинг Вольт/бўл ҳолатларидаги каналлар орасидаги узиш (ажратиш) коэффиценти. (5 МВ/бўл бўлганда)

- 1000 дан кам эмас, кириш сигналининг частотаси 50 КГц бўлганда,

- 30 дан кам эмас, кириш сигналининг частотаси 20 МГц бўлганда.

Ёйма кучайтиргичига оид маълумотлар:

- Осциллографнинг ёйма коэффициенти 1;2;5 кетма-кетликда, 02 МКс/бўл дан 0,5 сек/бўл гача қийматлар қабул қилади.

- Осциллограф ёймани қўшимча 10 маротаба чўзишни (20 нС/бўл) таъминлайди.

- Ёйиш коэффициенти асосий хатолигининг йўл қўйиладиган қиймати ташкил этади:

± 3% - ўчирилган чўзишда,

± 5% - уланган чўзишда (20 нС/бўл ва 50 нС/бўл қийматлар инобатга олинганда).

Синхронлаштиришга доир маълумотлар тавсили: Осциллограф ёймани ишга тушириб юбориш бўйича қуйидаги режимларни таъминлайди:

- авто – автоматик, синхронлаш даражасини кўлда ўрнатиш, (частотаси 25 Гц дан кам бўлмаган сигналлар учун),

- ждуц – кутиш,

- кадр – ТВ-кадрлар бўйича синхронлаш.

- строк – ТВ-сатр бўйича синхронлаш.

Осциллограф қуйидаги манбаалардан синхронлашни таъминлайди:

- А-каналда сигнал билан синхронлаш (В-каналда), бир каналли режимда;

- А-каналда сигнал билан синхронлаш (В-каналда), икки каналли режимда ва кириш сигналларини жамлаш режимида;

- А-канал ва В-каналда сигнал билан синхронлаш учун, икки каналли режимда ва кириш сигналларини жамлаш режимида;

- тармоқдан синхронлаш;

- ташқи манбаадан синхронлаш.

Осциллограф синхронлаш сигналининг кутбини ўзгартиришни таъминлайди. Ички синхронлаш кириш сигналининг қуйидаги даражаларида таъминланади:

- кириш сигналининг 20 Гц ... 2 МГц частоталар диапазонида 0,5 бўл.кам бўлмаган:

- кириш сигналининг 2 МГц ... 20 Гц частоталар диапазонида 1,5 бўл.

- ТВ сигнал билан, синхронлаш импульсининг 1 В дан кам бўлмаган амплитудасида.

- ташқи синхронлаш кириш сигналининг қуйидаги даражаларида таъминланади:

- кириш сигналининг 20 Гц ... 2 МГц частоталар диапазонида 200 мВ;

- кириш сигналининг 2 МГц ... 20 МГц частоталар диапазонида 800 мВ.

Ташқи синхронлашнинг кириш параметрлари:

- актив қаршилик 1 МОм \pm 2%.
- кириш сифими 45 \pm 4 пф.

Ташқи синхронлаш киришидаги ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишнинг йўл қўйиладиган йиғинди қиймати 300 В дан юқори эмас, бунда ўзгарувчан кучланиш частотаси 1 кГц қийматдан ортиши керак эмас.

Осциллограф Х-У кириш режимини таъминлайди. Ушбу ҳолда Х-ўқининг кириши бўлиб А-каналга узатиладиган сигнал ҳисобланади. У-ўқининг кириши бўлиб В-каналга узатиладиган сигнал ҳисобланади. Ўтказиш соҳасининг кенглиги 0...500 кГц ни ташкил этади. 50 кГц ли частотадаги фаза силжиши $\pm 3^0$ диапазонни эгаллайди.

Z-киришига таалуқли бўлган маълумотларни келтираемиз. Осциллограф, кириш сигналининг ёрқинлик модуляциясини Z-киришга мусбат кучланиш берилганда амалга оширади.

Z-киришнинг сезгирлиги 5 В ни ташкил этади, ушбу кучланишда ёритиш ёрқинлиги нолга тенг бўлади. Ёритиш ёрқинлиги, узатилган кучланиш камайса, ортади ва максимумига “0” вольтда эришади. Ушбу

режимда соҳа ўтказувчанлиги 2 МГц ни ташкил этади. Z-киришдаги ўзгармас ва ўзгарувчан кучланишнинг йўл қўйиладиган йиғинди (жамланган) қиймати 30 Вольтдан ортиқ бўлмайди, бунда, ўзгарувчан кучланишнинг частотаси 1 кГц дан ортмаслиги керак.

Ёрқинликнинг ташқи модуляцияли киришининг актив қаршилиги 47 кОм \pm 2% кам бўлмайди.

Калибраторнинг параметрлари (1:10 бўлгичларни калибрлаш учун мўлжалланган) қуйидагича:

Сигнал шакли – Меандр, мусбат кутбли

Частотаси - $1 \pm 0,02$ кГц

Тўлдириш коэффициенти – 48:52 чегарада

Амплитуда - $2 \pm 0,04$ В

Чиқиш қаршилиги - ≈ 1 кОм.

Электрон – нурли трубка бўйича маълумотлар:

Экран тури – 6 дюймли тўғрибурчакли

Фасфор – Р 31

A-коднинг тезлаштириш кучланиши = 2 кВ

Экраннинг ички қисми 8X10 бўл (1 бўл = 10 мм)

Шкала – ички

Нурнинг бурилиши – таъминланади.

Умумий бўлган параметрларни келтираемиз.

- Осциллограф ўзининг техник характеристикаларини 15-минутли қиздиришдан кейин норма чегараларда таъминлайди.

- Осциллографнинг параметрлари ўзининг техник характеристикаларига тармоқдан, 230 В \pm 15% ва частотаси $50 \pm 0,5$ Гц (гармоникалар 5 %) кучланиш билан таъминлаганда мос келади.

- Ўзгарувчан кучланиш тармоғидан номинал кучланиш билан таъминланганда осциллограф сарфлайдиган қувват 45 ВА ни ташкил этади.

- Осциллограф эксплуатациянинг ишчи шароитларида узлуксиз 8 соат ишлатилишини таъминлайди.

- Берилган техник характеристикалар кафолатланадиган ишчи ҳарорат диапазони $10 \div 35^{\circ} \text{C}$ эгаллайди ва бунда ҳавонинг нисбий намлиги 85% гача бўлиши керак.

Ўлчамлари (мм): 350 (кенглиги) x 190 (баландлиги) x 190 (қалинлиги).
Вазни: ≈ 8 кг. Сақланиш ҳарорати – 10 дан $+ 70^{\circ} \text{C}$, намлик 70% (максимум) бўлганда.

7.1 - жадвал
Осциллограф комплекти

Номи	Сони (дона)
Осциллограф иккиканалли С1-220	1
Тармоқ шнури	1
Фойдаланиш бўйича йўриқнома	1
Бўлгич – пробник (1:1/1:10)	2

Универсал осциллографларни қиёслашни ГОСТ 8.311-78 аниқлайди. Ушбу стандартга мувофиқ ҳолда қуйида қиёслаш методикасини аниқловчи умумий талаблар, баъзи қиёслаш тадбирларининг характери хусусияти ва тавсия этиладиган қиёслаш воситалари келтирилади. Стандарт тавсия қилинган намуна ўлчаш воситаларидан ташқари, бошқа янги ишлаб чиқилган ёки қўлланилаётган ўлчаш асбоблари, ўрнатилган тартибда метрологик аттестациядан ўтган ва ўлчаш хатолиги қиёсланадиган ўлчаш воситасининг 1/3 йўл қўйиладиган хатолигидан кўп бўлмаган ўлчаш воситаларидан фойдаланишга йўл қўйилади. Қиёслаш ГОСТ 22261-82 ўрнатган нормал шароитларда ўтказилади: қиёслашни ишчи шароитларда ўтказишга йўл қўйилади, агар, бунда намуна ва қиёсланадиган ўлчаш воситалари

хатоларининг нисбати ёмонлашмаса. Стандарт қиёслашнинг қуйидаги тадбирларини белгилайди: ташқи кўрик, синаб кўриш, нур чизиғининг кенглигини аниқлаш, оғдириш ва ёйиш коэффициентларининг хатоларини аинқлаш, кучланиш ва вақт интервалларини ўлчаш хатоларини аниқлаш, ўтиш ва амплитуда-частотавий характеристикаларини аниқлаш. Нур чизиғи кенглигини вертикал ва горизонтал йўналишларда аниқлаш билвосита ўлчаш усули билан калибрланган амплитудали тўғрибурчакли генераторлар ёрдамида бажарилади. Осциллографнинг автотекраниш режимида оғдириш ва ёйиш коэффициентларининг ўрта қийматларида ЭНТ экранида иккита горизонтал чизиқ кузатилади. Ушбу чизиқлар вертикал оғдириш каналининг киришига берилган импульсли кучланишнинг нолинчи ва максимал даражасига мувофиқ бўлиши керак. Ундан кейин, импульслар амплитудасини камайтириш йўли билан киришда горизонтал чизиқларнинг бир-бирига тегиш моменти кузатилади. Генератор шкаласи бўйича ҳисобланган импульслар амплитудасининг қийматларини ўрнатилган оғдириш коэффициентига бўлинади ва вертикал йўналиш бўйича нур чизиғининг кенглиги олинади. Горизонтал йўналишда ҳам худди шундай иккита вертикал чизиқлар тасвири олиниб юқорида келтирилган амаллар бажарилади.

Бунинг учун вертикал оғдириш каналининг киришига аррасимон кучланиш берилади, горизонтал оғдириш каналининг киришига кучайтириш режимида импульсли генератор кучланиши берилади. Горизонтал бўйича шкала калибровкасини амалга ошириб бўлимга вольтларда генератор импульсларининг амплитудасини камайтиради, бунда, вертикал чизиқларнинг кесишув моментлари белгиланади. Генератор бўйича ҳисобланган импульслар амплитудасининг горизонтал бўйича ўрнатилган оғдириш коэффициентига бўлиб горизонтал йўналиш бўйича нур чизиғининг кенглиги олинади. Нур чизиғининг кенглиги ЭНТ ишчи участкасининг ўртасида ва чегараларида аниқланади.

Оғдириш коэффициентининг хатолигини аниқлаш, импульслар генератори ёрдамида (калибрланган амплитудали) оғдириш коэффициентининг ҳақиқий қийматини билвосита ўлчаш усули билан бажарилади ёки вольтметрларни қиёслаш қурилмаси ёки осциллограф калибратори ёрдамида бажарилади. Ички ишга тушириш режимида оғдириш коэффициентининг максимал қийматида тасвир баландлигини ўлчаш бажарилади. Тасвир баландлиги ЭНТ вертикал бўйича шкаласининг барча жуфт бўлинмаларига тенг бўлиб, ўлчашда намуна ўлчаш воситаларида кучланишнинг мос қийматлари ўрнатилади. Хато, ўрнатилган оғдириш коэффициенти билан олинган қийматларини солиштириб баҳоланади. Ушбу коэффициентнинг барча бошқа қийматлари учун ўлчашлар, сигнал тасвири баландлигининг жуфт бўлинмалар сонига тенг бўлган ва экран ишчи участкасининг 60-100% ташкил этганида бажарилади.

Кучланишнинг ўлчаш хатолигини аниқлаш, кучланишни бевосита ўлчаш усули билан намуна воситалари билан шаклланган калибрланган амплитудали импульслар генератори, вольтметрларни қиёслаш қурилмаси, осциллограф калибраторлари билан аниқланади. Ўлчашлар, оғдириш коэффициентининг барча қийматларида ва осциллограф билан ўлчанадиган кучланишлар диапазоннинг камида бешта нуқтасида, иккита чегаравий қийматни кўшган ҳолда бажарилади. Кучланишни ўлчашда қиёсланувчи ўлчаш воситасининг норматив-техник хужжатларида кўрсатилган методикасидан фойдаланилади. Ўлчаш хатолиги осциллограф ёрдамида кучланишнинг ўлчанган қийматларини намуна ўлчаш воситаларида ўрнатилган мос қийматлари билан солиштириб аниқланади.

Ёйиш коэффициентининг хатолигини аниқлаш ёйиш коэффициентининг ҳақиқий қийматини сигналлар генератори, импульслар генератори, электрон-ҳисобли частотомер ёки осциллографлар калибратори ёрдамида билвосита ўлчаш усули билан бажарилади. Ёймани ишга тушириш режими-ички. Ўлчашлар оғдириш коэффициентининг ўрта қийматида

ўтказилади. Ёйиш коэффициентининг хатолиги унинг ўрнатилган қийматини намуна ўлчаш воситасида олинган қийматга солиштириш орқали аниқланади. Ёйиш коэффициенти горизонтал бўйича шкала узунлигининг барча қийматлари учун аналогик ҳолда аниқланади. Ўлчашлар ёйиш коэффициентининг барча фмсацияланган қийматлари учун бажарилади.

Вақт интервалларининг ўлчаш хатоларини аниқлаш намуна ўлчаш воситалари томонидан синуссимон ва импульсли кучланиш шаклида берилган вақт интервалларини бевосита ўлчаш усули билан бажарилади. Ўлчашлар, қиёсланадиган ўлчаш воситасининг норматив-техник хужжатида ўрнатилган методикага мос ҳолда, ёйма коэффициентининг барча қийматлари учун оғдириш коэффициентининг ўрта қийматларида ва осциллограф билан ўлчанаётган вақт интерваллари диапазонининг энг камида бешта нуқтасида иккита четки қийматларни қўшган ҳолда бажарилади. Ўлчаш хатолиги кучланиш даврининг ўлчанган қийматларини унинг намунавий прибор бўйича ҳисобланган қийматларига солиштириш билан баҳоланади.

Вертикал оғдириш каналининг ўтиш характеристикаси параметрларини аниқлаш, синов импульслари генератори ёрдамида бевосита ўлчашлар усули билан бажарилади. Синов импульсларининг параметрларига бўлган талаблар ГОСТ 8.311-78 иловасида келтирилган. Уларнинг асосийси бўлиб синалаётган импульс фронти t_{ϕ} -билан t_{ψ} -ўтиш характеристикасининг ўсиш вақти орасидаги муносабат ҳисобланади: $t_{\phi} \leq (0,1-0,3) t_{\psi}$.

Ўлчашлар, ёйманинг ташқи ишига тушириш режимида ёйма коэффициентининг минимал қийматида ўтиш характеристикасининг параметрларини ЭНТ экрандаги тасвири бўйича бевосита ҳисоблаш йўли билан бажарилади: ўсиш вақти, ўрнатиш вақти, четланишлар, оғдириш коэффициентининг барча фиксацияланган қийматлари учун синов импульсларининг мусбат ва манфий кутбларидаги нотекикликлар.

Вертикал оғдириш каналининг амплитуда-частотавий характеристиканинг параметрларни аниқлаш, инфрапаст, паст, юқори частота генераторлари ва вольтметр ёрдамида АЧХ ни олиш йўли билан бажарилади.

Частотанинг ўзгаришида ва кириш сигналининг назорат қилинадиган ўзгармас даражасида ЭНТ нинг вертикал шкаласида вертикал оғдириш каналининг чиқиш кучланиши олинади. Нуқталар сони ва частотанинг дискрет ўзгарувчанлиги қиёсланадиган ўлчаш воситасининг норматив-техник хужжатларидаги талабларга мос келиши керак. АЧХ параметрлари-частоталарнинг нормал ва кенгайтирилган диапазони, соҳа ўтказувчанлиги, нотекислиги-оғдириш коэффициентининг барча фиксацияланган қийматлари учун аниқланади. Шунини таъкидлаш жоизки, кўпинча, АЧХ ни олиш методикаси рационал ҳисобланади, у бўйича вертикал оғдириш каналининг чиқиш кучланишининг ўзгармаслиги сақланади, яъни, вертикал бўйича тасвир ўлчашининг ўзгармаслиги, частотанинг ўзгаришида кириш сигналининг ўзгариши фиксацияланади. Ушбу ҳолда, кириш кучланишини ўлчаш учун шкаласи децибелларда даражаланган шкалани вольтметрдан фойдаланиш қулай бўлиб, АЧХ нотекислигини баҳолашни сезиларли тарзда онсонлаштиради.

Оғдириш ва ёйиш коэффициентлари ҳамда кучланиш ва вақт интервалларининг фоизларда ифодаланган асосий нисбий хатолиги (7.1) ифодадан ҳисобланади:

$$\delta_A = \frac{A_{ном} - A_{хак}}{A_{ном}} \cdot 100, \quad (7.1)$$

Бу ерда $A_{ном}$ – параметрнинг номинал қиймати;

$A_{хак}$ – параметрнинг ҳақиқий қиймати.

Нур чизиғи кенглигининг, ўсиш вақти ва вертикал оғдириш канали ўтиш характеристикасининг ўрнатилиши ҳамда унинг соҳа ўтказувчанлиги уларнинг йўл қўйиладиган қийматларини абсалют қиймат бўйича солиштирилади: бунда, ўлчанган қийматлар қиёсланадиган ўлчаш воситасининг норматив-техник хужжатларида ўрнатилган йўл қўйиладиган қийматлардан ортиқ бўлмаслиги керак. Ўтиш характеристикасининг чўққисидаги четланишлар ва вақтнинг берилган участкасидаги унинг тушиши фоизларда баҳоланади. АЧХ нинг нотекислиги унинг норматив-техник хужжатда берилиш усулига боғлиқ ҳолда фоиз нисбатида ёки децибелларда баҳоланади.

8. ЧАСТОТАНИ ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИНИНГ ИШ ТАМОЙИЛЛАРИ ВА МЕТРОЛОГИК ТАЪМИНОТИ

8.1. Электромагнит тебранишларнинг частотасига оид маълумотлар

Тебранишлар частотаси ўзгарувчан токнинг зарурий характеристикаси бўлиб ҳисобланади. Частотани ўлчаш – телекоммуникациялар ва радиоэлектроникада асосий масала ҳисобланади. Вақт бирлиги ичидаги тўлиқ тебранишлар сонига частота дейилади, яъни

$$f = N / T_x \quad (8.1)$$

бу ерда, T_x – вақт интервали бўлиб, бу ораликда N та тебранишлар содир бўлади. Гармоник тебранишлар учун частота:

$$f = \frac{1}{T} \quad (8.2)$$

бу ерда T – тебранишлар сони.

Гармоник тебранишлар куйидаги ифода билан берилади:

$$U(t) = u_m \cos(\omega t + \varphi_0) = u_m \cos\varphi(t) \quad (8.3)$$

U_m – амплитуда;

ω – бурчак частота;

φ_0 – бошланғич фаза;

$\varphi(t) = \omega t + \varphi_0$ – тўлиқ (жорий, оний) фаза частотани ўлчаш маълум вақт оралиғини талаб қилганлиги учун ўлчаш натижаси бўлиб ўлчаш интервалидаги частотанинг ўртачаланган қиймати ҳисобланади. Шунга кўра

частотани ўлчаш хатолиги ўртачалаш вақтига боғлиқ бўлади. Ундан ташқари частотанинг узок муддатли ва қисқа муддатли нобарқарорлиги тушунчалари ўринлидир. Маълумки, электромагнит тебранишларнинг частотавий спектри Герцнинг улушли birlikларидан минг Гигагерцгача бўлган диапазонни эгаллайди. Электромагнит тебранишларнинг спектрини иккита, паст ва юқори частота диапазониға бўлиш мумкин. Паст частоталар 20 Гц ÷ 200 кГц, юқори частоталар 20 кГц ÷ 30 МГц соҳани эгаллайди.

Частотанинг вақт бўйича доимий бўлмаган қиймати унинг нисбий барқарорлиги билан баҳоланади ва $t_2 - t_1$ вақт оралиғидаги частота ўзгаришининг унинг айрим оний қийматининг ушбу интервалда танланган қийматиға нисбати билан аниқланади, яъни

$$\delta f = [f(t_2) - f(t_1)] / f(t_1) = \Delta f / f \quad (8.4)$$

Ўхшаш нисбат билан частотани ўрнатишдаги нисбий хатони ҳамда частотани ўлчаш хатолигини баҳолаш мумкин ва бунда Δf нинг қиймати частотанинг ўрнатилган ёки ўлчанган қийматининг унинг ҳақиқий қийматидан четланишини ифодалайди.

Электромагнит тебранишлар частотасининг нобарқарорлиги

Ўзгарувчан токда ишловчи қатор телекоммуникациялар техник воситалари ва радиоэлектрон асбобларни қиёслаш, метрологик аттестациялаш ва калибрлашнинг частота диапазонининг аниқ нуқталарида амалға оширилиши частота ўлчашларининг зарурий эҳтиёжлигини кўрсатади.

Электромагнит тебранишли сигналлар манбаини икки гуруҳға бўлиш мумкин. Биринчи гуруҳға - телекоммуникациялар ва радиоэлектрон аппаратуранинг турли компонентларини (генераторлар, гетеродинлар); иккинчи гуруҳға - частотани тиклаш учун мўлжалланган ўлчаш воситаларини (частота стандартлари, ўлчов генераторлари) киритиш мумкин.

Частотани ўлчаш амалиётида электромагнит тебранишларнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш зарур бўлади ва бу қийматнинг асл қийматга яқинлиги муҳимдир.

Умумий ҳолда электромагнит тебранишли сигналлар частотасининг оний қиймати қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\omega(t) = \omega_{\text{ном}} + \alpha\omega_0 t + \Delta\omega(t) \quad (8.5)$$

бу ерда: $\omega_{\text{ном}}$ – частотанинг номинал қиймати; ω_0 – сигнал частотасининг бошланғич қиймати (манба ишлаб чиқарадиган частотанинг ҳақиқий қиймати); α - манба частотасининг вақт бўйича барқарорлигига боғлиқ бўлган коэффициент; $\Delta\omega(t)$ – частотанинг флукуацион ўзгариши.

Электромагнит тебранишли сигналларнинг частота манбаида (8.5) га кўра частота нобарқарорлигининг икки кўриниши мавжуд: узок муддатли, давомли вақт ҳисобига частотанинг мунтазам силжигани учун (α , ω_0 , t) ва қисқа муддатли, сигнал частотасининг флукуацияли ўзгаришига кўра [$\Delta\omega(t)$]. Нобарқарорликнинг келтирилган кўринишларининг бўлиниш чегараси шартли бўлиб, конкрет частота манбаига боғлиқ. Частотани ўлчаш жараёни маълум вақт оралиғини эгаллагани учун ва бу ораликда бир вақтнинг ўзида унинг систематик ва флукуацияли ўзгаришлари рўй бергани учун частотанинг асл қийматини аниқлаб бўлмайди. Шунга кўра частотанинг ҳақиқий қийматини баҳолаш учун уни τ - ўлчаш интервалида ўртачаланган $\omega_{\text{ўр}}(t)$ қийматидан фойдаланилади ва қиймат 1.6 ифодадан аниқланади

$$\omega_{\text{ўр}}(t) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau/2}^{t+\tau/2} \omega(t) dt \quad (8.6)$$

(8.6) дан фойдаланиб, узок муддатли ва қисқа муддатли частотанинг нобарқарорлиги учун ифодага эга бўлиши мумкин ва бунда T вақт

интервали бериледи ва бу интервалда келтирилган нобарқарорликлардан бири ва τ ўртачалаш вақти кафолатланади. Амалда T катталиқ частота манбаининг йўриқномасида келтирилган бўлади. τ эса частота ўлчовчи асбобнинг тезкорлигига боғлиқ. Электрон ҳисобли частотомерда τ частоталарнинг ҳисоб вақтига тенг. Юқорида келтирилганларга кўра, частотанинг узок муддатли, нобарқарорлиги $\Delta\omega_y(t)$ T вақт интервалининг боши ва охирида олинган частотанинг иккита ўртачаланган қийматининг фарқи сифатида аниқланади:

$$\Delta\omega_y(t) = \omega_{\dot{y}p}(t+0,5 T) - \omega_{\dot{y}p}(t-0,5 T) \quad (8.7)$$

(8.7) даги τ ва T орасида мутаносиблик статистика тасдиқлаган қуйидаги мулоҳазалар асосида ўрнатилади. Минимал мумкин бўлган вақт $\tau_{\text{мин}}$ электромагнит тебранишларнинг битта тўлиқ цикли вақти билан чегараланади. Максимал мумкин бўлган $\tau_{\text{мах}}$ вақт эса $T \gg \tau$ шарт бажарилишнинг зарурийлигига кўра τ ва T орасидаги тавсиявий муносабат (8.1) жадвалда келтирилган. Узок муддатли $\omega_u(t)$ нобарқарорликни аниқлаш натижасининг ишончилигини ошириш учун частотанинг бу нобарқарорлигини N мартаба ўлчанади ва унинг ўрта арифметик қиймати (8.8) ифодадан топилади:

$$\Delta\omega_{\dot{y}p} = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N [\omega_{\dot{y}p}(t_1 + 0,5T) - \omega_{\dot{y}p}(t_1 - 0,5T)] \quad (8.8)$$

Частотанинг қисқа муддатли нобарқарорлигини аниқлашда дастлаб частотанинг τ вақт интервалидаги ўртачаланган қиймати (8.9) ифодадан топилади.

$$\omega_{\dot{y}p}(t, \tau) = \frac{1}{T} \int_{t-T/2}^{t+T/2} \omega(t) dt \quad (8.9)$$

Кейин частотанинг қисқа вақтли нобарқарорлиги (8.10) ифода ёрдамида аниқланади:

$$\Delta\omega_h = \omega_{\text{ўп}}(t,\tau) - \omega(t,T) \quad (8.10)$$

(8.8)дан фарқли ҳолда частотанинг қисқа вақтли нобарқарорлиги учун (8.11) ифода билан T интервал учун ҳисобланган унинг ўрта квадратик қийматидан фойдаланилади.

$$\delta_k = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^N \omega_{\text{ўп}}(t_i, T)}{N}\right)^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N \omega(t_i, T)}{N}\right)^2} \quad (8.11)$$

(8.7)да $T \gg \tau$, бунда шундай T интервал бериладики, унда частотанинг систематик ўзгариши эътиборга олмаса ҳам бўладиган даража кичик бўлади.

8.1-жадвал

T ва τ орасидаги тавсиявий нисбати

T	1 йил	6 ой	1 сутка	1 сутка	1 соат	100 с	100 с	100 с	100 с
τ	1 сутка	1 сутка	1 сутка	1 соат	100 с	1 с	0,1 с	0,01 с	0,001 с

8.2. Рақамли частотамернинг иш тамойили

Рақамли частотомернинг ишлаш тамойили частотанинг таърифидан келиб чиқади, яъни вақт оралиғида импульслар сонини санашдан иборат. Бу асбоблар ишлатишга қулай, кенг диапазондаги частоталарни ўлчайди (бирнеча Герцдан юзлаб мегагерцгача) ва юқори аниқликдаги натижалар олади (нисбий хатолиги 10^{-6} - 10^{-9}).

Рақамли частотомерлар кўп функцияли ўлчаш асбоблари бўлганлиги сабабли, уларнинг ишлаш тартибига қараб, фақатгина частота ёки икки частота нисбатини эмас, балки вақт интервалларини (даврий сигналлар кетма-кетлик даври ва икки импульснинг вақтдаги ҳолатида белгиланган интервал) ҳам ўлчаш мумкин.

Гармоник сигнал частотасини рақамли усулда ўлчаш принципи 8.1-расмда келтирилган. Кириш қурилмаси КҚ келган сигнални керакли қийматга кучайтиради ёки сусайтиради (8.1, а). КҚдан чиққан гармоник u_1 сигнал (8.1, б) импульс шакллантиргич ИШга келади. ИШ уни бир қутбли қисқа импульслар u_1 кетма-кетлигига айлантиради, кетма-кетлик даври $T_x = 1/f_x$ бўлиб, санокли деб аталади. Бу импульсларнинг олдинги фронтлари u_1 сигналнинг вақт ўқида нолинчи қийматдан ўтиш моментларига деярли мос тушади. Импульс шакллантиргич кучайтиргич-чеклагич ва компаратор (Шмитт триггери) дан иборат.

u_2 санок импульслари ВС вақт селекторининг кириш йўлларида бирига кириб келади. Унинг иккинчи кириш йўлига ШБҚ шакллантириш ва бошқариш қурилмасидан келадиган тўғри бурчак шаклидаги ва калибрланган $T_0 > T_x$ давомийликдаги u_3 строб-импульс киради. T_0 вақт интервали санок вақти деб аталади. Вақт селектори u_3 строб-импульси билан очилади ва бутун муддати давомида ХС ҳисоблагичнинг кириш йўлига бирнечта u_2 импульслар гуруҳи (пакети) ни ўтказиши. Натижада вақт селекторидан ҳисоблагичга N_x та u_4 импульсларнинг пакети келиб тушади. T_0 строб-импульснинг вақт дарвозаларига келадиган биринчи u_2 санок импульси уларнинг фронтига нисбатан Δt_n вақтга кечикади, дарвозалар кесими ва унеча пайдо бўлган охириги санок импульсини Δt_k интервали ажратиб туради. (8.1-расм, б).

8.1 б-расмдан келиб чиқадики,

$$T_0 = N_x T_x - \Delta t_n + \Delta t_k = N_x T_x - \Delta t_d \quad (8.12)$$

бу ерда Δt_n ва $\Delta t_k - T_0$ интервали боши ва охирининг тасодифий методик дискретлаш абсолют хатоладир. Улар строб-импульснинг u_2 санок импульсларига нисбатан тасодифий жойлашувидан келиб чиқади, чунки строб-импульс ва санок импульслари синхронланмаган; $\Delta t_d = \Delta t_n - \Delta t_k$ – дискретлашнинг умумий абсолют хатолиги.

(8.12) формуладан билиш мумкинки, пакетдаги импульслар сони $N_x = T_0 / T_x = T_0 f_x$ ва натижада ўлчанаётган частота ҳисоблагичга келаётган санок импульслар сонига пропорционалдир,

$$f_x = N_x / T_0 \quad (8.13)$$

Строб-импульсни шакллантириш учун ШБҚга схемадан T_0 даврли қисқа импульслар келади. Схема таркибига намунавий частотанинг кварцли генератори ва импульслар кетма-кетлигининг ДЧБ декадли частота бўлгичи киради (8.1-расмда кўрсатилмаган).

ДЧБ чиқишидаги импульслар даври ва строб-импульс муддати тенг: $T_0 = K_d / f_{кв}$. Шу сабабли (8.13) формулани қуйидагича ёзиш қулайроқ:

$$f_x = N_x f_{кв} / K_d \quad (8.14)$$

Дискретли тарзда $f_{кв} / K_d$ нисбатини ўзгартириш учун K_d ни вариациялаш, яъни ДЧБ декадалари сонини ўзгартириш мумкин.

Ҳисоблагич N_x импульслар сонини санайди ва тегишли кодни РСҚ рақамли санок қурилмасига беради. $f_{кв} / K_d$ нисбати 10^n ГЦ га тенг қилиб олинади, бу ерда n – бутун сон. Бунда РСҚ ўлчанаётган f_x частотага мос келувчи N_x сонни танланган бирликда кўрсатади. Масалан, K_d ни ўзгартириш ҳисобига $n=6$ коэффициент танланса, РСҚда кўринадиган N_x сони мегагерцда ифодаланган f_x частотасига мос келади. Ўлчаш бошланишидан олдин ШБҚ ҳисоблаш кўрсаткичларини нол қилиб қўяди.

Ўлчаш хатолигининг систематик ташкил этувчиси ҳосил бўлишига асосий сабаб кварцли генератор $f_{кв}$ частотасининг узоқ муддат ностабил бўлишидир. Уни камайтириш учун кварц термостатланади ёки кварцли генераторда термокомпенсацияли элементлар қўлланади.

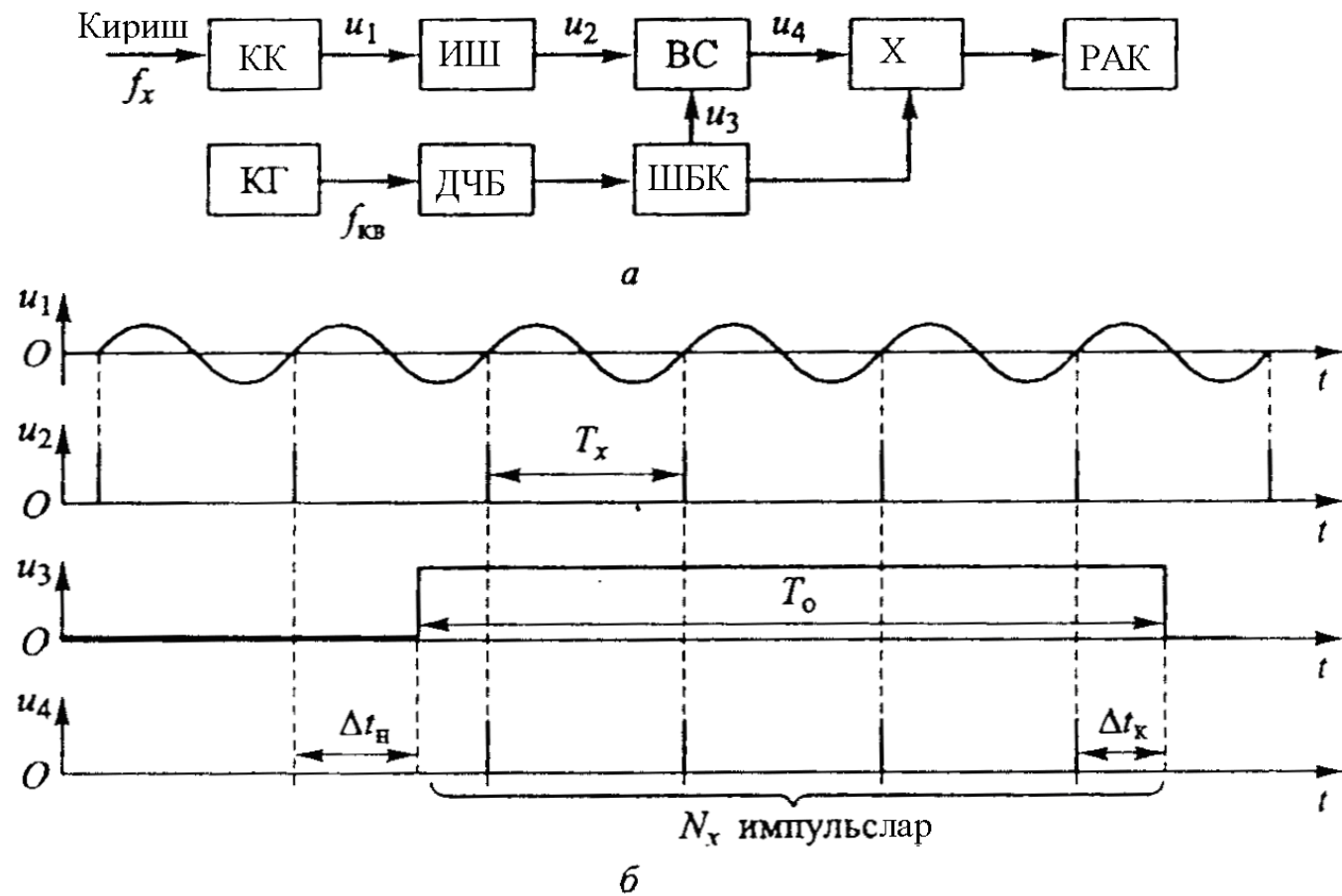
Бунда частотанинг нисбий ўзгариши (нисбий хато) суткада $\delta_{кв} = 5 \cdot 10^{-9}$ дан ошмайди. $f_{кв}$ частотанинг номинал қиймати нотўғри қўйилганидан келиб чиқадиган хатони камайтириш учун частота эталон қийматларининг радиодан узатиладиган сигналларига қараб кварцли генератор калибрланади. Кварцли генератор калибровкасининг нисбий хатолиги (1-5) 10^{-10} дан ошмайди. Кўпинча частотани керакли стабилликка келтириш учун кварцли генератор схемасига частотани фазали автотўғрилаш (ЧФАТ) системаси киритилади.

Ўлчаш хатолигининг тасодифий ташкил этувчиси дискретлаш Δt_d хатолиги билан аниқланади. Строб-импульс ва санок импульслари ўзаро синхронланмайди. Шу сабабли, 8.1-б расмда строб-импульс боши ва охирининг икки қўшни санок импульслари орасидаги жойлашувини аниқловчи Δt_n ва Δt_k хатолар бир хил эҳтимолли вақтда нолдан T_x гача қиймат қабул қилиши мумкин. Шунинг учун Δt_n ва Δt_k хатолар тасодифий бўлиб, қонуният бўйича текис тақсимланган. Бу хатолар мустақил бўлганлиги учун, дискретлаш умумий Δt_d хатолиги $\pm T_0$ чегаравий қийматлар билан учбурчаклик қонунига кўра тақсимланган.

Ҳисоблаш вақти интервалининг боши ва охири дискретлашнинг максимал $\Delta t_d = \pm T_0$ хатолигини санок импульслари N_x сонини ± 1 импульсга эквивалент тасодифий ўзгартириш орқали ҳисобга олиш қулайроқ.

Рақамли частотомернинг частота ўлчаш йиғинди нисбий хатолиги фоизларда нормаланади ва ушбу формула билан аниқланади:

$$\delta_{fx} = \pm 100 \left(\delta_{кв} + \frac{1}{T_0 f_x} \right). \quad (8.15)$$



8.1-расм. Рақамли частотомер:
 а – тузилмавий схемаси; б – вақт диаграммалари

Бу формулага кўра, ўлчанаётган частота камайган сари хато ошади. Частота жуда кам бўлса, ҳатто ҳисоблаш максимал T_0 вақтида ҳам хато йўл қўйиладиган қийматдан ошиб кетиши мумкин. Максимал вақт рақамли частотомерларда 1 ёки 10 секунддан ошмайди. Бундай ҳолда олдин T_0 даврни ўлчаб, кейин частотани $f_x = 1/T_x$ формуласи билан ҳисоблаб чиқариш мақсадга мувофиқ. Рақамли частотомерлар ўлчайдиган частоталар диапазони пастдан дискретлаш хатолиги, юқоридан ҳисоблагичлар ва частота бўлгичларнинг ишлаш тизими билан чегараланган. Юқори чегара 500 МГцгача боради ва уни паст частоталар соҳасига гетеродин ўзгартириш усули орқали кенгайтирилади. Замонавий рақамли частотомерларда частоталар кварцли синтезатори кенг қўлланади, улар частоталар дискретли тўридан иборат сигналлар яратади. Дастурий бошқариладиган частота синтезаторлари ва микропроцессорга эга рақамли частотомерлар юқори аниқлиги, ўлчайдиган частоталар диапазони кенглиги, ишончилиги ва автоматлашган ўлчаш тизимларига қўшиш қулайлиги туфайли истиқболли ўлчаш асбоблари бўлиб ҳисобланади.

8.3. Электрон-ҳисобли частотамернинг иш тамойили

Электрон-ҳисобли частотомер даврий тебранишларнинг частотасини ва такрорланувчи сигналларнинг характерли оний қийматлари орасидаги интервалларни ўлчайди. Улар иккита таққосланувчи частоталар нисбатини ўлчаши импульслар ҳисоблагичи ролини бажариши, частота бўлгич ва барқарор частотали кучланиш манбаи сифатида қўлланилиши мумкин. Электрон-ҳисобли частотомерлар қўшимча қурилмалар билан ишлатилганда уларнинг имкониятлари ортади. Кенг соҳали кучайтиргичлар билан ишлатилганда асбобнинг сезгирлиги ортади. Кучланишни частотага ўзгарткичлар эса электрон-ҳисобли частотомерни рақамли вольтметрга, частота ўзгарткичлар эса унинг частота диапазонини кенгайтиради.

Электрон-ҳисобли частотомерларнинг универсаллиги ва ўлчашнинг юқори аниқлиги бу ўлчагичларнинг истиқболли эканлигини кўрсатади. Электрон - ҳисобли частотомернинг иш тамойили вақт интервалидаги импульслар сонини санашга асосланган. Частотаси ўлчаниши керак бўлган f_x ўзгарувчан кучланиш частотаси f_x тенг бўлган қисқа импульслар кетма-кетлигига айлантирилади. Агар T_x вақт интервалидаги N импульслар сони ҳисобланса, унда частота

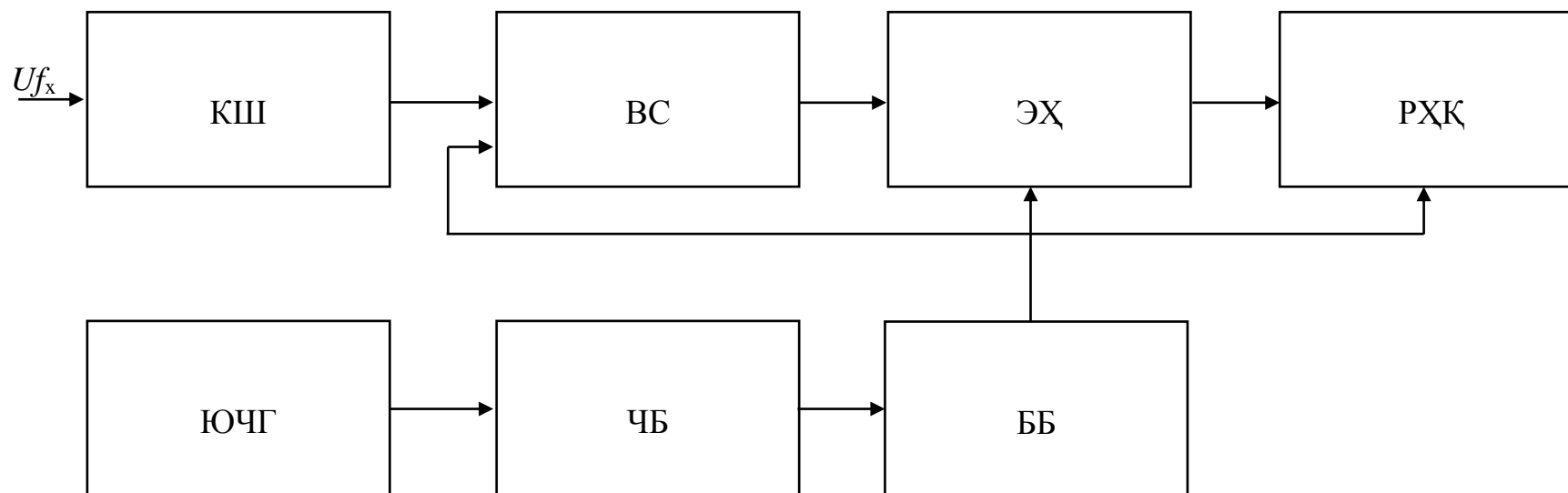
$$f_x = N / T_x \quad (8.16)$$

Электрон-ҳисобли частотомернинг структура чизмаси 8.2-расмда келтирилган. f_x частотали сигнал кучайтиргич-шакллантиргичга киради ва частотаси ўлчанаётган синуссимон кучланиш бир қутбли импульслар кетма-кетлигига айлантирилади. Бу импульслар кетма-кетлигининг частотаси импульслар вақт селекторининг 1-киришига узатилади. Селекторнинг 2-киришига қатъий аниқ давомийликдаги T_x импульси киради. Бу импульснинг давомийлиги бўлиш коэффициенти 10^n частота бўлгичли юқори частота генераторидан берилади.

Кварц стабилизацияли генераторнинг частотаси $T_{кв}$ 1 ёки 0,3 мкс га тенг. Ҳисоб вақтининг бундай давомийлигида $f_{кв}$ тенг ёки кичик бўлган частотани ўлчаш мумкин эмас. Шунга кўра, кварц генераторидан кейин частотани декадалаш бўлгичлари уланади. Уларнинг чиқишида 10^n ($n = 1, 2, 3, \dots, 7$) марта генератор частотасидан паст бўлган частоталар ҳосил қилинади, яъни 100, 10 ва 1 kHz, 100, 10, 1 ва 0,1 Hz. Шунга кўра, ҳисоб вақтини аниқловчи импульснинг давомийлигини 10^{-5} дан 10 с поғонада ўрнатиш мумкин. Бунда ўлчанаётган частота қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$f_x = N * 10^{-n} * f_{кв} \quad (8.17)$$

Давомийлиги $T_x = 10^n / f_{кв}$ (8.18) бўлган импульс бошқариш блокада шакллантирилади.



8.2-расм. Электрон-ҳисобли частотомернинг структура чизмаси.

- 1 – кучайтиргич шакллантиргич (КШ);
- 2 – вақт селектори (ВС); 3 – электрон ҳисоблагич (ЭХ);
- 4 – рақамли ҳисоблаш қурилмаси (РХҚ);
- 5 – юқори частота генератори (ЮЧГ);
- 6 – частота бўлгич (ЧБ);
- 7 – бошқариш блоки (ББ).

Ўлчанаётган частотали импульслар электрон ҳисоблагичга селекторнинг 2-киришига $T_{\text{хис}}$ давомийликли импульс қўйилгандагина ўтади. Ҳисоблагич чиқишидан N импульслар сони тўғрисидаги ахборот, иккилик код кўринишида дешифратор орқали рақамли ҳисоб қурилмаси (табло)га узатилади ва ўлчаш натижалари частотанинг ўлчов бирликларида рақамли кўринишда қайд қилинади. Ўлчашлар бошқариш блоки ўрнатган такрорланувчи цикллар билан амалга оширилади.

Бир вақтнинг ўзида бошқарувчи қурилма вақт селекторига таъсир кўрсатиб рақамли индикатор кўрсатишларини автоматик ҳолда ташлаб юбориш учун ҳамда дешифратор ва частота бўлгични бошланғич ҳолатга келтириш учун импульслар узатилади.

Оператор рақамли табло бўйича кўрсатишлар ҳисобини амалга ошира олиши учун бошқарувчи қурилмада вақт селекторини айрим вақт интервалига блокировкалаш орқали ушбу вақт интервалида табло кўрсатишларнинг сақланиши назарда тутилган. Бу вақт оралиғи индикация вақти дейилади ва оператор томонидан бир неча секунд чегарасида ростланиши мумкин.

Частота ўлчагичда ўлчашнинг автоматик ва қўл режими мавжуд. Автоматик режимда ҳар сафар импульслар саноғи ўрнатилган вақт индикацияси тугаши билан такрорланади. Қўл билан бошқариш режимида тугмага босилганда ҳисоб бир марта бажарилади ва бунда индикация вақти чекланмайди. Электрон-ҳисобли частота ўлчагичнинг нисбий хатолиги қўйидаги ифода билан аниқланади:

$$\delta = \delta_0 + \delta_{\text{ноб}} + 1 / f_x T_{\text{хис}} \quad (8.18)$$

бу ерда:

δ_0 – кварц генератори частота ўрнатилишининг нисбий хатолиги;

$\delta_{\text{ноб}}$ – кварц генераторининг нобарқарорлиги юзага келтирган нисбий хато;

$1 / f_x T_{\text{хис}}$ – бу T_x – давр ва $T_{\text{хис}}$ – ҳисоб вақтининг нобарқарорлигидан пайдо бўлган нисбий хато.

Хатони бу охириги ташкил этувчиси шундай баҳоланадики T_x давр ва $T_{\text{хис}}$ - ҳисоб вақтидан импульслар саноғи ± 1 импульс аниқлиги билан амалга оширилиши мумкин. Лекин, унда $1/N = 1/f_x T_{\text{хис}}$;

Ҳозирги замон электрон-ҳисобли частота ўлчагичларида δ_0 ва $\delta_{\text{ноб}}$ тахминан $1 \cdot 10^{-8}$ ва ундан камроқ ва техник ўлчашларда ҳисобга олинмаслиги мумкин. Хатонинг ташкил этувчилари $1/f_x T_{\text{хис}}$ ўлчанаётган частотага ва ҳисоб вақтига боғлиқ. 8.2-жадвалда бу ташкил этувчи қийматининг турли частоталар учун вақтга боғлиқлиги келтирилган.

8.2-жадвал

Ўлчаш вақти $T_{\text{хис}}$ с	Хато $1 / f_x T_{\text{хис}}$		
	0,1 Hz	100 Hz	100 kHz
10^{-3}	10^3	1	10^{-3}
10^{-1}	10^3	10^{-1}	10^{-4}
1	10	10^{-3}	10^{-3}

Жадвалдан кўришиб турибдики, электрон-ҳисобли частотомерларнинг паст частоталарни ўлчаш учун қўлланилиши мақсадга мувофиқ эмас. Чунки, ўлчаш хатолари жуда юқори. Паст частоталарни ўлчаш хатолиги меъёр даражасида бўлишлиги учун даврни ўлчашга ўтиш зарур.

8.4. Частотани ўлчаш усуллари

Ҳозирги замон частотани ўлчаш техникасида ўлчанаётган частотани маълум (намуна) частота билан таққослаш усулидан кенг фойдаланилмоқда. Бу усул ўлчашнинг юқори аниқлиги билан фарқланади. Таққослаш усули

асосида частотани осциллографик ўлчаш услублари ва гетеродинли частотаўлчагичлар амалга оширилади. Бевосита баҳолаш усули асосида қурилган асбобларга резонансли ва электрон-ҳисоблаш (рақамли) частотаўлчагичларни киритиш мумкин. Бугунги кунга келиб электрон-ҳисобли частотомерларнинг метрологик ва эксплуатацион характеристикаларининг юқорилиги сабабли гетеродинли ва резонансли частотомерлар фойдаланишдан чиқариб юборилган, кам ҳоллардагина улардан фойдаланиш мумкин. Шунга кўра частотани ўлчашнинг электрон-ҳисоблаш ва осциллографик усулларида кенг фойдаланилмоқда.

Электрон-ҳисобли частотомер усули:

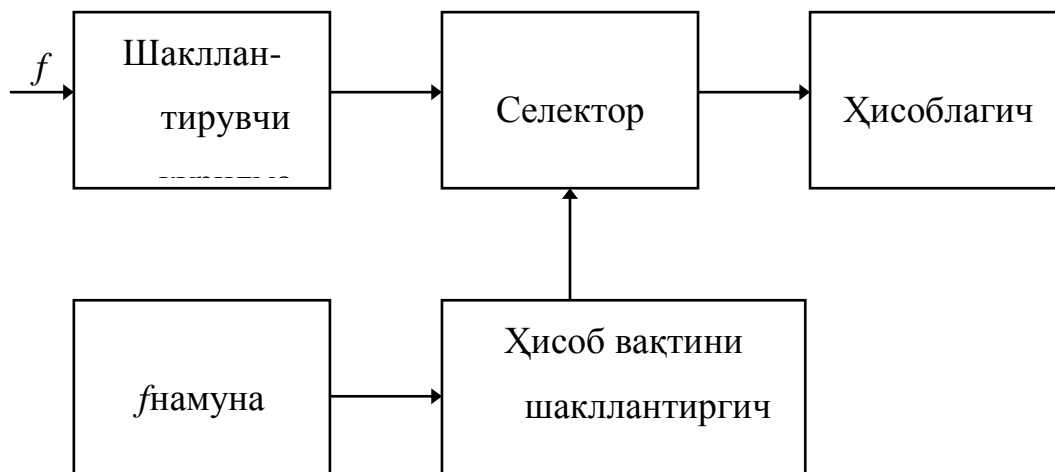
Частоталарни таққослашнинг ушбу усули ўлчанаётган частотанинг даврлар сонини намуна частота шакллантирган вақт интервалида ўлчашга асосланган. Намуна частота ёрдамида маълум давомийликда Δt вақт интервали шакллантиради. Бу вақт интервали номаълум f_x частотали импульслар билан тўлдирилади, Δt интервалга тушган импульслар сонининг ҳисоби қуйидаги ифода билан ҳисобланади:

$$n = \Delta t f_x \quad (8.19)$$

(8.19) дан

$$f_x = n/\Delta t \quad (8.20)$$

Δt вақт интервалига тушган импульслар сонининг ҳисоби импульслар ҳисоблагичи ёрдамида рақамли шаклда қайд қилинади. Кўпинча Δt вақт 10^m га тенг, m бутун сон бўлиб, $3 \div -2$ гача қиймат қабул қилади. Шунга кўра электрон-ҳисобли частотомернинг кўрсатиши ўлчанаётган частоталарга сон жиҳатдан мос келади. Частотани электрон-ҳисобли **усулда** ўлчаш схемаси 8.3-расмда келтирилган.



8.3-расм. Частотани электрон-ҳисобли **частотомер** билан ўлчаш.

Ўлчанаётган частотали сигнал шакллантирувчи қурилмага келади ва бу электромагнит тебранишлар частотаси кириш сигнали частотасига тенг бўлган импульслар кетма-кетлигига айлантиради. Шакллантирувчи қурилма чиқишидаги импульслар вақт селекторига узатилади. Намуна частотали сигнал ҳисоб вақти шакллантиргичга ўтади ва селектор Δt вақтга очилади ва бу вақт намуна частота импульсларининг даврига тенг бўлади. Частотанинг ўлчашдаги электрон ҳисобли частотаўлчагичнинг хатолиги қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\delta_{\text{эхчх}} = \delta_{\text{тгх}} + \delta_{\text{ноб1}} + \delta_{\text{ноб2}} + 1/f_x \tau \quad (8.21)$$

бу ерда:

$\delta_{\text{эхчх}}$ – электрон-ҳисобли частотомернинг хатолиги;

$\delta_{\text{тгх}}$ – таянч генератор частотасининг ўрнатиш хатолиги;

$\delta_{\text{ноб1}}$ – таянч генераторининг узок муддатли нобарқарорлиги сабабли юзага келган хато

$\delta_{\text{ноб2}}$ – электрон-ҳисобли частотомер ҳисоб вақти интервалида таянч генераторининг қисқа муддатли нобарқарорлиги сабабли юзага келган хато;

$1/f_x\tau$ – ўлчанаётган τ_x сигнал даврини ва τ санок вақтини шакллантирувчи сигнал даврларининг каррали эмаслигига боғлиқ бўлган хато;

$\delta_{\text{ТГХ}}$ хато частота намуна ўлчовининг хатолигига боғлиқ. Ҳозирги замон электрон-ҳисобли частотомерларда $\delta_{\text{ТГХ}}$ тахминан $10 \cdot 10^{-8}$ га тенг. $\delta_{\text{ноб1}}$ ва $\delta_{\text{ноб2}}$ вақт интервалига боғлиқ. Бу хатоларнинг турли вақт интерваллари учун қийматлари 8.3-жадвалда келтирилган.

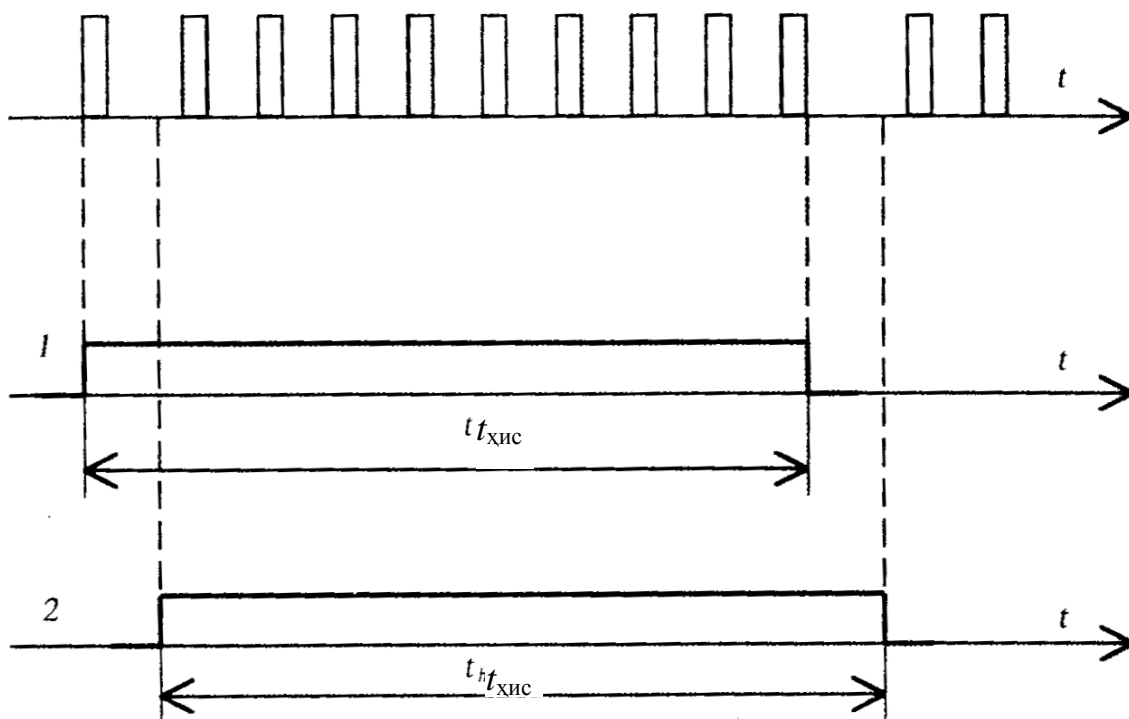
8.3-жадвал

Таянч генераторлари нисбий хатолигининг вақт интервалига боғлиқлиги

	ЭҲЧ таянч генераторлари частотасининг вақт интерваллари учун нисбий хатолиги							
Нобарқарорлик тури	1 с	10 с	10 мин	1 соат	1 сутка	1 ой	6 ой	1 йил
Узоқ муддатли	-	-	-	-	$1 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$
Қиска муддатли	10^{-10}	10^{-10}	$1,5 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-9}$	-	-	-	-

$1/f_x\tau$ хато ўлчанаётган частотага электрон-ҳисобли частотаўлчагичнинг ўлчаш вақтига боғлиқ. Бу хатонинг юзага келишини 8.4-расмда келтирилган электрон-ҳисобли частотаўлчагич селекторининг вақт диаграммасида кузатиш мумкин.

1-ҳолда стробловчи импульс давомийлик вақтида селектор 10та импульсни ўтказди ва ҳисоблагич 10та импульсни қайд қилади. 3-ҳолда селектор 9та импульс ўтказди ва ҳисоблагич 9та импульсни қайд қилади. 8.3-жадвалда ҳозирги замон электрон ҳисобли частотомерлар учун $1/f_x\tau$ қийматлари келтирилган.



8.4-расм. Электрон-ҳисобли частотомер селектори ишининг вақт диаграммаси.

8.4-жадвал

Частотани ўлчаш хатолигининг ўлчаш вақтига боғлиқлиги

Ўлчаш вақти	$1/f_x \tau$ частотани ўлчаш хатолиги									
	0,1- Hz	1 Hz	10 Hz	100- Hz	1 kHz	10 kHz	100- kHz	1 MHz	10- MHz	100- MHz
10^{-3} с	10^4	10^3	10^{-3}	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
10^{-3} с	10^4	10^3	10^1	10^0	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
10^{-1} с	10^3	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
1с	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
10 с	10^0	10^{-1}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}

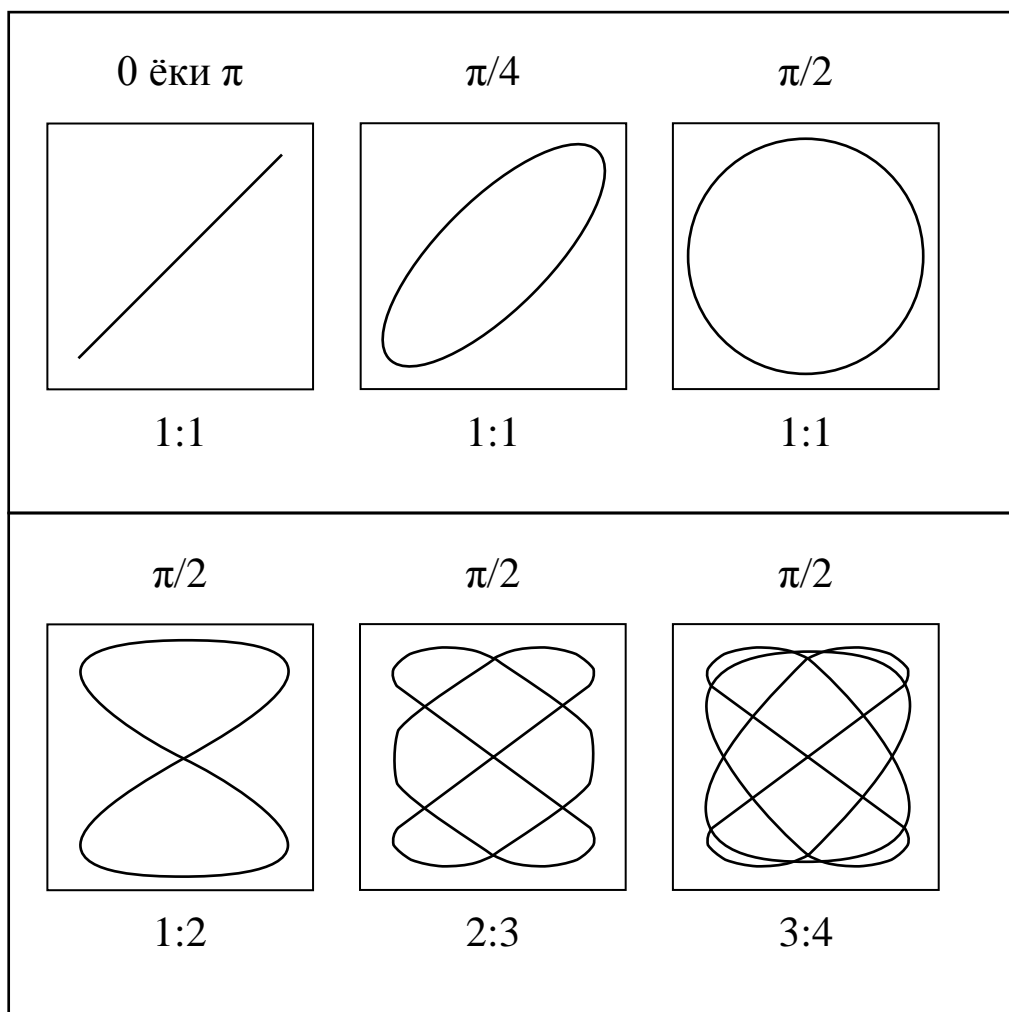
Частотани осциллографик ўлчашнинг усуллари

Лиссажу шакллари – бир вақтнинг ўзида иккита ўзаро перпендикуляр йўналишда иккита гармоник тебранишни амалга оширувчи нукта устидан чизилган ёпиқ эгри чизиқлардир. Илк бор француз олими Ж. Лиссажу томонидан ўрганилган. Лиссажу шакллари кўриниши икки тебраниш даври (частотаси), фазаси ва амплитудаси орасидаги муносабатга боғлиқ. Энг содда ҳолатда, Лиссажу шаклининг даврлари тенг бўлганда эллипслар юзага келади, фазалар фарқи 0 ёки π бўлганда тўғри чизиқ шаклида бўлиб, фазалар фарқи $\pi/2$ ва амплитудалар тенг бўлганда доирага айланади. Агар икки тебраниш даврлари мос келмаса, фазалар фарқи доим ўзгариб туради ва натижада эллипс шакли ўзгараверади.

Икки сигнал даврларида фарқ катта бўлса, Лиссажу шакллари кузатилмайди. Бироқ агар даврлар нисбати бутун сон бўлса, иккала даврнинг энг кичик карралисига тенг вақт интервалдан сўнг ҳаракатдаги нукта ўз ҳолатига яна қайтади – мураккаброқ кўринишдаги Лиссажу шакллари юзага келади.

Ўлчашларда номаълум f_y частотани маълум f_0 частота билан таққосланади. Ўлчанаётган частота осциллограф кириш йўлига узатилиб, намулавий генераторнинг маълум частотаси маълум частотаси шундай ростланадики, осциллограф экранида оддий шакл пайдо бўлади. Мисолни 2.3-расмда кўриш мумкин. Лиссажу шакллари кўриниши частоталар m/n нисбати ва таққосланаётган тебранишлар бошланғич фазаларига боғлиқ.

Икки гармоник тебраниш частоталари нисбати Лиссажу шаклининг вертикал бўйича кесишув нукталари m сонининг горизонтал кесишув нукталар n сонига нисбати сифатида ифодалаш мумкин. Мисол учун, 8.5-расмдаги осциллограммаларда бу нисбат $f_0/f_y = m/n = 2/4 = 1/2$ тенглигини кўриш мумкин. Бундан, ўлчанаётган частота $f_y = 2f_0$ эканлиги келиб чиқади.



8.5 - расм. Лиссажу айрим шаклларининг кўринишлари

Бу усулнинг аниқлиги нисбатан юқори бўлиб, намунавий генераторнинг барқарорлиги билан аниқланади, лекин бу каби шаклларни олиш ва кузатиш қийин вазифадир.

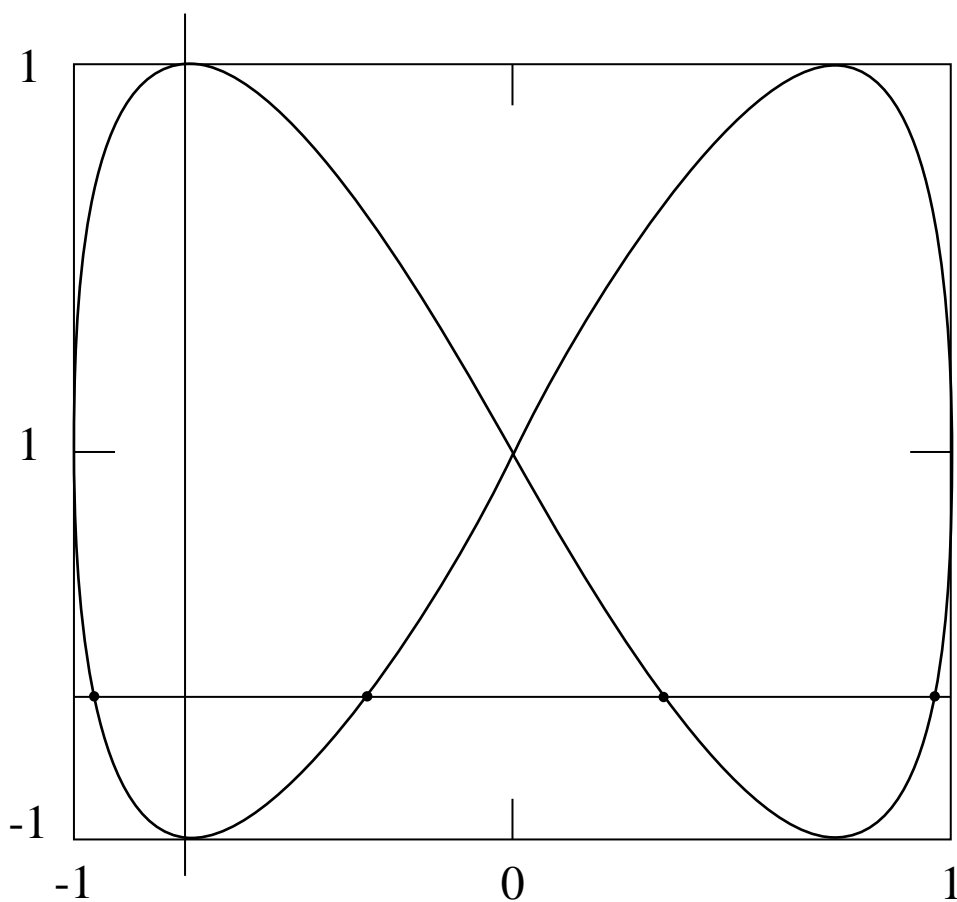
Частота доиравий ёйма усулида ўлчашда усулни қўллаш учун, ўлчанаётган номаълум f_x частота намунавий f_0 дан бир неча марта катта бўлиши керак. Осциллографнинг Y ва X кириш йўлига f_0 намунавий частотанинг гармоник сигналлари фаза бўйича 90° га силжитилган ҳолда кириб келади.

Осциллографнинг нур равшанлиги модуляциясининг Z кириш йўлига ўлчанадиган f_x частотали гармоник сигнал узатилса ва муайян чегараларда f_0

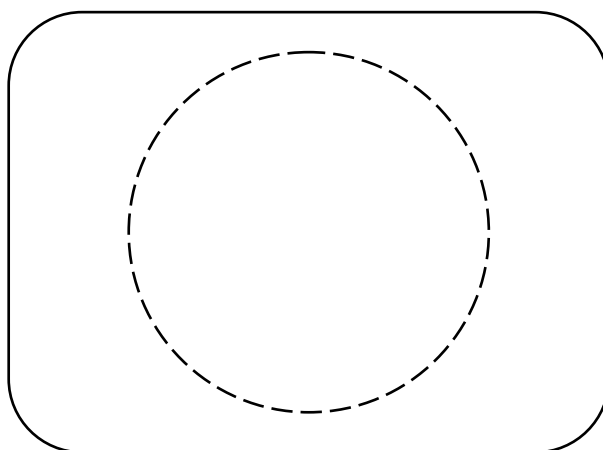
намунавий частота ростлаб турилса, равшанлик бўйича модулланган деярли ҳаракатсиз доиравий ёйилма ҳосил қилиш мумкин (8.7-расм).

Агар T доиравий ёйилмадаги равшан ёйлар (ёки ёйлар орасидаги қоронғи оралиқлар) сони бўлса, унда частота $f_x = N f_0$.

Осциллографик методларда аниқлик юқори эмас (ўлчашлар нисбий хатолиги 0,1-0,5). Ўлчанадиган частоталар диапазонининг юқори чегараси осциллограф параметрларига боғлиқ бўлиб, одатда 500 МГцдан ошмайди.



8.6 - расм. Иккита сигнал частоталарининг нисбатини аниқлаш



8.7 - расм. Равшанлик бўйича модуляцияланувчи доиравий ёйма.

Гетеродинли усулнинг тафсилоти

Частотани ўлчашнинг гетеродинли усули – ўлчанаётган частотани намунавий генератор-гетеродин частотаси билан солиштириш усулларидан биридир. Бу усул нолинчи тепкили тебранишли ўлчаш схемаларини тузиш принциpidан фойдаланади. Тузилиш схемаси 8.8-расмда кўрсатилган. Унда куйидагилар мавжуд: кириш қурилмаси, кварцли генератор, аралаштиргич, гетеродин, паст частотани кучайтиргич ва индикатор. Гетеродин частотаўлчагичнинг ишлаш принципи оддий: К калит 1 ҳолатга ўтказилса гетеродин шкаласи калибрланади; 2 га ўтказилса кириш қурилмасига узатилган f_x частота ўлчанади.

Гетеродин шкаласини калибрлаш қўшимча кварцли генератор ёрдамида ўлчашдан олдин амалга оширилади. Кварцли генератордан келадиган сигнал мураккаб шаклда бўлиб, қаррали частотага эга бир қатор гармоник ташкил этувчилардан иборат: $f_{кв 1}, f_{кв 2}, \dots, f_{кв i}, \dots, f_{кв n}$, бу ерда n – гармоника тартиб рақами. Бу частоталар кварцли нуқталар деб аталади. Гетеродиннинг саноқ лимби ўлчанаётган частотага энг яқин бўлган кварц нуқтасига мос тушувчи ҳолатга ўрнатилади (ўлчанаётган частотанинг тахминий қиймати маълум бўлиши керак, акс ҳолда ўлчаш анча қийинлашади).

Кварцли генератор ва гетеродиндан келган сигналлар аралаштиргичга тушади, шу сабабли унинг чиқиш йўлида йиғинди, айирма ва комбинацион тебранишлар ҳосил бўлади. Индикатор минимал айирма частотада тепкили тебраниш $F_6 = |f_{кв i} - f_r|$ сигнали мавжудлигини қайд этади. Бу сигнал паст частоталарни кучайтиргичдан ўтади (кварцли генератор ва гетеродин частоталарини аралаштиришдан ҳосил бўлган юқори частотали ташкил этувчилар кучайтиргичдан ўтмайди).

Гетеродин контурида конденсатор сиғимини ўзгартириб, нолинчи тепкили тебраниш олинади, натижада гетеродин частотаси кварцли гармоника частотасига тенг бўлиб қолади $f_r \approx f_{кв i}$.

Кейин К калитни 2 ҳолатга ўтказиб, номаълум частотани ўлчаш бошланади. Гетеродиннинг санок лимбини айлантириб, нолинчи тепкили тебраниш олинади ва гетеродиннинг тўғриланган шкаласи бўйича частота қиймати топилади ($f_x \approx f_r$).

Гетеродин частотаўлчагичлар анчагина аниқ ўлчаш асбобларидир. Уларнинг ўлчаш нисбий хатолиги 10^{-3} - 10^{-5} чегарасида бўлади. Лекин ўртача частоталар диапазони (300 МГцгача) да уларни электрон-ҳисоб частотаўлчагичлар сиқиб чиқаради, чунки уларда аниқлик деярли бир хил, лекин ишлатишда анча осон.

ЎЮЧ тебранишлар диапазонида гетеродин усули рақамли усуллар билан бирга қўлланади. Ўлчанаётган частотани пастроқ частоталар соҳасига ўтказиш орқали ўлчаш чегараси 10...12Гц гача кенгайтирилади. Бунақанги ўтказиш частотани дискретли гетеродин ўзгарткич ёрдамида амалга оширилади. Унинг тузилиш схемаси 8.9-расмда паст частотали рақамли частотаўлчагич билан бирга келтирилган.

Гетеродин ўзгарткичнинг рақамли частота ўлчагичи таркибига таянч (намунавий) f_0 частота генератори киради (соддалаштириш мақсадида схемада кўрсатилмаган). Бу частота гармоникалар генератори (ночизиқли элемент)га келиб тушади ва у гармоник ташкил этувчилар $f_n = n f_0$ тўрини

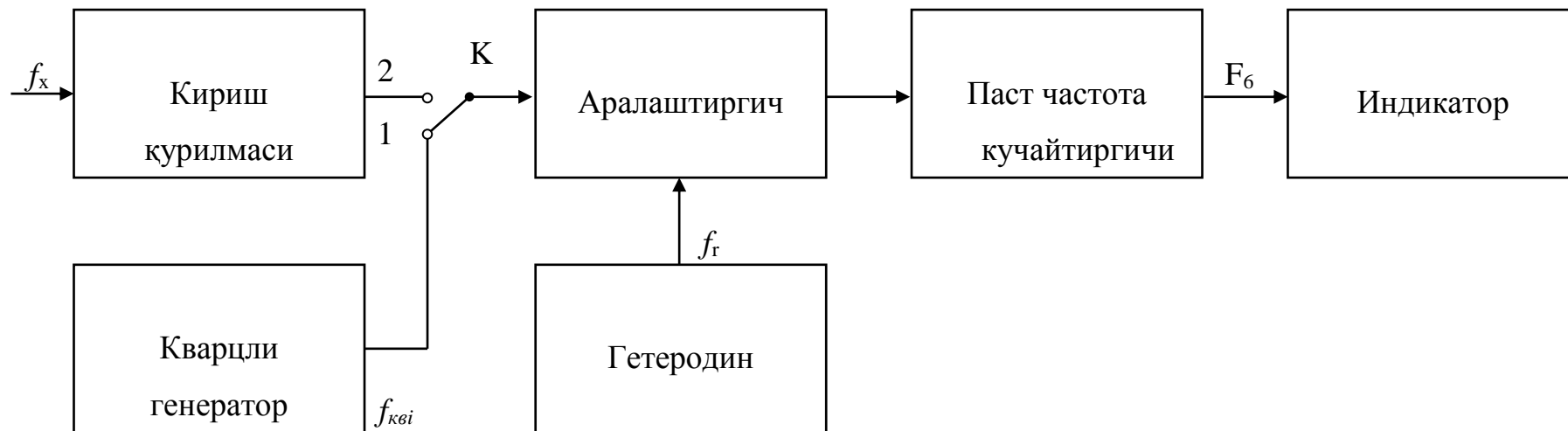
ҳосил қилади. Бу ерда $n = 1, 2, \dots$ бутун сонлар. Фильтр (санок шкалали ҳажмий резонатор) ёрдамида улардан ўлчанаётган f_x частотага энг яқин бўлган f_n гармоникаси ажратиб олинади. Бунда аралаштиргичнинг чиқиш йўлида айирма частотали $\Delta f = |f_x - nf_0|$ сигнал пайдо бўлади. Оралик частотани кучайтиргичда айирма Δf частота билан ўлчовдош ўтказиш полосасига эга.

Тебранишларнинг номаълум f_x частотасини ўлчаш натижаси $\Delta f = |f_x - nf_0|$ формуласи бўйича автоматик равишда ҳисобланади, бунда гармониканинг n тартиб рақами фильтр шкаласидан ўқилади. Охири ифода бир қийматли бўлмаганлиги сабабли, аниқроқ натижани олиш учун иккинчи ўлчаш амалга оширилади, бунда фильтр ёрдамида nf_0 билан қўшни бўлган $(n \pm 1)f_0$ гармоникаси танланади. Агар натижалар мос келса, улар тўғри деб ҳисобланади.

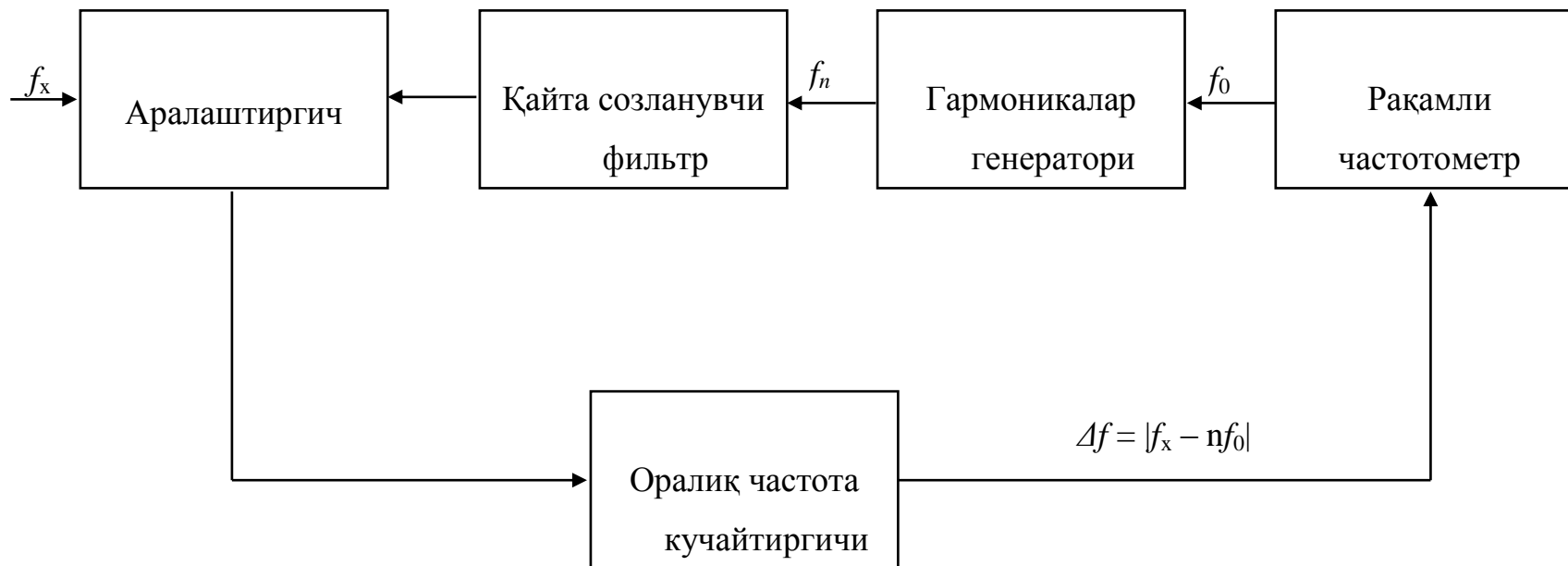
Частотани ўлчашнинг резонансли усули

Резонанс усулида тебранма контурдаги резонанс ҳодисаси қўлланади. Шунинг учун резонанс частотаўлчагичнинг ишлаш принципи ўлчанаётган f_x частотани даражаланган тебранма контур ёки резонаторнинг ўз резонанс f_p частотаси билан таққослашга асосланган. Бу усулда ишлайдиган ўлчаш асбоблари резонанс частотаўлчагичлар деб аталади; уларнинг умумий тузилиш схемаси 8.9-расмда берилган.

Тебраниш системаси кириш қурилмаси орқали ўлчанаётган частота сигнали $U(f_x)$ билан уйғотилади. Тебраниш системасидаги тебранишлар интенсивлиги резонанс пайтида, яъни $f_x = f_p$ да кескин кўпаяди. Тебраниш системасига уланган резонанс индикатори бу моментни қайд этиб қўяди ва ўлчанаётган f_x частота қиймати созлаш механизмининг даражаланган шкаласидан ҳисобланади.



8.8-расм. Гетеродинли частотомернинг соддалаштирилган тузилмавий схемаси



8.9-расм. Дискрет гетеродинли ўзгарткичнинг тузилмавий схемаси

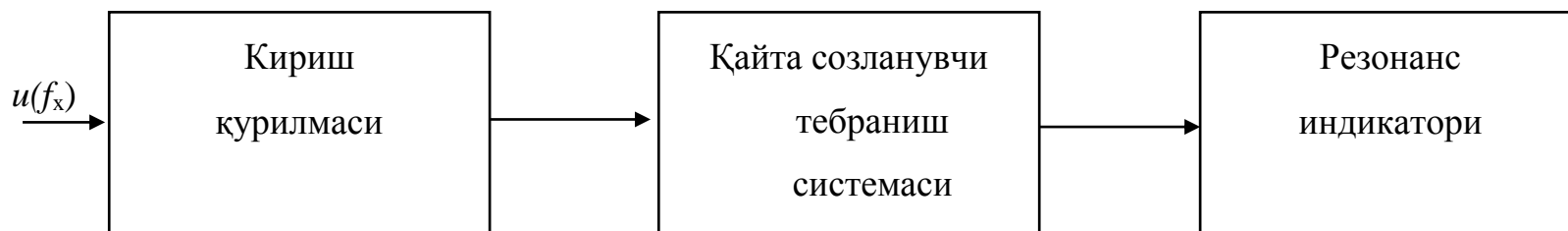
Бу принципдан келиб чиқадики, тебранма контурнинг резонанс эгри чизиғи аниқ ифодаланган максимумга эга бўлиши шарт. Маълумки, резонанс эгри чизиғи қанчалик ўткир бўлса, Q контур асслиги шунчалик юқори бўлади. Тебранма контурнинг турига қараб асслик ғужланган доимийли контурнинг бирнеча юз бирлигидан ҳажмий резонатор кўринишида бажарилган 10000-30000та контурга микдордан иборат бўлади.

Юз мегагерцгача бўлган частоталарда тебраниш системаси сифатида тебранма контурлар ишлатилади: 1 ГГцгача бўлган частоталарда – тақсимланган параметрли контурлар (коаксиал узаткич кесмалари); 1 ГГцдан юқори частоталарда ҳажмий резонаторлар ишлатилади.

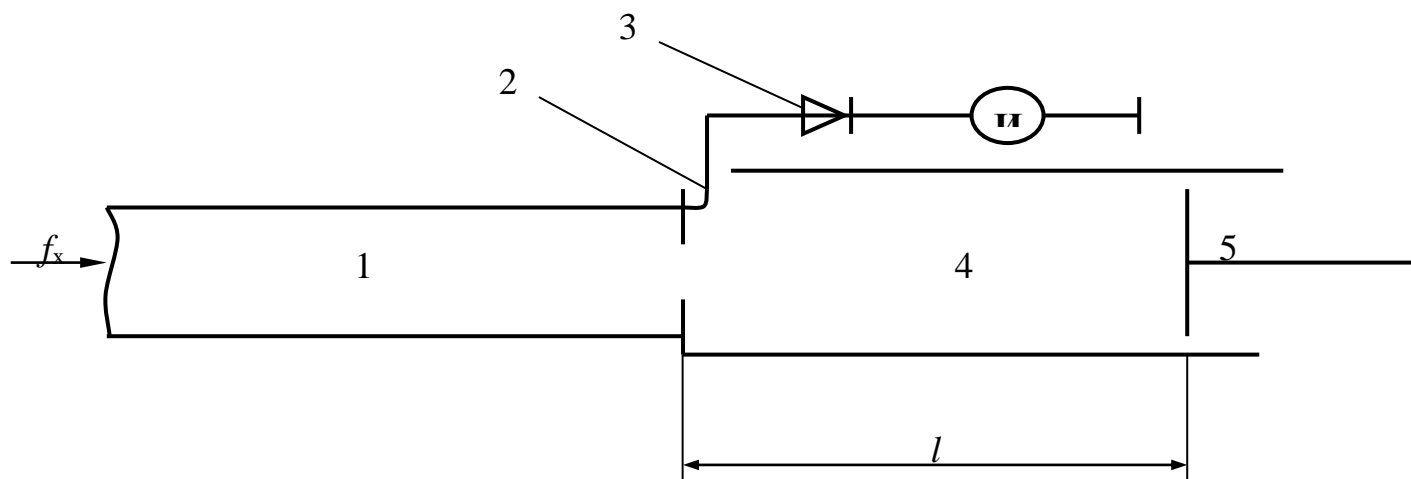
8.10-расмда ҳажмий резонаторли резонанс частота ўлчагичнинг тузилиш схемаси келтирилган.

Резонансга созлаш momentiда ҳажмий резонаторнинг чизиқли l ўлчами унда электромагнит тебранишларни уйғотувчи тўлқиннинг λ узунлиги билан боғлиқ. Резонанс резонаторнинг $l = n\lambda/2$ узунлигида ҳосил бўлади, бу ерда $n=1, 2, 3$, ва ҳк. Плунжерни биринчи резонанс ҳосил бўлгунича суриб, кейин иккинчисигача суриб, санок шкаласи бўйича $\Delta l = l_1 - l_2 = \lambda/2$ фарқни баҳолаб, тўлқиннинг λ узунлигини аниқлаш мумкин. Бу ерда l_1 ва l_2 – биринчи ва иккинчи резонанс momentiда санок шкаласининг чизиқли кўрсаткичлари. Ўлчанган f_x частота $f_x = c/\lambda$ формуласи бўйича ҳисобланади, бу ерда c – ёруғликнинг вакуумда тарқалиш тезлиги.

Резонанс частотаўлчагичлар нисбатан содда қурилма бўлиб, ишлатишга ҳам қулай. Уларнинг энг аниқлари частота ўлчашда 10^{-3} - 10^{-4} нисбий хатони беради. Хатонинг асосий манбалари резонатор резонансидаги созлаш хатолиги, санок шкаласи хатолиги ва маълумотларни ҳисоблаш хатоларидир.



8.10-расм. Резонансли частотомернинг умумлашган тузилмавий схемаси



8.11-расм. Резонансли частотомернинг тузилмавий схемаси.

1 – тўлқинни йўналтиргич; 2 – алоқа боғламаси; 3 – детектор (диод);
4 – ҳажмли резонатор; 5 – плунжер; И – резонанс индикатори

8.5. Частотамерларнинг ўлчаш хатоларини метрологик баҳолаш

Частотани ўлчашнинг умумий тамойилига мос ҳолда хатоларнинг ташкил этувчиларини унга гуруҳда тақдим этиш мумкин: частота ўлчовининг хатолари, частотанинг ўлчанаётган қиймати билан ўлчовнинг таққослаш хатолиги ва санок импульсларини шакллантириш хатолари. Маълумки, электрон-ҳисобли частотомерларда частотанинг ўлчови бўлиб кварцли таянч генераторининг f_0 – частотаси бўлиб ҳисобланади. Уни тақсимлаш (бўлиш) асосида вақтнинг зарурий санок интервали шакллантирилади. Генератор частотасининг нисбий хатолиги (нобарқарорлиги) қиймати

$$\delta_0 = \pm \Delta f / f_0 \quad (8.22)$$

бўйича худди шундай санок оралиғининг давомийлигини шакллантирувчи нисбий хатони, яъни унга тенг бўлган частотани ўлчаш хатолигининг ташкил этувчисини юзага келтиради.

Шакллантириш системасини ишлатиб юбориш нобарқарорлигига таъсир кўрсатувчи санок интервалини шакллантириш хатолиги электрон-ҳисобли частотомерларда ҳисобга олмаса ҳам бўладиган кичик бўлганлиги учун амалда бу хато эътиборга олинмайди. Худди шундай санок импульсларини шакллантириш хатолиги ҳам сезиларсиз даражада кам бўлади, уларнинг кетма-кет келиш частотаси юқори аниқлик билан ўлчанаётган частота қийматига мос келади.

Частотани ўлчаш хатолигининг характерли ташкил этувчиси бўлиб таққослаш хатолиги ҳисобланиб, вақтнинг санок интервали ҳисобининг дискретлиги ҳисобига мавжуд бўлади. Қатор мулоҳазалар асосида хатонинг бундай ташкил этувчисини аниқлаш мумкин. f_x частотани вақтнинг калибрланган ҳисоб оралиғидаги ҳисоблагич билан саналувчи m импульслар даврига таққослаш йўли билан амалга оширилади. Ҳисобнинг дискретлиги ва

санок импульслари вақт ҳолатларининг санок оралиғига нисбатан боғлиқ эмаслигига кўра таққослашнинг максимал абсолют хатолиги мавжуд бўлиши мумкин ва у санок импульсларининг битта даврига тенг бўлади.

$$\Delta t_{\text{так}} = \pm 1 / f_x \quad (8.23)$$

Ушбуга кўра, дискретликка асосланган $t_{\text{сан}}$ санок интервалидаги таққослашнинг нисбий хатолиги

$$\delta f_{\text{ўр}} = \Delta t_{\text{ўр}} / t_{\text{сан}} = \pm 1 / (t_{\text{сан}} f_x) \quad (8.24)$$

тенг бўлади. Электрон ҳисобли частотомер билан частотани ўлчашнинг натижавий нисбий хатолигини унинг чегаравий қиймати билан баҳоланиши қабул қилинган бўлиб, унинг иккита зарурий ташкил этувчилари йиғинди сифатида ифодаланади:

$$\delta f_{\text{чег}} = \pm [\delta_0 + 1 / (t_{\text{хис}} f_x)] \quad (8.25)$$

Шунга биноан қуйидаги муҳим натижага эга бўлинади: электрон-ҳисобли частотомер билан частотани ўлчаш хатолиги унинг қийматига боғлиқ. Кичик f_x ларда таққослаш хатолигининг ташкил этувчиси (санок хатолиги) кварц генераторининг нобарқарорлигига асосланган ташкил этувчидан анча кўпроқ бўлиши мумкин. Кўрсатилган паст частоталарни ўлчаш бўйича хатоларни санок вақти интервалини ошириш ҳисобига камайтириш мумкин. Ёки сигналнинг даврини ўлчашга ўтиб, электрон-ҳисобли частотомер киришига ўлчанадиган частота кўпайтиргичларини улаш йўли билан эришиш мумкин.

9. ФАЗАЛАР ФАРҚИНИ ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИ

9.1 Электромагнит тебранишларнинг фазаси тўғрисида тушунча

Электр гармоник тебранишларнинг асосий параметрларидан бири бўлиб, тебранма жараённинг ҳолатини исталган вақт momentiдаги аниқловчиси бўлиб фаза ҳисобланади. Биргина тебранишнинг фазаси каби иккита тебранишлар фазаларининг ўзаро нисбати муҳимдир. Фазалар ва фазалар силжишини ўлчаш зарурати, кучайтиргичларни, филтрларни, чизиқли занжирлар, фазаайланттиргичларни даражалашда, телекоммуникацион тизим боғламаларининг фаза частотавий характеристикаларини олишда намоён бўлади. Фаза тушунчаси фақат гармоник жараёнларга хосдир. Гармоник бўлмаган, масалан, импульсли жараёнлар учун фазалар фарқи ёки фазалар силжишини жараёнлар орасидаги вақт бўйича сурилиш тушунчаси билан алмаштириш мумкин. Фазалар фарқини ўлчашнинг осциллографик, фазалар фарқини ток ёки кучланишга айлантириб ва ушбу катталикларни ўлчаш, компенсацион ҳамда вақт интервалига айлантириш усуллари мавжуд. Фазалар фарқини ўлчаш муҳим масалалардан ҳисобланади.

Электромагнит гармоник тебранишнинг асосий параметрларидан бири бўлган, ҳар қандай берилган моментда тебраниш процессининг ҳолатини аниқловчи параметр бу – фазадир. Битта тебраниш фазаси билан бир ўринда иккита тебраниш фазаларининг нисбати ҳам ўрганилади. Бу ҳол фазавий силжиш деб аталади, бунда икки гармоник тебранишнинг ўзаро таъсири аниқланади. Фаза ва фаза силжишини ўлчаш зарурати кучайтиргичлар, филтр, линия занжирларини ўрганишда, фазаайланттиргичларни даражалашда, телекоммуникация системалари боғламаларининг фазавий-частотавий характеристикаларини олишда ва бошқаларда юзага келади.

“Фаза” тушунчаси ҳар қандай конкрет моментдаги гармоник (синуссимон) тебранишни билдиради. U_{m1} амплитудали ва ω доиравий частотали $u_1(t) = U_{m1}\sin(\omega t + \varphi_1)$ гармоник тебраниш учун t вақтнинг ҳар қандай momentiдаги жорий (лаҳзавий) фаза $\varphi(t) = \omega t + \varphi_1$ функция аргументидан иборат бўлиб, бу ерда φ_1 – бошланғич фаза.

Радиоўлчашлар амалиётида одатда тенг частотали икки гармоник тебраниш фазаларининг фарқини ўлчаш вазифаси бажарилади. Бир хил частотали икки сигнал орасидаги фаза силжиши 0 , $\pi/2$ ёки π га тенг бўлса, улар мос равишда *синфаз*, *квадратурада жойлашган*, ёки *тескари фазали* деб аталади.

Бир хил частотали

$$u_1(t) = U_{m1}\sin(\omega t + \varphi_1) \text{ ва } u_2(t) = U_{m2}\sin(\omega t + \varphi_2) \quad (9.1)$$

гармоник сигналларнинг $\Delta\varphi$ *фазавий силжиши* деб уларнинг бошланғич фазалари фарқининг модулига айтилади:

$$\Delta\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|. \quad (9.2)$$

Одатда $\varphi_1 - \varphi_2$ катталиқ икки сигнал *фазалари фарқи* деб аталади. Агар φ_1 ва φ_2 сигналлар бошланғич фазалари ўзгармаса, $\Delta\varphi$ фазавий силжиши вақтга ва санок бошланишига боғлиқ бўлмайди.

Ҳар хил доиравий частотали икки гармоник тебраниш учун фазалар фарқи қуйидагича аниқланади:

$$\Delta\varphi = (\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1 - \varphi_2 \quad (9.3)$$

Бу катталиқ вақтнинг чизиқли функциясидир.

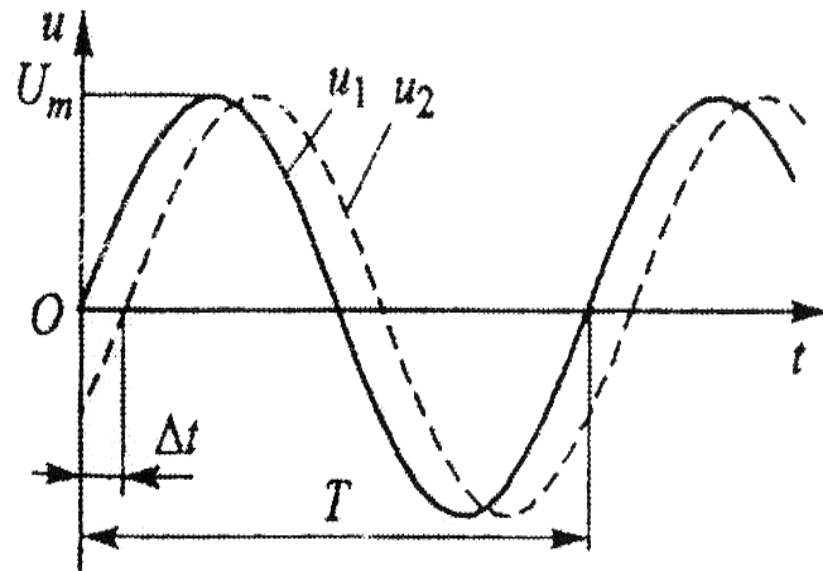
Ногармоник тебранишлар учун фазавий силжиш тушунчаси уларнинг вақт бўйича силжишига алмашади. Бу ҳолда бир сигналнинг иккинчисига нисбатан кечикиш вақти ўлчанади.

Конкрет ўлчаш вазифаси ва ўлчашлар бажариладиган частоталар диапазониға қараб, фазавий силжишни ўлчаш аниқлигиға талаб ҳар хил бўлиши мумкин – анча ноаниқ (ўлчаш хатолиги $1...5^\circ$) ўлчашлардан етарлича аниқ ($0,01^\circ$) ўлчашларгача.

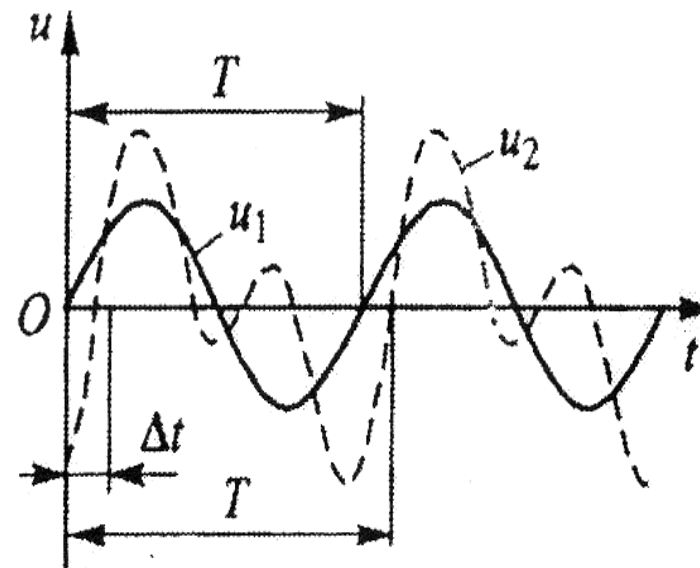
Кўпинча тенг частотали икки гармоник тебранишнинг фазавий силжишиға сигналларнинг фазаларига мос келувчи Δt вақтдаги силжиши сифатида қаралади. Жумладан, $T = 2\pi/\omega$ даврдаги, $u_1(t) = U_m \sin \omega t$ ва $u_2(t) = U_m \sin \omega(t - \Delta t)$ сифатида ёзилган (9.1, а-расм) тебранишлар учун фаза силжиши, радианда, қуйидагича бўлади:

$$\Delta\varphi = \omega\Delta t = \frac{2\pi\Delta t}{T} \quad (9.4)$$

Даврий гармоник ва ногармоник сигналлар ҳамда бир хил T даврли икки ногармоник сигналға (9.1 б-расм) нисбатан уларнинг Δt вақтдаги силжиши (кечкиши) тушунчаси қўлланилади.



а



б

9.1-расм. Бир хил даврли икки сигнал графиклари:

а – иккаласи ҳам гармоник;

б – бири гармоник, иккинчиси нoгармоник

Фазавий силжишни ўлчаш учун фазаметрлардан фойдаланилади, силжиш бирлиги сифатида эса фазаайлантиргич қўлланилади. Таърифга кўра, фазаайлантиргич – электромагнит тебранишлар фазасини ўзгартиришда қўлланиладиган қурилма бўлиб, у автоматика, алмаштириш ва ўлчаш техникасида ишлатилади. Фазаайлантиргичлар ростланувчи ва ростланмайдиган бўлади.

Энг содда фазаайлантиргичлар бу дифференциалловчи ва интегралловчи RC-занжирлардир. RC-турдаги фазаайлантиргичлар паст частоталар соҳасидаги ўзгармас (одатда 90°) ва равон (кенг бўлмаган миқёсда) ўзгарувчи фазавий силжишни олиш учун ишлатилади. Бу фазаайлантиргичлар ғужланган параметрли занжирларга киради. Бундан ташқари мураккаброқ фазаайлантиргичлар ҳам ишлатилади, улар кенгрок диапазондаги ($0...360^\circ$) фаза ўзгариши ҳамда юқори ва ўта юқори частоталарда ишлашни таъминлайди.

Фазавий силжишни ўлчаш учун турли усуллардан фойдаланилади: осциллографик, компенсацион, фазавий силжишни вақт интервалига айланттириш, рақамли (дискрет ҳисобли).

Юқорида келтирилган усуллардан фойдаланиб фазавий силжишни ўлчайдиган асбобларга аналог ва рақамли фазаметрлар киради. Улар инфратовушдан юқори частоталаргача бўлган диапазонда ўлчашни амалга оширади.

9.2 Фазавий силжиш ва фазавий параметрларни ўлчашга доир маълумотлар

Фазалар фарқи физикавий катталиқ сифатида сигнални электр занжири орқали кечикиб ўтишини миқдоран баҳолаш учун кенг қўлланилади. Шунга кўра, конкрет ўлчаш масаласи ва частоталар диапазониға боғлиқ ҳолда фазалар фарқини ўлчаш аниқлигиға қўйиладиган талаблар турлича, яъни

қўпол ўлчашлардан ($1 \div 5^\circ$) аниқ ўлчашларгача ($0,005^\circ$) бўлиши мумкин. Фазалар фарқини ўлчаш учун мураккаблиги турлича бўлган ўлчаш усуллари қўлланилади ва бунда аналог ва рақамли электрон фазаметрлардан (осциллографик усулдан ташқари) фойдаланилади. Ушбу ўлчаш воситалари инфратовуш диапазонидан юқори частоталаргача бўлган диапазонда фазалар фарқини ўлчашни таъминлайди.

Алоқа, линия ва трактларнинг элементлари ва аппаратура боғламаларининг фазавий параметрлари муҳим аҳамиятга эга, чунки сигналларни аниқ такрорлаш учун барча узатилаётган частоталар тенг вақт оралиғида тарқатилиши зарур. Бу айниқса дискрет маълумот ва телевизион сигналларни узатишда, бундан ташқари, туридан қатъи назар барча сигналларни узок масофага узатишда муҳим аҳамият касб этади.

Синуссимон сигналнинг занжир бўйлаб тарқалиш вақти $t_{\text{тар}}$ га тенг бўлса, бу вақт ичида фаза сигнали ўзгарадиган φ_a абсолют фаза бурчаги $\varphi_a = \omega t_{\text{тар}}$ га тенг. *Нисбий фазавий силжиш* деб $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ га тенг бўлган катталиқка айтилади, бу ерда φ_2 – синуссимон сигналнинг ўлчанаётган система чиқишидаги фазасидир. φ_1 – система киришидаги фаза (бу сигнал одатда таянч сигнали деб аталади ва $\varphi_1 = 0$ деб олинади).

Кўп частотали сигналларнинг фазавий бузилишлари одатда кечикишнинг абсолют гуруҳий вақтига частотавий боғлиқдир. Бу вақт $\omega : t_{\text{а.гр}} = d\varphi / d\omega = t_{\text{тар}} + \omega(dt_{\text{тар}}/d\omega)$ доиравий частота бўйлаб φ фазавий силжишнинг ҳосиласи орқали аниқланади. Бундан келиб чиқадики, кечикишнинг абсолют гуруҳий вақти $t_{\text{тар}}$ билан маълум катталиқнинг йиғиндисига тенг. Бу катталиқ фазанинг частота билан кечикиши ўзгаришини ҳисобга олади. Агар $t_{\text{тар}}$ частотага боғлиқ бўлмаса, унда $\tau_{\text{а.гр}} = t_{\text{тар}}$. Кечикишнинг гуруҳий вақтини ўлчаш амалиётида частота ва фазанинг чексиз орттирмалари нисбатан кичик якуний орттирмаларга алмашинади: $t_{\text{гр}} = \Delta\varphi / \Delta\omega = (\varphi'' - \varphi') / (\omega'' - \omega')$. (бу ерда φ'' ва φ' - ω'' ва ω' частоталардаги фаза силжишлари). $t_{\text{гр}}$ катталиги кечикишнинг нисбий гуруҳий вақти деб аталади. У ҳақиқий (абсолют) $t_{\text{а.гр}}$ катталиқдан 2

$k\pi/\omega$ катталиққа фарқ қилиши мумкин. $t_{гр}$ нинг частота ўзгариши билан беқарорлиги (фаза силжиши частотавий характеристикасининг чизиқлиқдан оғиши)ни $t_{гр}$ характеристикасининг бузилиши ёки фазавий бузилиш деб аталади.

Тўртқутблилар, алоқа қурилмаларининг боғлама ва элементлари, электрон схемалар ва бошқаларни ўрганишда одатда фазавий силжишлар ва уларнинг частота характеристикалари ўлчанади. Кучланиш ва ток орасидаги фазавий силжишни ўлчаш орқали куч занжирларидаги қувват коэффициентини баҳолаш мумкин. Ишлаб турган магистралларда ва алоқа қурилмаларини синашда одатда кечикишнинг гуруҳий вақти ва қурилманинг частотавий характеристикалари ўлчанади. Тонал частотали каналларда $t_{гр}$ нинг 1000 Гц частотага нисбатан нотекислик қиймати нормаланади, кенг полосали каналларда эса каналнинг ўртача частотасига нисбатан нормаланади. Шу тарзда, алоқа қурилмаларида қайсидир ω частотада сигналнинг ω_0 таянч частотага нисбатан кечикиши ўлчанади. Шу сабабли тарқалишнинг нисбий вақти бўлган $t_{гр}$ ни ҳақли равишда кечикишнинг гуруҳий вақти деб аталади.

Фазавий силжишни ўлчашнинг қуйидаги усуллари мавжуд: осциллографик усул, йиғинди ва фарқли кучланишларни ўлчаш усули, фазавий силжишни импульслар оралиғидаги вақт интервалига алмаштириш усули, таққослаш ва компенсация усуллари, частотани алмаштириш усули ва кириш қаршилиқларини ўлчашга асосланган усуллар мавжуд.

Амалиётда асосий частота бўйлаб икки даврий импульсли кучланиш орасидаги “фаза силжиши” тушунчасига дуч келиш мумкин. Бу фарқ ўрганилаётган кучланишлар импульслари орасидаги нисбий вақтинчалик силжиш билан аниқланади: $\varphi=360^\circ\Delta t/T$ (T – импульсли кучланиш даври).

Кечикишнинг гуруҳий вақти қуйидаги усуллар билан ўлчанади: “нуқталар бўйлаб”, осциллографик, гуруҳий сигналларни узатиш орқали ва панорамали усуллар (олдинги усулнинг бир тури) билан. Фазавий силжишни

ўлчашнинг барча усуллари ёрдамида кечикишнинг нисбий вақтини ҳам билвосита аниқлаш мумкин.

9.3. Фазаметрларнинг турлари

Аналог фазаметрлар

Аналог фазаметрлар билан фазалар фарқини ўлчаш усулининг моҳияти иккала синусоидал кучланишни даврий қисқа импульслар кетма-кетлигига ўзгартиришдан иборат. Бу кучланишларнинг бир хил ишорали ташкил этувчилари билан нол орқали ўтиш моментларига мос. Энг яқин импульслар орасидаги вақт интерваллари аниқланаётган фазалар айирмасига тенг (9.2-расм). Ўзгартиришдан сўнг вақт интервалининг (даврга нисбатан) нисбий қиймати аниқланади. Маълум $\varphi = \Delta t$ ва $\omega = 2\pi/T$ ифодалардан фойдаланиб, фазавий силжиш φ ва нисбий вақт интервали орасидаги муносабатни аниқлайдиган ушбу формулани ёзишимиз мумкин:

$$\varphi = 360^\circ \frac{\Delta T}{T} \quad (9.5)$$

Шуни қайд этиш керакки, фазавий силжишни вақт интервалига ўзгартиришда шовқин халақитларининг таъсири туфайли тасодифий хатолар юзага келиши мумкин.

Ушбу баён қилинган усул кенг тарқалган. Бу усул бир-биридан асосан нисбий вақт интервалини ўлчаш усули билан фарқландиган турли фазаметрларда учрайди.

Магнитоэлектрик ўлчагичли фазаметр

Ҳар бир канали кучайтиргич-чеклагич, дифференциалловчи занжир ва бир томонлама чеклагичдан иборат шакллантирувчи қурилма (9.3-расм) гармоник тебранишларни, 9.2-расмда кўрсатилганидек, синусоиданинг бир

хил ишорали ташкил этувчилари билан нол орқали ўтиш моментига мос тик фронтни қисқа импульслар сериясига ўзгартиради. Қўшни импульслар жуфтликларидан триггер ёрдамида ΔT давомийликдаги тўғри бурчакли импульслар шаклланади. Нисбий вақт интервали $\Delta T/T$ триггернинг тармоқларидан бирига уланган магнитоэлектрик асбоб ёрдамида ўлчанади.

Ўлчаш кетма-кетлиги қуйидагича бажарилади. Ўлчанаётган сигналлар берилишига қадар триггер ток асбоб орқали оқиб ўтмайдиган ҳолатда бўлади. Иккала киришга синусоидал шаклдаги сигналлар берилганидан кейин (сигнал u_1 сигнал u_2 дан илгари кетади), каналларнинг чиқишларида мусбат импульсларнинг даврий кетма-кетлиги пайдо бўлади.

1-каналнинг биринчи импульси триггернинг ҳолатини ўзгартиради, бунинг натижасида ток схеманинг магнитоэлектрик асбоб уланган чап қисмида пайдо бўлади. Ўлчанаётган фазавий силжишга пропорционал бўлган ΔT интервалдан кейин иккинчи каналдан иккинчи импульс келиб, триггерни дастлабки ҳолатига қайтаради. Асбоб орқали ўтаётган ток тўхтабди. T даврдан сўнг жараён такрорланади ва ҳ.к. Триггер ΔT давомийликдаги тўғри бурчакли импульсларни шакллантиради (9.4-в расм). Магнитоэлектрик асбоб токнинг бир давр ичидаги ўртача қийматини кўрсатади:

$$I_{\text{ўрт}} = \frac{\Delta T}{T} I_{\text{м}} \quad (9.6)$$

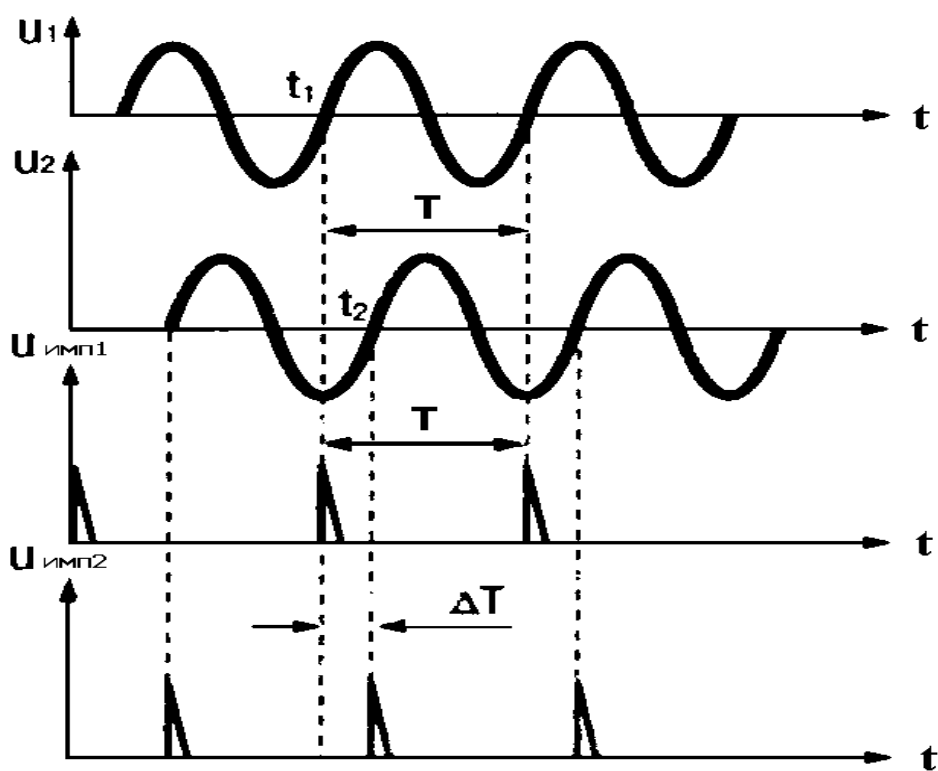
(9.5) ва (9.6) ифодаларни таққослаш

$$\varphi^\circ = 360^\circ \frac{I_{\text{ўрт}}}{I_{\text{и}}} \quad (9.7)$$

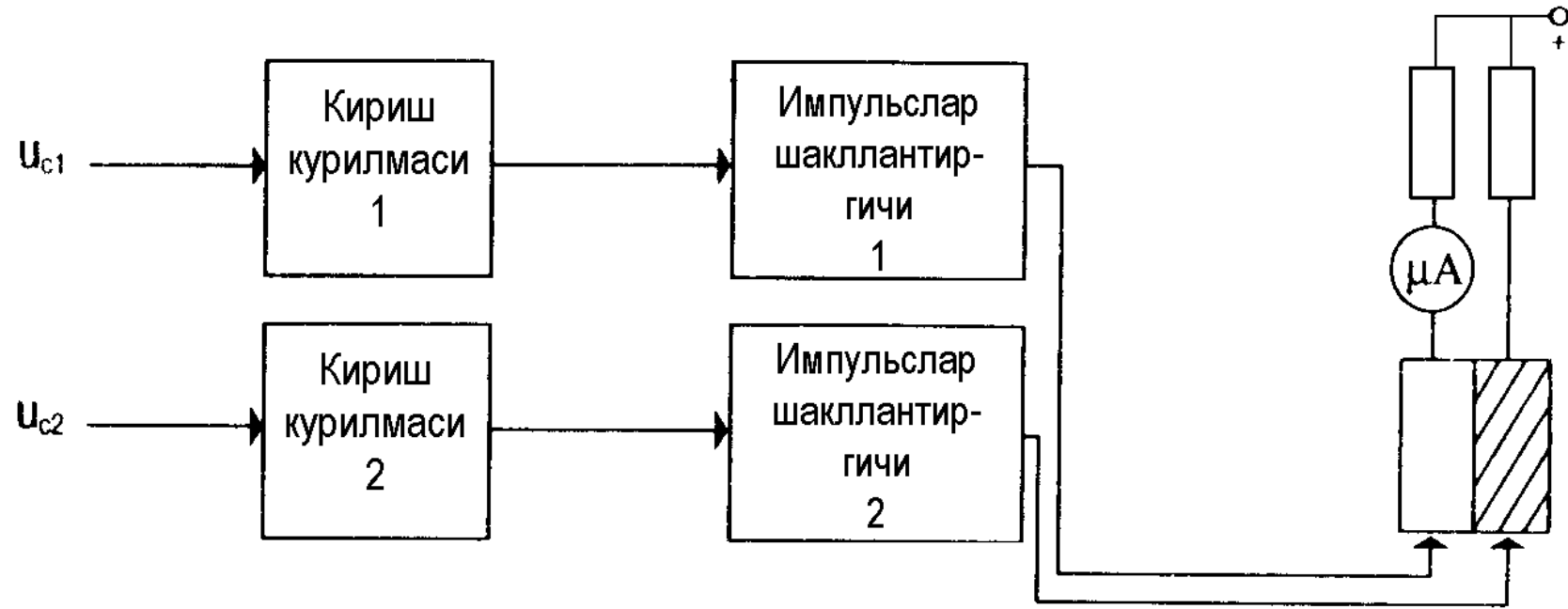
формулага олиб келади, бундан кўриниб турибдики, φ° ва $I_{\text{ўрт}}$ катталиклар орасидаги боғланиш чизиқлидир. Индикаторли асбоб шкаласини бевосита градусларда даражалаш мумкин, чунки $I_{\text{м}} = \text{const}$ (транзисторнинг тўйиниш токи билан аниқланади).

Асбобнинг ажратиш қобилияти

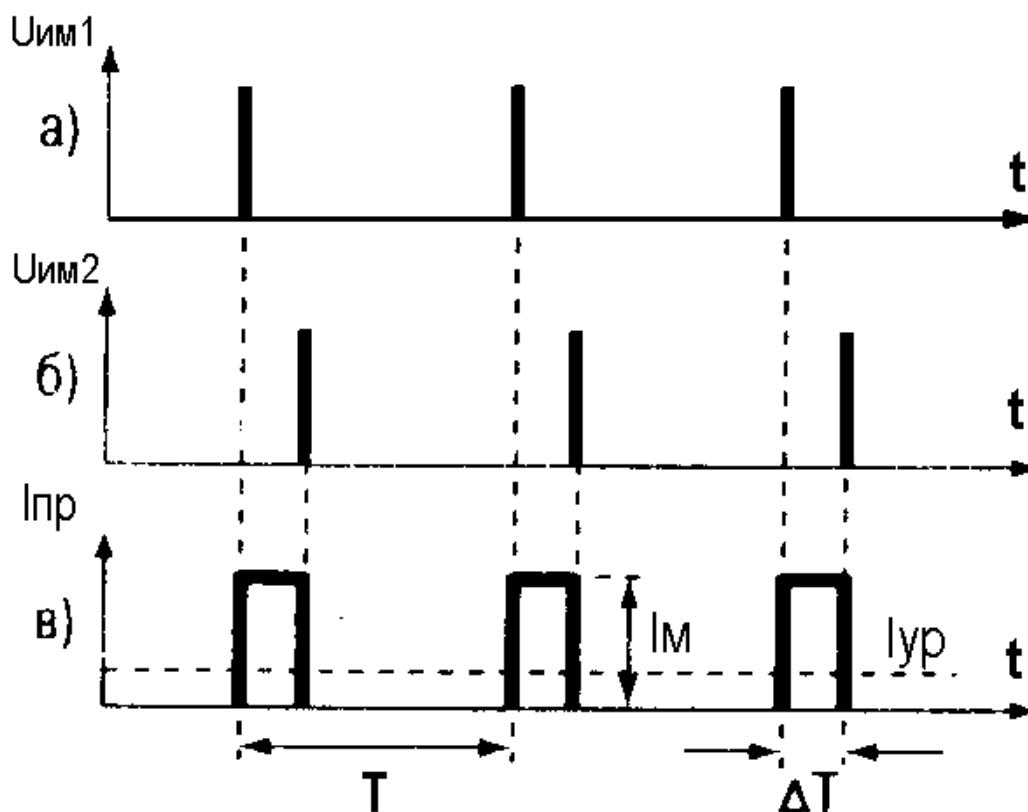
$$\Delta\varphi = \frac{360^\circ}{I_M} \Delta I_{\text{ўрт}} \quad (9.8)$$



9.2-расм. Аналог фазаметрнинг иш тамойилини тавсифловчи вақт диаграммалари



9.3-расм. Икки каналли шакллантирувчи қурилманинг тузилмавий схемаси



9.4-рasm. Икки каналли шакллантирувчи қурилманинг вақт диаграммалари

Электрон-ҳисобли фазаметр

Электрон-ҳисобли фазаметрда кўрсатиб ўтилганидек, вақт интервалларини дискрет санок методи билан ўлчаш мумкин. У, табиийки, маълум фазавий силжишга мос нисбий вақт интервалларини ўлчаш учун ҳам қўлланилиши мумкин. Бу методни вақт интервалларини рақамли ўлчагич ёрдамида амалга ошириш мумкин. Дастлаб бир давр ичида фазавий силжишни ўлчаш тамойилини қараб чиқамиз. Қуйидаги ишларни бажаришга келтирилади. Тадқиқ қилинаётган синусоидал кучланишнинг даврини ўлчанмоқда. Бу ҳолда ундан вақт дарвозалари шакллантирилади ва улар $F_{\text{сан}}$ частота билан келаётган санок импульслари билан тўлдирилади (9.5-б ва в-рasm). Ҳисоблагич томонидан бир давр ичида саналган импульслар сони

$$N = F_{\text{сан}} T \quad (9.9)$$

га тенг.

Ораларидаги фазавий силжишлар ўлчаниши лозим бўлган y_1 ва y_2 синусоидал кучланишлар қисқа бир кутбли импульслар жуфтликларига ўзгартирилади.

Импульслар жуфтликларидан асбобда ΔT га тенг вақт дарвозалари шакллантирилади (биринчи импульс фронтни, иккинчи импульс эса вақт дарвозалари қирқимини аниқлайди). «Дарвозалар» очиқ бўлганда ҳисоблагич ўша $F_{\text{сан}}$ билан келаётган импульсларни санайди (9.5,г-расм). Уларнинг сони

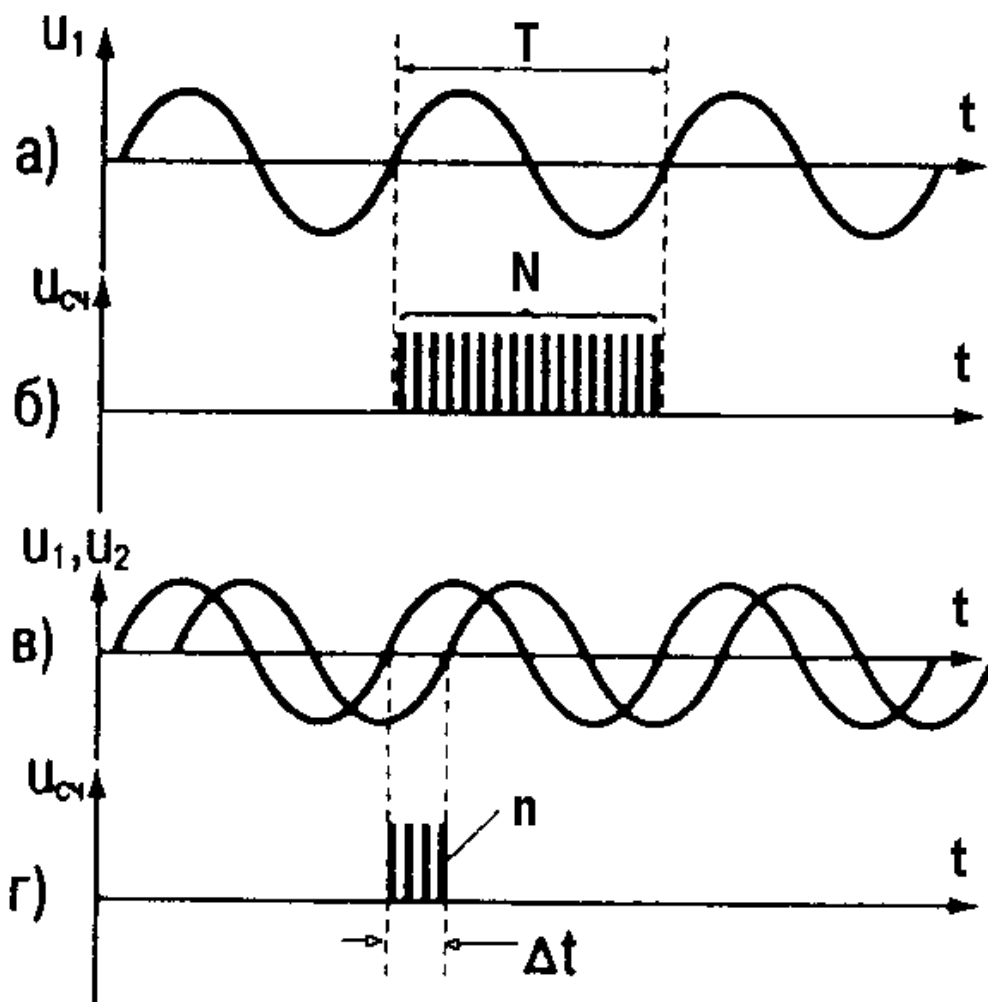
$$n = F_{\text{сан}} \Delta T \quad (9.10)$$

га тенг. (9.9) ва (9.10) формулаларни (9.5) формула билан таққослаб,

$$\varphi^\circ = 360^\circ \frac{n}{N} \quad (9.11)$$

ни ҳосил қиламиз.

Бу усул паст ва инфрапаст частоталарда юқори аниқликка эришиш имконини беради.



9.5-расм. Фазавий силжишни ўлчаш бўйича вақт диаграммалари

Кичик фазавий силжишларни ўлчашда ёки тадқиқ қилинаётган синусоидал кучланишларнинг частотаси юқори бўлганида келиш частотаси тадқиқ қилинаётган кучланишлар частотасида анча ортиқ бўлган санок частоталари кварцли генератори ҳамда катта сиғимли ва санок тезлиги жуда юқори ҳисоблагич талаб қилинади.

Дискретлик хатолигини фазавий силжиш ϕ нинг градусларида ифодалаб бу айтилган фикрларга ишонч ҳосил қилиш қийин эмас. ΔT нинг қийматини (9.2) ифодадан топиб (9.3) формулага қўямиз ва унда изланаётган кучланишнинг T даврини $f = 1/T$ частотага алмаштирамиз.

$$\text{У ҳолда} \quad \varphi^\circ = \frac{360^\circ}{F_{\text{сан}}} fn = c^\circ n \quad (9.12)$$

$$\text{бу ерда} \quad C = \frac{360^\circ}{F_{\text{сан}}} f \quad (9.13)$$

(9.11) ифодадан $\Delta\varphi^\circ = C^\circ \Delta n$ ни ҳосил қиламиз.

Дискретликнинг санок кичик разряди плюс-минус бирга тенг хатолигига, яъни $\Delta n = \pm 1$ га фазавий силжишни ўлчаш хатолиги

$$\Delta\varphi^\circ = \pm C^\circ \quad (9.14)$$

мос келади.

$f = 1$ МГц частотали иккита синусоидал кучланиш орасидаги фазавий силжишни абсолют дискрет хато $\Delta\varphi = \pm 0,1^\circ$ билан ўлчаш учун зарур бўладиган $F_{\text{сан}}$ частота (9.12) дан аниқланиши мумкин. Бунда $C^\circ = 0,1^\circ$ бўлганлиги учун (9.12) га асосан

$$F_{\text{сан}} = \frac{360^\circ f}{C^\circ} = 3600 \text{ МГц} \quad (9.15)$$

бўлади.

Гетеродинли ўзгартгич

Частотани гетеродинли ўзгартириш радиоприёмникларда кенг қўлланилади. Бироқ мазкур ҳолда иккита сигналнинг частотасини улар орасида фазавий силжиш сақланидиган қилиб жуда аниқ ўзгартириш зарур. 9.6-расмда бундай ўзгартгичнинг структуравий схемаси кўрсатилган. Ораларидаги фазавий силжиш ўлчаниши лозим бўлган сигналлар иккита бир хил аралаштиргичга берилади. Бу билан бир вақтда иккала аралаштиргичга битга гетеродиннинг ўзидан f_r частотали кучланиш келтирилади.

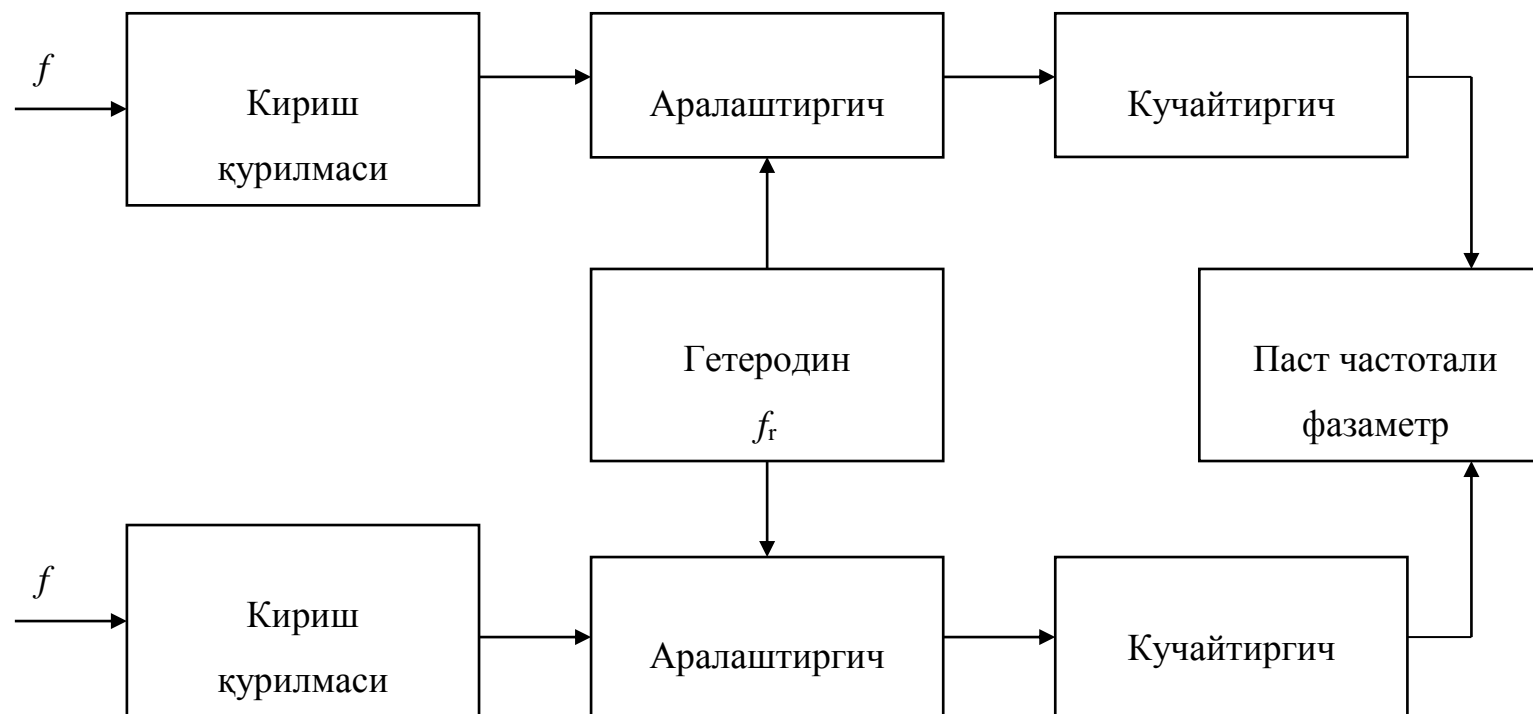
Аралаштиргичлар чиқишларида $f_T - f$ айирма частота кучланишлари ҳосил бўлади. Агар иккала канал айнан бир хил бўлса, у ҳолда кучайтиргичлар чиқишларида ҳосил бўлган кучланишлар орасидаги фазавий силжиш φ га тенг бўлади. Уни паст частотали фазаметр билан ўлчанади.

Частотани ўзгартириш зарурат туғилган ҳолда икки босқичли бўлиши мумкин.

Хатоларни бартараф қилиш учун схема шундай ростланадики, бунда битта манбанинг ўзидан фазаметрнинг иккала киришига кучланиш берилганида у нол силжишни кўрсатсин. Манба кучланишини қарама-қарши киришларга қайта уланганда ҳам кўрсатишлар ўзгармаслиги керак.

Фазаметрнинг кенг частоталар диапазонида ишлашига берилган диапазонда созланадиган гетеродин, кенг полосали аралаштиргичлар; аттенюаторлар ва схеманинг бошқа элементларидан фойдаланиш билан эришилади.

Частотани гетеродинли ўзгартириш методи бўйича ишлайдиган асбобга мисол қилиб 20 Гц дан 10 МГц гача частоталар диапазонида 0° дан 180° гача бўлган фазавий силжишларни ўлчайдиган Ф2-4 фазаметрини келтириш мумкин. 20 Гц дан 50 кГц гача частоталар диапазонида ишлайдиган паст частотали фазаметрдан ва частота ўзгартгичдан иборат.



9.6-расм. Частотани гетеродинли ўзгартиргич схемаси

9.4. Фазалар фарқини ўлчашнинг усуллари

Тебранишлар фазавий силжишини осциллограф ёрдамида ўлчаш учун чизиқли, синуссимон, доиравий ёйма усулларида ва мувозанатлаш усулларида фойдаланилади.

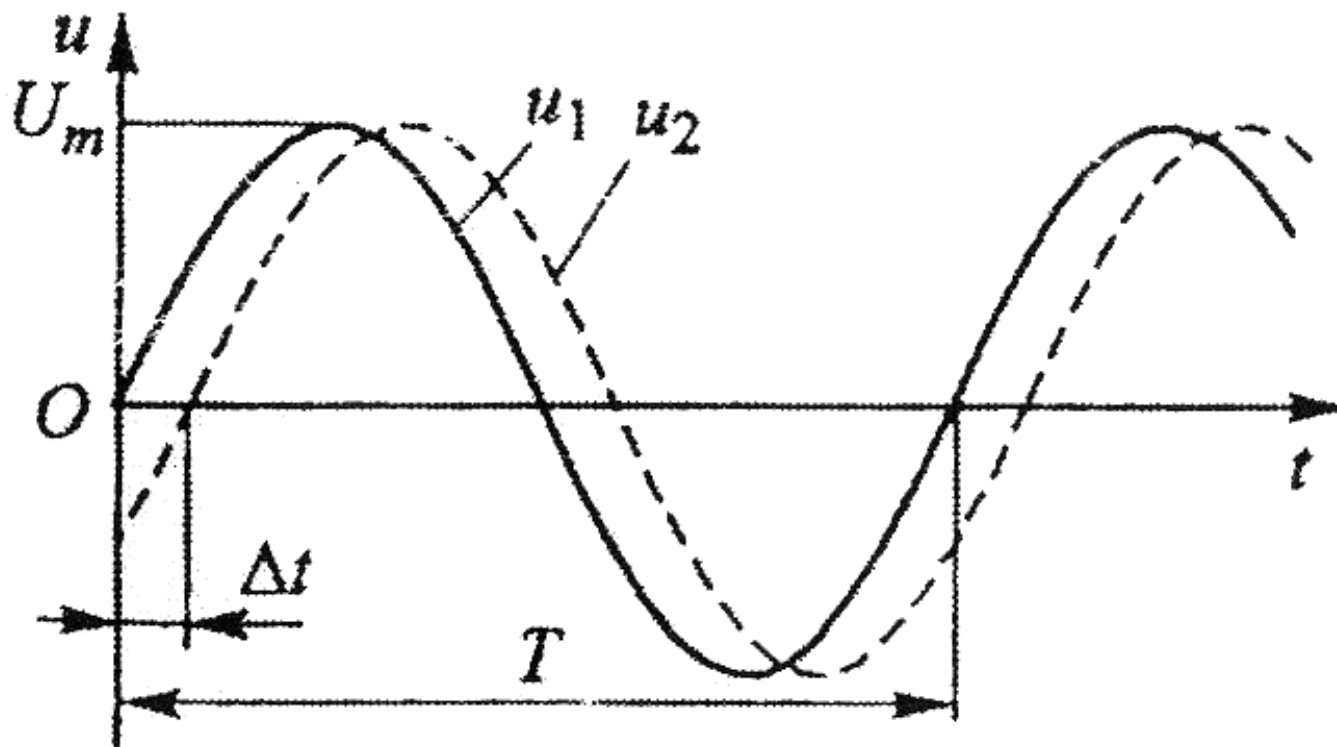
Чизиқли ёйма усулининг таҳлили

Чизиқли ёйма усулида осциллограф экранда бир вақтнинг ўзида иккита гармоник тебраниш кузатилади (9.7-расм). Бу усулда икки нурли ёки икки каналли осциллографнинг вертикал оғиш каналларига (Y_1 ва Y_2 киришига) $u_1(t)=u_1$ ва $u_2(t)=u_2$ кучланишлар узатилади ҳамда Δt ва T вақт интерваллари ўлчанади. Агар ўрганилаётган сигналлар Y киришга тезкор электрон коммутатор орқали кетма-кет узатилса, бир нурли осциллограф ишлатса ҳам бўлади (9.7-расм).



9.7-расм. Чизиқли ёйма усули.

Электрон коммутатор “меандр” туридаги импульслар ёрдамида алмаштиради. Бу импульслар тактли импульслар генераторидан келади ва $F \geq 25 \dots 100$ Гц частотада такрорланади.



9.8-расм. Бир хил даврли иккита гармоник сигнал графиклари.

Ҳар икки вариантда ҳам осциллографларнинг горизонтал ёймалари (ички синхр.) ўрганилаётган сигналларнинг бири билан синхронлаштирилиши керак. Ўлчашдан олдин иккала кириш кучланишининг амплитудаларини тенглаштириш мақсадга мувофиқ. Δt ва T даврий кесмаларини ўлчаб (9.8-расм), сигналларнинг фазавий силжишини даражада ҳисобланади:

$$\Delta\varphi = \frac{360^\circ \Delta t}{T} \quad (9.16)$$

Ўлчашнинг бу усулида $\Delta\varphi$ фазавий силжишни ўлчаш хатолиги $\pm(5\dots7)^\circ$ ни ташкил этади. Бу хато ёйманинг нозиклигидан, Δt ва T интервалларини ўлчаш ноаниқлигидан ҳамда вақт ўқи жойлашувини аниқлаш хатоларидан келиб чиқади.

Синуссимон ёйма усулининг таҳлили

Синуссимон ёйма усули (эллипс усули) да бир нурли универсал осциллографда битта сигнални нур оғишининг Y киришига, иккинчисини X киришига узатилади. Бунда осциллографнинг ёйма генератори ўчирилган бўлиши керак.

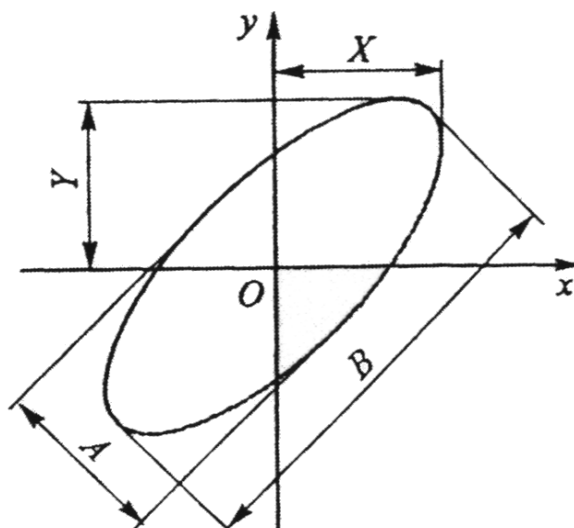
Осциллографнинг X ва Y киришига бир вақтнинг ўзида ўрганилаётган $u_1(t)=u_1=U_{m1} \sin\omega t$ ва $u_2(t)=u_2=U_{m2} \sin(\omega t + \varphi)$ кучланишлар берилган бўлсин. Улар учун фазавий силжиш $\Delta\varphi = \varphi$ бўлсин. Электрон нурнинг осциллограф экранида горизонтал ва вертикал ўқлар бўйича оний оғиши мос равишда куйидагига тенг:

$$x = h_x U_{m1} \sin \omega t = X \sin \omega t; \quad (9.17)$$

$$y = h_y U_{m2} \sin(\omega t + \varphi) = Y \sin(\omega t + \varphi), \quad (9.18)$$

бу ерда h_x , h_y – осциллографнинг электрон нурни горизонтал ва вертикал бўйлаб оғишига сезгирлиги; $x = h_x$, $y = h_y$ – нурнинг оғиш амплитудаси.

Бу гармоник кучланишлар таъсирида электрон нур осциллограф экранида эллипс шаклидаги фигурани чизади (9.9-расм).



9.9-расм. Фазалар фарқини эллипс усулида ўлчаш.

Пластиналардаги кучланишлар оғиши амплитудалари X ва Y ни тенг ($X=Y$) деб олайлик. Бу шартни бажариш учун ўрганилаётган кучланишларни навбати билан осциллографнинг вертикал ва горизонтал оғиш каналлари киришига узатилади. Вертикал ва горизонтал оғиш каналларининг кучайиш коэффициентларини ростлаш орқали нурнинг оғиши тенглаштирилади. Бунда ўлчанаётган фазавий силжиш эллипснинг ҳажми билан қуйидаги ифода орқали боғланган:

$$\operatorname{tg} (\Delta\varphi/2) = A/B, \quad (9.19)$$

бу ерда A – эллипснинг кичик ўқи, B – катта ўқи.

Шундай қилиб, эллипснинг кичик A ва катта B ўқларини ўлчаб, фазавий силжишни қуйидаги формула орқали осонгина топамиз:

$$\Delta\varphi = 2\arctg(A/B). \quad (9.20)$$

Эллипс методи фазавий силжишни $0...360^\circ$ да бир хил қийматда аниқлаш имконини бермайди. Ўлчашнинг бир қийматли бўлмаслиги қуйидаги фазавий силжишларга хос:

$$\begin{aligned} 0 < \Delta\varphi < 90^\circ \text{ ва } 270^\circ < \Delta\varphi < 360^\circ; \\ 90^\circ < \Delta\varphi < 180^\circ \text{ ва } 180^\circ < \Delta\varphi < 270^\circ; \\ \Delta\varphi = 90^\circ \text{ ва } \Delta\varphi = 270^\circ. \end{aligned}$$

$\Delta\varphi$ фазалар фарқини ўлчашда аниқроқ натижага эришиш учун u_2 сигнални осциллографнинг Y киришига фазаайлантиргич орқали узатиш керак. У 90° га қўшимча фазавий силжиш яратади. Осциллограмманинг ўзгаришига қараб $\Delta\varphi$ нинг қиймати ҳақида хулоса чиқариш мумкин.

Икки синуссимон сигнал орасидаги фаза силжишини эллипс усулида ўлчашнинг абсолют хатолиги $\pm(2...5)^\circ$ ни ташкил этади. У ифода (9.5) га кирувчи кесмалар узунлигини ўлчаш аниқлигига, осциллограмма ўлчамига ва осциллограф экранида нурни фокуслаш аниқлигига боғлиқ. Ўлчанаётган фаза силжиши 0 ёки 90° га қанчалик яқин бўлса, бу сабабларнинг таъсир кўрсатиши шунчалик катта бўлади.

Осциллографдан таққослаш қурилмаси сифатида фойдаланганда шуни ёдда тутмоқ лозимки, вертикал ва горизонтал оғиш каналлари кучайтиргичлари ҳосил қиладиган турли хилдаги фазавий силжишлар туфайли ўлчашнинг систематик хатолиги юзага келиши мумкин. Бу хилдаги силжишнинг мавжудлигини текшириш учун битта кучланишни бир вақтнинг ўзида иккита киришга узатилади.

Зарур бўлганида бошланғич силжиш ёрдамчи фазаайлантиргич ёрдамида компенсацияланади. Бунинг учун, ўлчашдан олдин ўрганилаётган битта сигнал осциллографнинг Y киришига тўғридан-тўғри узатилади, X

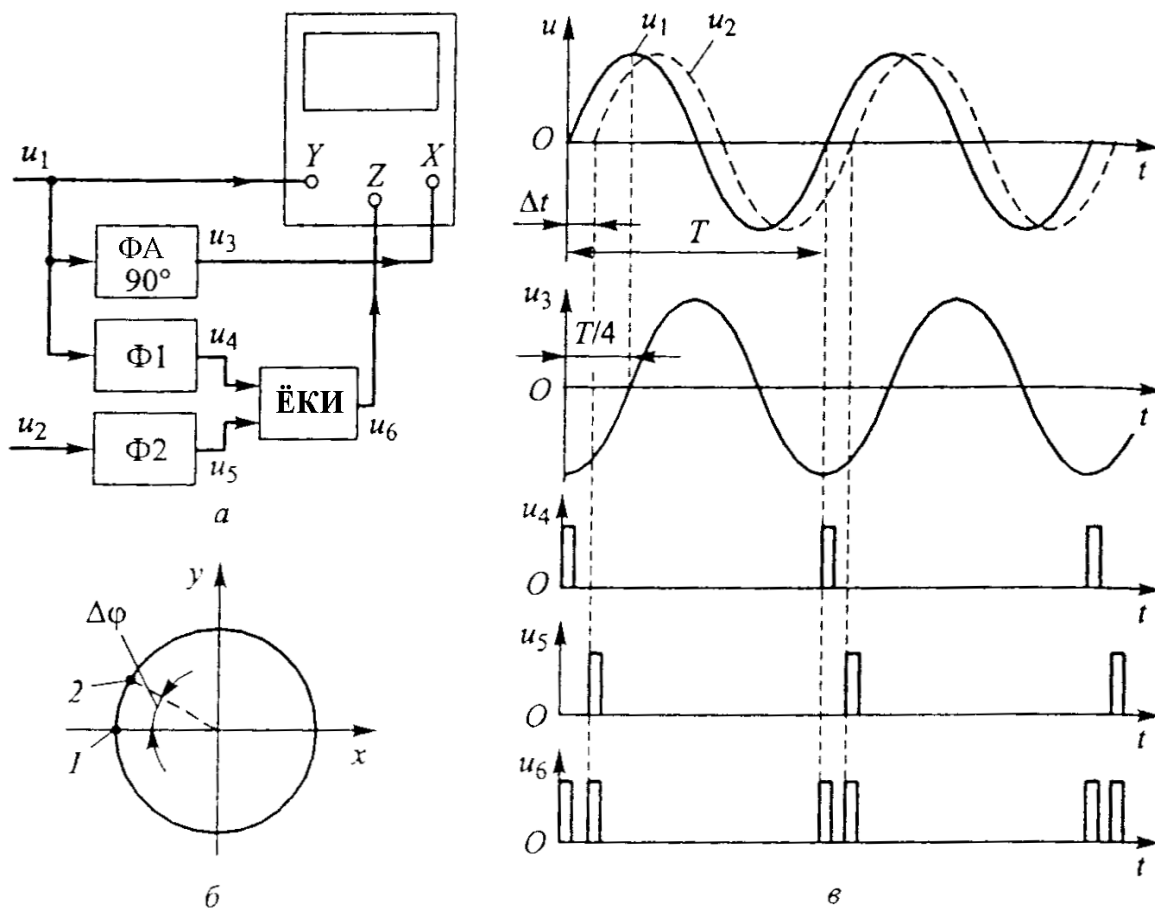
киришига эса ростланувчи фазаайлантиргич орқали узатилади. Экранда 45° бурчак остида эгилган тўғри чизиқ пайдо бўлгунга қадар фазаайлантиргични созлаш зарур. Кейин фазаайлантиргич киришига иккинчи сигнал узатилиб, фазавий силжиш ўлчанади. Бошланғич силжиш компенсацияланган ҳолда, ўлчаш хатолиги фазаайлантиргич хатолиги билан аниқланади. Замонавий фазаайлантиргичлар схема ечимлари ва частоталар диапазониға қараб фоиз улушларидан бирнеча фоизгача бўлган хатоларға эға. Бу хатони тўғрилаш учун ўлчаш натижаларига ўзгартириш киритилади.

Доиравий ёйма усулининг тафсилоти ва таҳлили

Бу усулда фазавий силжишни 0 дан 360° гача чегарада ўлчаш мумкин. Бу усулнинг моҳияти 9.10-расмда кўрсатилган схема ва диаграммаларда очиб берилган. Бунда $u_1=Um_1\sin\omega t$ ва $u_2=Um_2\sin\omega(t-\Delta t)$ сигналлар орасидаги фазавий силжиш ўлчанган.

Ўлчашларда олдин ёйма генератори ўчириб қўйилиб, Y ва X киришларига u_1 ва u_3 сигнал узатилади. u_3 сигнал қўшимча фазаайлантиргич ёрдамида фаза бўйлаб u_1 ға нисбатан 90° ға кечиктирилган (9.10, а-расм). Электрон нур горизонтал ва вертикал бўйича бир хил оғса, осциллограф экранида доирасимон кўринишдаги осциллограмма акс этади (9.10, б-расм).

Ўрганилаётган u_1 ва u_2 кучланишлар бундан ташқари иккита бир хил Φ_1 ва Φ_2 шакллантиргичларнинг киришиға ҳам келиб тушади. Улар синуссимон тебранишларни бир қутбли u_4 ва u_5 қисқа импульслар кетма-кетлигига айлантиради (9.10, в-расм). Бу импульсларнинг олдинги фронтлари синуссимонларнинг ўсиш мобайнида нол қийматидан ўтиш моментига тўғри келади. u_1 ва u_5 импульсли сигналлар ЁКИ (ИЛИ) мантикий схемаси ёрдамида бирлаштирилади. Бу схемадан чиққан сигнални икки импульсли кетма-кетлик кўринишида осциллограф нури равшанлигини бошқаришнинг 3 киришиға узатилади. Натижада доиранинг 1 ва 2 нуқталарида кучайтирилган равшанлик белгилари пайдо бўлади (9.10, б-расм).



9.10-расм. Доиравий ёйма усули:

а – ўлчаш схемаси; б – осциллограмма; в – сигналлар эпюралари.

Синуссимон u_1 ва u_2 сигналлар орасидаги $\Delta\varphi$ фазавий силжиш доира ёрдамида ўлчанади, бу 9.10 б-расмда кўрсатилган. Бу усулда фазавий силжишни ўлчашда осциллограф экранига шаффоф транспортёр кўйиб олиш қулайроқ. Транспортёр маркази доира марказига кўйилади. Ўлчанадиган фаза бурчаги транспортёр ёрдамида ўлчанади. Ўлчашнинг бу усули куйидагиларга асосланган: 360° бурчакли тўлиқ доирани нур чизиши учун кетадиган вақт u_1 ёки u_2 сигналнинг T даврига тенг. 1 ва 2 нуқталари орасидаги ёйни эса (унга $\Delta\varphi$ бурчак мос келади) бу сигналларнинг кечикиш вақтида $\Delta t = \Delta\varphi T / 360^\circ$ чизади.

Фазавий бурчакни яримдоира усулида ўлчаб (бу усул камдан-кам ҳолларда ишлатилганлиги сабабли уни кўриб чиқмаймиз) юқорирок аниқликка эришиш мумкин (ўлчаш хатолиги $1...3^\circ$).

Фазавий бурчакни ўлчаш хатолигига қуйидагилар таъсир кўрсатади: доирани шакллантириш ва унинг марказини белгилаш аниқлиги, шакллантиргичларнинг ишлаб кетиш бўсағасининг бир хиллик даражаси ва транспортир ёрдамида $\Delta\phi$ бурчакни ўлчаш аниқлиги.

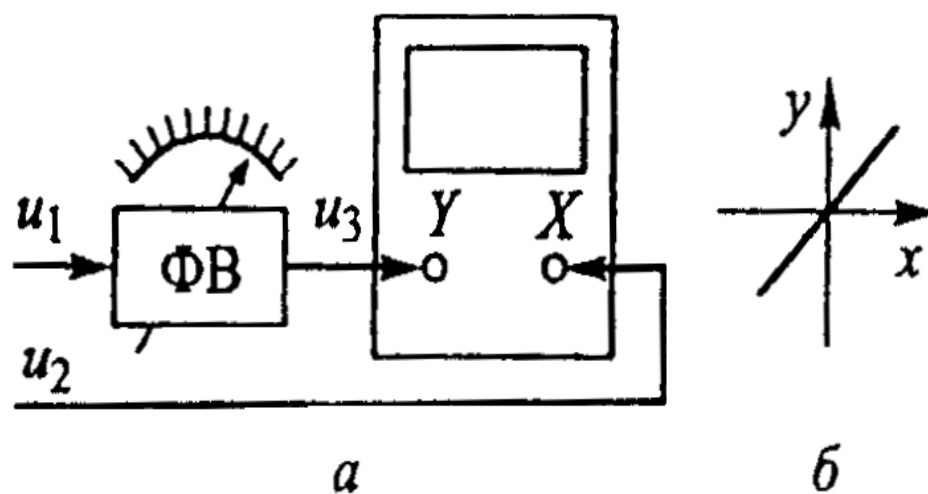
Фазалар фарқини ўлчашни мувозанатлаш усулининг таҳлили

Амалиётда таққослаш усулининг турларидан бири бўлган мувозанатлаш (нол) усулидан фазалар фарқини ўлчашда фойдаланилади. Усулнинг моҳияти шундаки, ўлчанаётган номаълум фазалар силжиши, қиймати маълум бўлган фазалар силжиши билан таққосланади. Ушбу фазалар силжишини ўлчов асосида намуна фазаайлантиргич орқали ҳосил қилинади. Ўлчаш қурилмасининг тузилмавий схемаси 9.11-расмда келтирилган. Унинг таркибига ўлчаш фазаайлантиргичи ЎФ ва фазалар тенглигининг индикатори сифатида ёйма генератори ўчирилган осциллографдан фойдаланилади. Сигнал u_1 осциллографнинг Y киришига ФА фаза айланттиргич орқали, сигнал u_2 – бевосита X киришига узатилади. Иккита u_1 ва u_2 тадқиқ қилинаётган кучланишлар орасидаги $\Delta\phi$ фазалар фарқи қўшимча u_3 сигналнинг фазасини намунавий фазаайлантиргич ёрдамида экранда қия тўғри чизиқ (9.11, б-расмдаги осциллограмма) пайдо бўлгунча, яъни, u_2 ва u_3 сигналлар фазаларининг тенглашиши моментигача ўзгартирилади. Бунда, изланаётган фаза силжиши $\Delta\phi$ намуна фазаайлантиргичнинг шкаласидан ҳисобланади. Янада аниқроқ ўлчаш учун фазалар силжишининг тенгсизлигини текшириш ва мувозанатлаш керак. Ушбу фазалар фарқини осциллографнинг вертикал ва горизонтал оғдириш каналларининг кучайтиргичлари ишлаб беради. Мувозанатлаш усулидан ЎЮЧ диапазонида ҳам фазалар силжишини ўлчашда фойдаланилади. Фазалар силжишининг волноводнинг қирқилган бўлаги ҳосил қилади. Ўлчаш

жараёнининг баёни 9.12-расмда келтирилган тузилмавий схемада кўрсатилган. Ўлчаш икки босқичда бажарилади. Дастлаб 9.12, а-расмда келтирилган қурилма йиғилади. ЎЮЧ генератори Г ёқилганда ЎЮЧ-трактда турғун тўлқин ўрнатилади. Ўлчаш қурилмасини ЎЮЧ-генератори билан боғлаш учун ЎЮЧ-генератори ўлчаш фазаайлантиргичга – ФА ажратувчи АТ-аттенюатор орқали уланади. Ўлчаш фазаайлантиргичнинг ихтиёрий кесимига диод ва индикатор билан боғланган зонд киритилади. Фазаайлантиргични қайта созлаб, турғун тўлқиннинг кучланиш боғламасини кесим текислиги билан мос келишига эришилади. Бундай мос келиш индикаторнинг “нол” кўрсатиши бўйича ўрнатилади.

Фазаайлантиргичнинг шкаласидан фазавий бурчак φ_1 кўрсатиши саналади. Кейин, 9.12,б-расмда кўрсатилган қурилма йиғилади. Қурилмада фазаайлантиргич ва қисқа туташтирувчи зағлушка орасига Z – синалувчи қурилма киритилади. ЎЮЧ тебранишларининг тарқалиш трактида кучланиш боғламасининг сурилиши рўй беради. Фазаайлантиргични яна қайта созлаб боғламани зондни ўрнатиш текислиги билан мос келтирилади. Фазаайлантиргичнинг шкаласидан φ_2 – фазавий бурчакнинг янги кўрсатиши саналади. Z – қурилма киритган фаза силжиши $\Delta\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2) / 2$ ифодадан аниқланади.

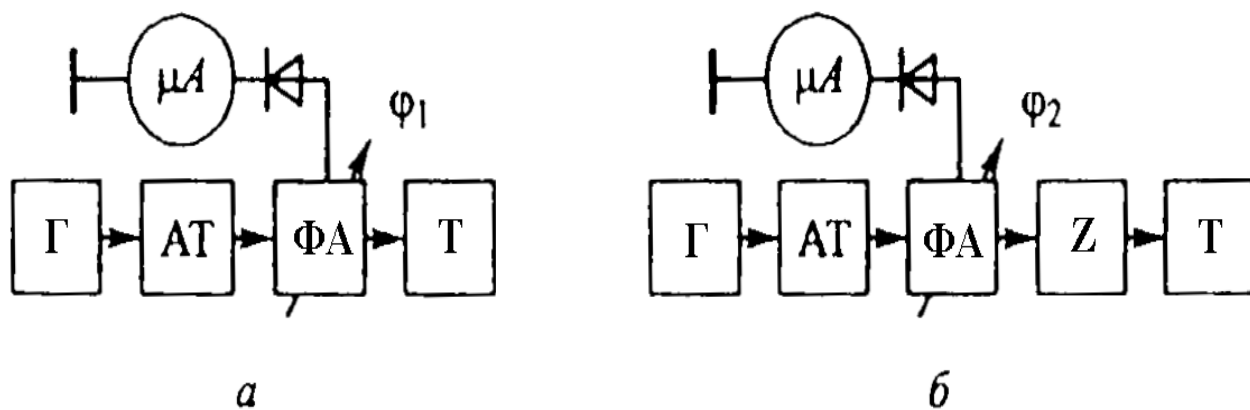
Мувозанатлаш усули билан фаза силжишини ўлчаш жараёнини автоматлаштириш мумкин ва бунда ўлчаш фазаайлантиргичи автоматлаштириш объекти бўлиб ҳисобланади. Мувозанатлаш усулининг ўлчаш аниқлиги юқори. Ўлчаш хатолиги асосан фазаайлантиргич шкаласининг даражаланиш сифатига боғлиқ ва $0,1 \dots 0,2^\circ$ эришади.



9.11-расм. Фаза силжишини ўлчашнинг мувозанатлаш усули.

а – ўлчаш қурилмасининг тузилмавий схемаси;

б – осциллограмма



9.12-расм. ЎЮЧда фаза силжишини мувозанатлаш усули билан ўлчаш.

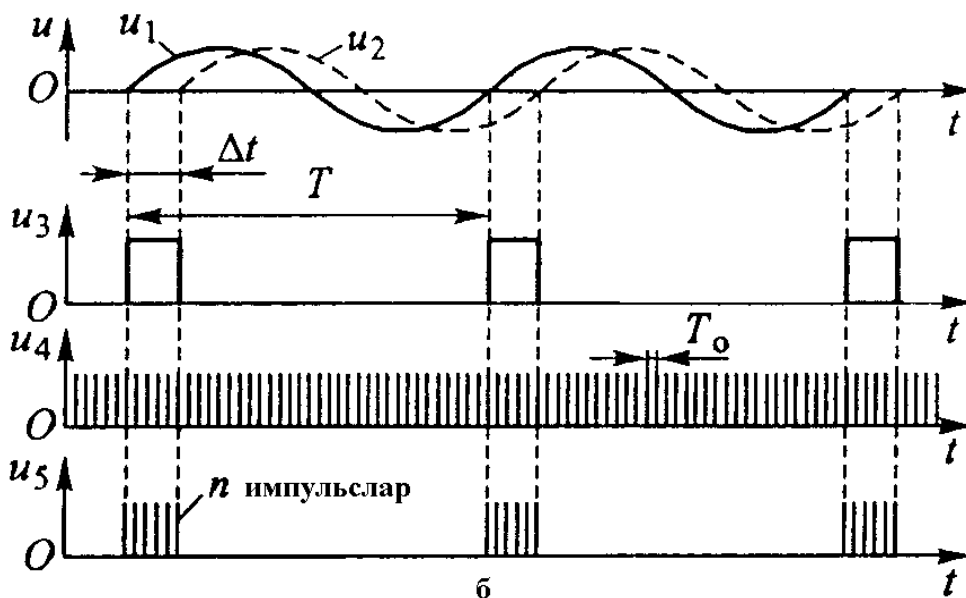
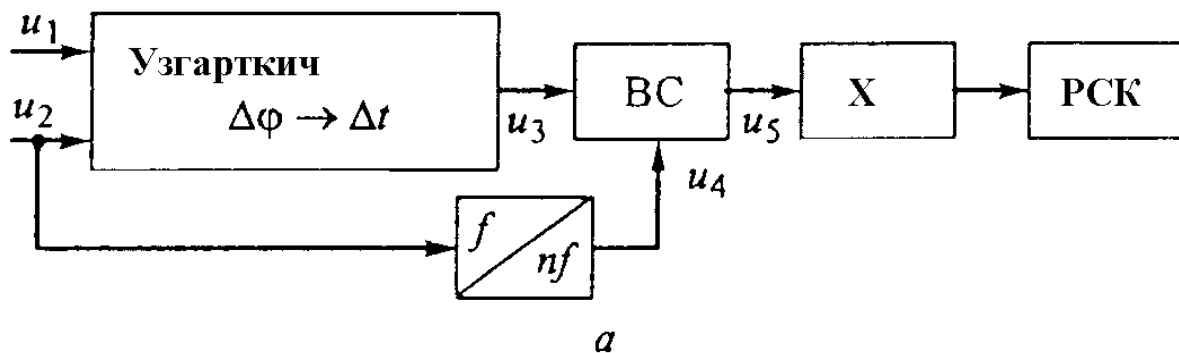
а – қурилманинги схемаси; б – ўлчаш схемаси;

10. РАҚАМЛИ ФАЗАМЕТРЛАРНИНГ ИШ ТАМОЙИЛЛАРИ

10.1. Дискрет-ҳисоб усул асосида қурилган рақамли фазаметрнинг иш тамойили

Дискрет (рақамли) ҳисоб усулини амалга оширадиган рақамли фазаметрнинг тузилмавий схемаси, изланаётган $\Delta\phi$ -фаза фарқини Δt -вақт интервалига ўзгартиргич ($\Delta\phi \rightarrow \Delta t$), ВС – вақт сектори, санок импульсларининг шакллантиргичи (f/nf), X – ҳисоблагич ва РСҚ – рақамли санок қурилмасидан ташкил топган (10.1, а-расм). Вақт селектори калитли логик схема кўринишида бажарилган. Санок импульсларининг шакллантиргичи эса кириш сигналининг частотасини импульсли кўпайтиргичи базасида ва чиқиш импульсларини шакллантириш схемасида қурилган. Рақамли фазаметр қуйидаги тартибда ишлайди. Ўзгарткич $\Delta\phi \rightarrow \Delta t$ унинг киришига узатиладиган фазалар фарқи $\Delta\phi$ бўлган u_1 ва u_2 синуссимон сигналлардан тўғри бурчакли импульсларни u_3 (10.1,б-расм) шакллантиради, бу импульсларнинг давомийлиги Δt ва такрорланиш даври T , u_1 , u_2 сигналлар даври ҳамда вақт бўйича силжишига мос ҳолда тенг бўлади. u_3 -импульслар ҳамда санок импульслари шакллантиргичи ишлаб берувчи такрорланиш даври T_0 га тенг бўлган u_4 санок импульслари вақт селектори киришларига берилади.

Вақт селектори u_3 импульсларнинг Δt давомийлигига тенг бўлган вақтга очилади ва ушбу интервал давомида u_4 импульсларни ҳисоблагич киришига ўтказди. Селекторнинг чиқишида T давр билан такрорланадиган u_5 импульслар пакети шаклланади. Ўлчашлар u_1 ва u_2 сигналлар келишининг T битта даври давомида бажарилади (бундай режимни таъминловчи бошқариш схемаси 10.1,а-расмда соддалаштириш учун кўрсатилмаган). Бунда, ҳисоблагичга селектор чиқишидан битта пакетда сақланувчи импульсларнинг қуйидаги сони кириб келади:



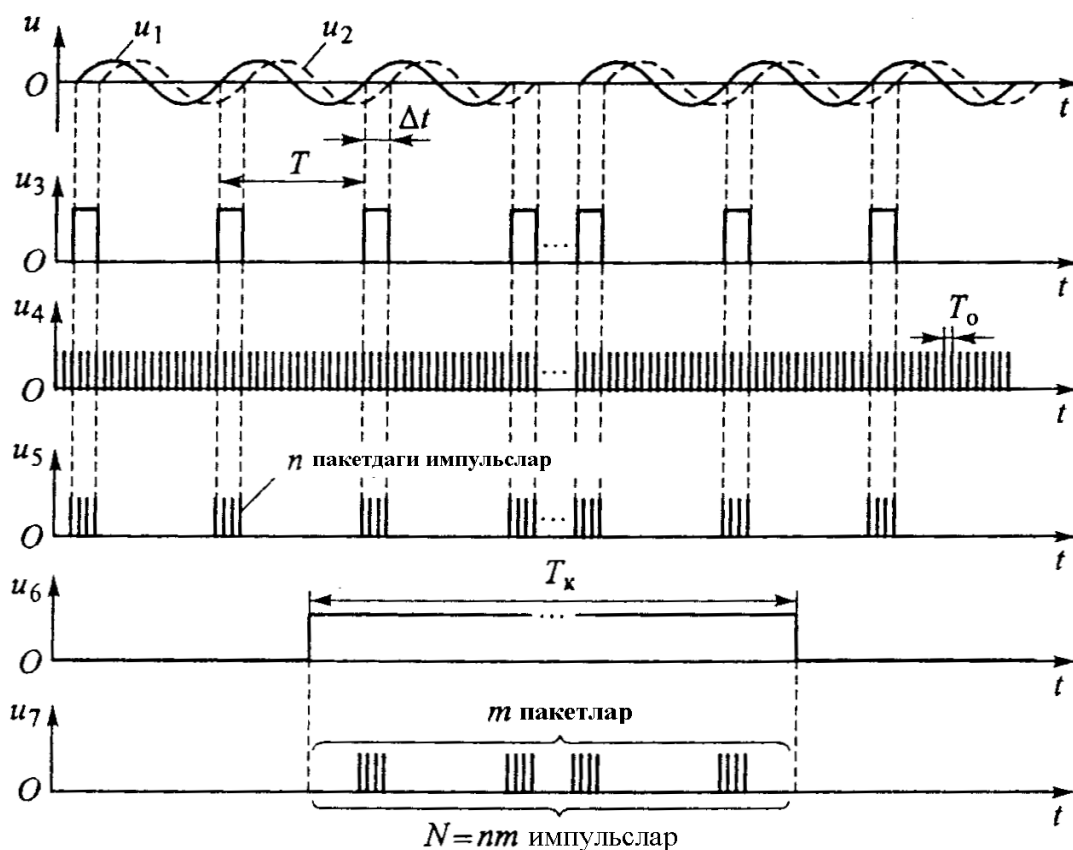
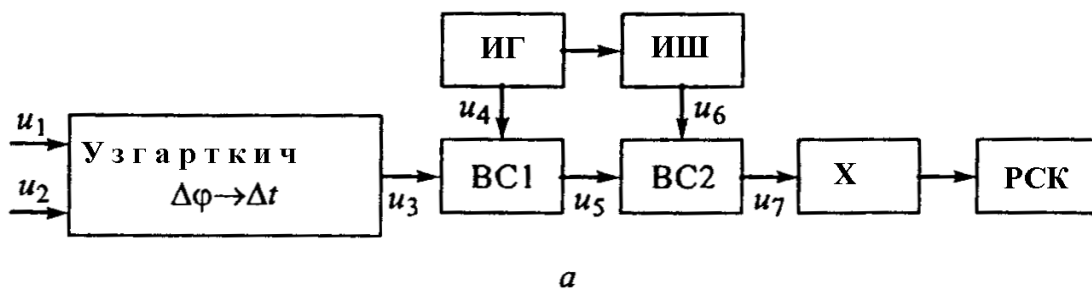
10.1-расм. Фазалар силжишини рақамли ўлчаш усули

$$n = \Delta t / T_0 \quad (10.1)$$

Рақамли фазаметрларда унинг қисмларини схемавий амалга ошириш учун шакллантиргич санок импульсларининг кетма-кетлик даври қуйидаги кўринишда берилади:

$$T_c = T / (36 \cdot 10^m), \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (10.2)$$

10.1 ифодага Δt учун муносабатни ифодага қўямиз ва $T_0 = T(36 \cdot 10^m)$ эканлигини ҳисобга олиб, u_1 ва u_2 сигналларнинг ўлчанаётган фазалар фарқи учун қуйидаги ифодага эришамиз:



10.2-расм. Ўрта қиймат фазаметри билан фаза силжишини ўлчаш.

а – схема; б – схемаларга эпюрлар;

$$\Delta\varphi = \frac{n}{10^{m-1}} \quad (10.3)$$

10.3 ифодадан $\Delta\varphi$ – фазалар силжиши, ҳисоблагичга келган n -санок импульслари сонига пропорционал эканлиги келиб чиқади. Фазалар силжиши $\Delta\varphi$ га пропорционал бўлган кодли сигнал ҳисоблагичдан

кўрсатиши градусларда берилган рақамли санок қурилмаси (РСҚ) га узатилади, бунда, градуснинг ўнли улушлари ҳам ҳисобга олинади ($m=2$ ва б.қ. бўлганда).

Ушбу фазаметрнинг хатолиги аппаратуранинг дискретлик хатолари билан аниқланади. Дискретлик хатолиги вақт интервали Δt ни санок импульсларининг битта давригача аниқлик билан ўлчанишига боғлиқ. Аппаратуравий хато давомийликни Δt дан четланиши, $\Delta\phi \rightarrow \Delta t$ ва бошқалар орқали аниқланади. Хатоларни камайтириш учун фазалар силжишининг ўрта қийматини ўлчовчи рақамли фазаметрлардан фойдаланилади, бунда, ўлчаш натижаси бўлиб, таҳлил қилинаётган гармоник тебранишнинг T кўп сонли тебранишларидаги ўлчанаётган фазалар фарқининг ўрта қиймати ҳисобланади. Бундай рақамли фазаметрнинг тушунтирувчи эпюраларли тузилмавий схемаси 10.2-расмда кўрсатилган. Бу схема 10.1 а-расмдаги схемадан иккинчи вақт селектори ВС-2, импульслар генератори ИГ ва импульслар шакллантиргичи ИШ мавжудлиги билан фарқланади. Фазаметрнинг иш тамойилини ундаги функционал тугалланган қурилмаларни ажратиб таҳлиллаш қулайроқдир. Улар қаторига Δt вақт интервалига иккита u_1 ва u_2 синуссимон сигналларнинг изланаётган $\Delta\phi$ фазалар фарқининг ўзгарткичи $\Delta\phi \rightarrow \Delta t$, импульсли сигнални шакллантирувчи u_3 (10.2 б-расм), ҳамда Δt интервални мос сонли (пакет) n -импульсларига $\Delta t \rightarrow n$ ўзгарткични киритиш мумкин. Ўзгарткич $\Delta t \rightarrow n$, u_5 импульслар пакетини шакллантириб, ИГ импульслар генератори ва ВС1 вақт селекторидан ташкил топган. Битта пакетдаги n импульсларнинг номинал сони 10.1-ифода билан аниқланади. Ўлчаш натижаларини ўртачалаш учун u_5 импульслар пакети $T_k \gg T$ (T – u_1 ва u_2 тадқиқ қилинаётган сигналларнинг такрорланиш даври) калибрланган вақт бўлагида шундай m та пакетларни берадиган қурилмага узатилади.

Қурилма таркибига давомийлиги T_k бўлган ИШ импульслар шакллантиргичи ва В2 вақт селектори киради. ИШ схемаси бўлиш

коэффициенти K_6 бўлган частота бўлгич базасида қурилган. Унинг киришига ИГ импульслар генераторидан такрорланиш даври T_0 бўлган u_4 кучланиш импульслари узатилади. (10.2 б-расм). Бунда ИШ чиқишида вақт селектори ВС2ни очувчи давомийлиги $T_k=K_6T_0$ бўлган Γ_6 импульсни шакллантиради. Бунинг натижасида ВС2 чиқишига сони

$$m=T_k/T=K_6*T_0/T \quad (10.4)$$

бўлган u_5 импульслар пакетининг қатори ўтади. ВС2 вақт селекторидан сигнал (10.2 б-расм) u_7 сигнал РСҚ билан боғлиқ бўлган X ҳисоблагичга келади. X ҳисоблагичга 10.1, 10.4 ифодалар ва асосий ифода $\Delta\varphi = \frac{360^\circ \Delta t}{T}$ ҳисобга олинган ҳолда кириб келган импульсларнинг умумий сони T :

$$N = nm = \frac{\Delta t}{T_0} \frac{K_6 T_c}{T} = K_6 \frac{\Delta t}{T} = K_6 \frac{\Delta\varphi}{360^\circ} \quad (10.5)$$

10.5-ифодадан u_1 ва u_2 гармоник кучланишлар орасидаги ўлчанаётган фазалар силжишини топамиз:

$$\Delta\varphi = N \frac{360^\circ}{K_6} = \frac{N}{k} \quad (10.6)$$

10.6-ифодада k коэффициент ушбу асбоб учун доимий ҳисобланади; $k=10^a$, бу ерда a – бутун сон.

Бунда, РСҚ шкаласида фазалар силжиши градус (даража)да ифодаланади. Агар a қанчалик катта бўлса, фазаметрнинг k коэффициент билан аниқланувчи ўтказувчанлик қобилияти шунча юқори бўлади. Фазаметрда (10.2 а-расм) ИГ импульслари u_1 ва u_2 тадқиқ қилинаётган импульслар ўзаро синхронлашишга эга эмас. Шунга кўра, битта пакетдаги импульсларнинг номинал сони ± 1 импульсга ўзгариши (дискретлик

хатолиги) мумкин. Лекин, T_k ўлчаш вақтида натижавий хато камаяди, чунки, ҳисоблагичга m пакетлардан импульслар кириб келиб, уларда n импульслар сонининг битта импульсга кўпайиши ёки камайиши тенг эҳтимоллидир.

Фазаметр кўрсатишларининг хатоларига яна ўзгарткичнинг ($\Delta\phi \rightarrow \Delta t$) u_1 ва u_2 сигналларнинг нолинчи сатҳдан ўтиш моментларини ноаниқ фиксацияланиши ҳам таъсир қилади. Аммо, ушбу асбобларнинг хатолари, худди дискретланиш хатолиги каби тадқиқ қилинаётган сигналлари давридан сезиларли катта бўлган T_k вақт интервалидаги ўлчаш натижаларини ўртачалашда камаяди.

10.2 Микропроцессорли фазаметрларнинг иш тамойили

Фазаметрларнинг функционал имкониятларини ва уларнинг ишончилигининг оширилиши, уларнинг ўлчаш ўзгарткичлари билан бирга ишлайдиган микропроцессор асосида қурилиши таъминлайди. Бундай фазаметрлар ихтиёрий танланган даврда иккита даврий сигнал орасидаги фазалар силжишини ўлчаш, ўхшаш силжишларнинг флукутациясини кузатиш ва уларнинг статистик характеристикаларини математик кутилма, дисперсия, ўртаквадратик четланишни ҳамда юқорида қараб чиқилган фазаметрлар каби фазалар силжишининг ўрта қийматини ўлчаш имконини беради. Микропроцессорли фазаметрнинг тузилмавий схемаси 10.3 а-расмда келтирилган. Синуссимон u_1 ва u_2 сигналларнинг, уларнинг T битта давридаги фазалар фарқини ўлчаш тамойилини 10.3 б-расмда кўрсатилган вақт диаграммалари орқали тушуниб олиш мумкин. Микропроцессорли рақамли фазаметрнинг ИЎ импульсли ўзгарткич схемасида u_1 ва u_2 сигналлар мос ҳолда u_1 ва u_2 қисқа импульсларга ўзгартирилади. ШП шакллантиргич ушбу импульсларнинг биринчи жуфти ёрдамида давомийлиги Δt бўлган u_1 ва u_2 сигналларга вақт бўйича силжишига тенг бўлган u_3 импульс ишлаб беради. Ушбу u_3 импульс билан ВС1 вақт селектори очилади ва у Δt вақт интервали

давомида МПС микропроцессорли система ишлаб чиқадиган T_0 даври билан келувчи санок импульсларини X_1 ҳисоблагич киришига ўтказиб юборади. X_1 ҳисоблагичга кириб келаётган санок импульсларининг пачкаси 10.3-расмда u_4 орқали белгиланган. Пакетдаги импульслар сони 10.1 формула орқали аниқланади ва бунга тенг:

$$n = \Delta t / T_0 \quad (10.7)$$

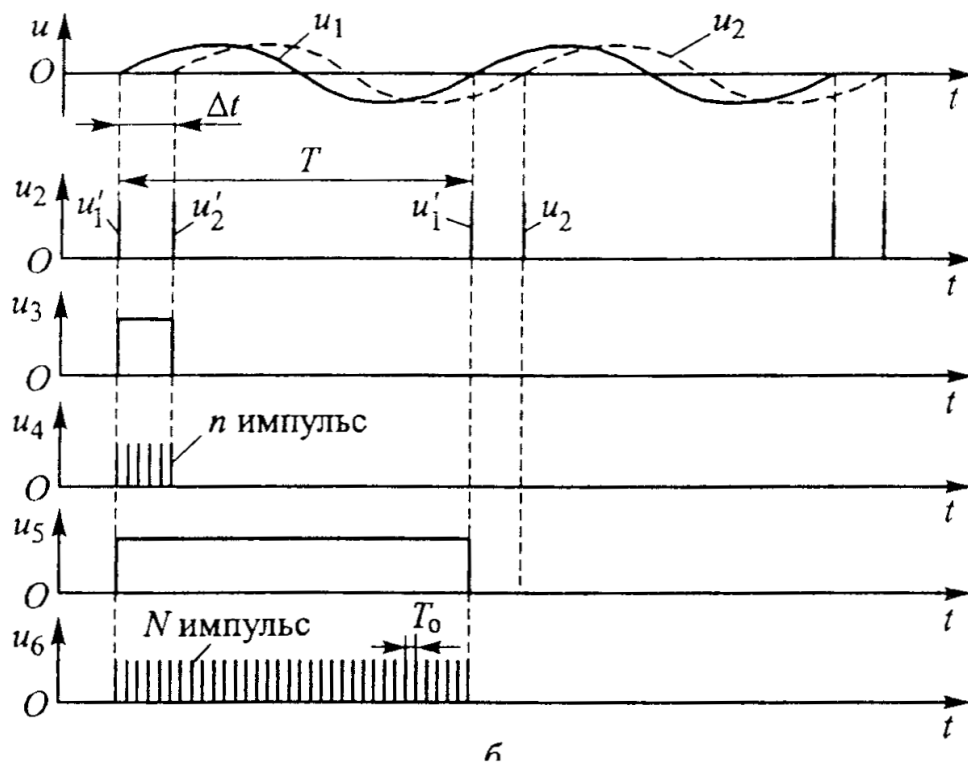
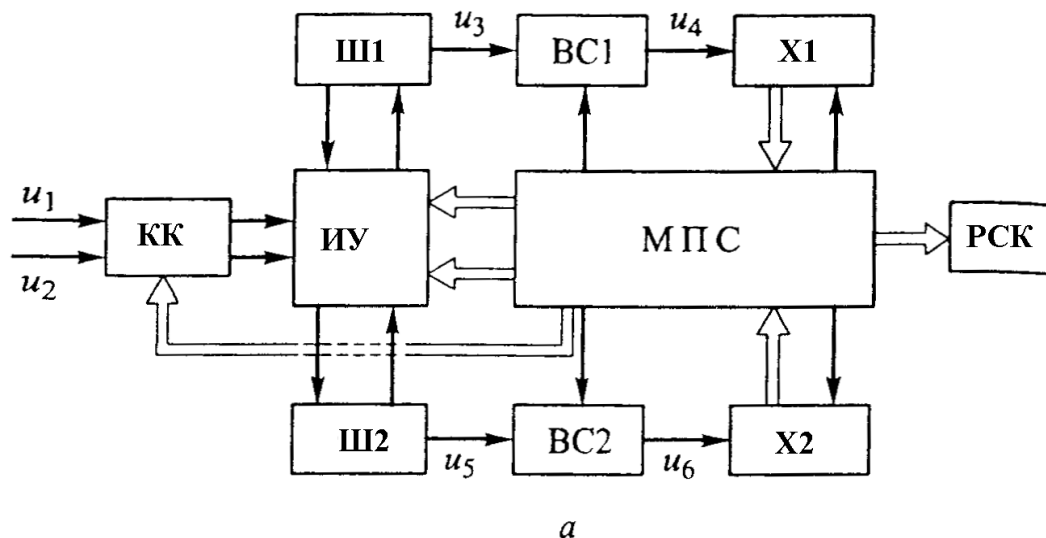
$Ш_2$ шаклантиргич u_5 импульсни ишлаб чиқади, унинг давомийлиги u_1 ва u_2 тадқиқ қилинаётган сигналларнинг даврига тенг.

Ушбу u_5 импульс маълум вақтга ВС2 вақт селекторини очади ва ушбу селектор МПСдан X_2 ҳисоблагичга u_6 импульслар пакетини ўтказиб юборади. Пакетдаги импульслар даври T_0 га тенг бўлиб, улар сони

$$N = T / T_0 \quad (10.8)$$

Танланган давр учун изланаётган фазавий силжиш $\Delta\varphi$ нинг қийматини баҳолаш учун 10.1 ва 10.7 ифодалар билан ҳисобланувчи ва $n / N = \Delta t / T$ тенг бўлган катталиклар нисбатини топиш талаб этилади. Кейин эса, фазалар силжишини ҳисоблашнинг асосий ифодасини эътиборга олиб, бу қийматни 360° га кўпайтириб қўйиш керак

$$\Delta\varphi = 360^\circ n/N \quad (10.9)$$



10.3-расм. Микропроцессорли рақамли фазаметр.
 а – тузилмавий схемаси; б – вақт диаграммалари.

Фазалар силжишини 10.10 ифода бўйича ҳисоблашни МПС бажаради, унга X1 ва X2 ҳисоблагичлар ишлаб берадиган n ва N сонлардан олинган кодлар узатилган бўлади. МПСнинг мос дастурига биноан РСК рақамли санок қурилмасида ихтиёрий T давр учун фазалар силжиши $\Delta\phi$ нинг қиймати

белгиланади. Турли даврлардаги силжишларни таққослаш ҳисобига турли даврларда $\Delta\phi$ нинг флукуациясини кузатиш ва уларнинг статистик параметрларини баҳолаш имконияти пайдо бўлади.

Фазаметрнинг иккита синуссимон сигналлар орасидаги $\Delta\phi$ фарқнинг ўрта қийматини баҳолаш режимида (берилган r сонли T даврлар учун) X_1 ва X_2 ҳисоблагичларда уларнинг киришига r -даврлар давомида кириб келган импульслар сонидан кодларнинг ғужланиб қолиши рўй беради, яъни, мос ҳолда n_r ва N_r сонларнинг коди, кейинчалик улар автоматик ҳолда МПСга узатилади.

10.3. Фаза детекторли рақамли фазаметрнинг иш тамойили

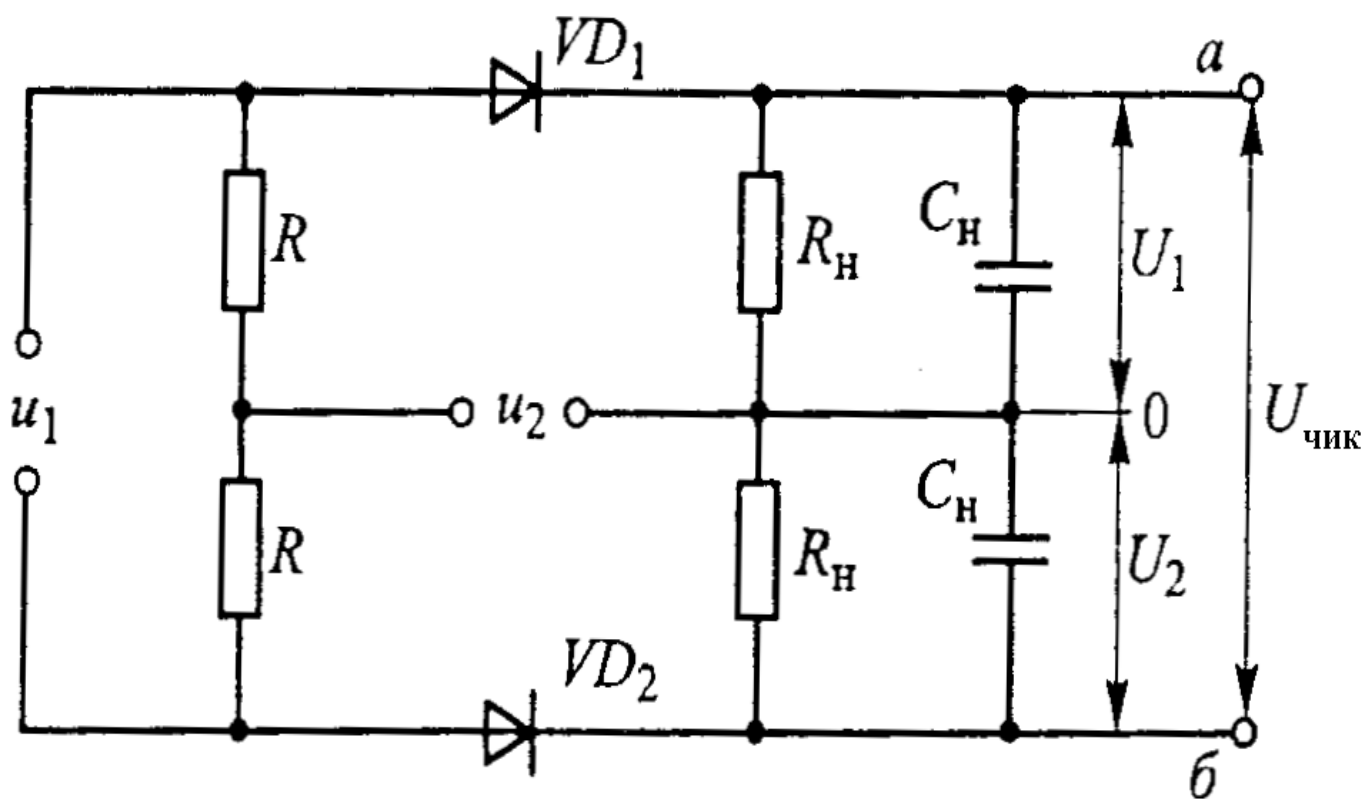
Иккита бир хил частотали гармоник сигналлар орасидаги фазалар силжишини фазавий детектор ёрдамида ўлчаш мумкин, бундай фазаметрнинг оддий схемаси 10.4-расмда келтирилган. Гармоник сигналлар u_1 ва u_2 фазавий детекторда ўзгармас кучланишга айлантирилади. Схеманинг чиқишига вольтметр уланиб, u_a ва u_b нуқталар орасидаги кучланишнинг доимий ташкил этувчисини ўлчайди, бу қиймат детекторланган U_1 ва U_2 кучланишларнинг фарқига тенг бўлади. Агар тадқиқ қилинаётган гармоник сигналларнинг амплитудасини ўзгармас қилиб турилса, вольтметр шкаласини фазавий бурчак қийматларида бевосита даражалаш мумкин. Фазавий детектор ёрдамида $2-3^\circ$ га тенг бўлган ўлчаш хатолигига эга бўлиш мумкин. Ўлчаш хатолиги схеманинг параметрларига ва тадқиқ қилинаётган кучланишнинг амплитудасига, бу катталикларнинг вақт бўйича барқарорлигига, вольтметрнинг сезгирлигига ва бошқаларга боғлиқдир.

Фазалар силжишини ўлчаш учун рақамли фазавий детекторларни турли рақамли мантиқий схемаларда қуриш мумкин: ЖК триггер элементида, “ЁКИ” ва бошқаларда. Бунда, чиқиш импульсларининг давомийлигига осонроқ эришиш мумкин бўлиб, бу давомийлик u_1 ва u_2 сигналлар орасидаги фазалар

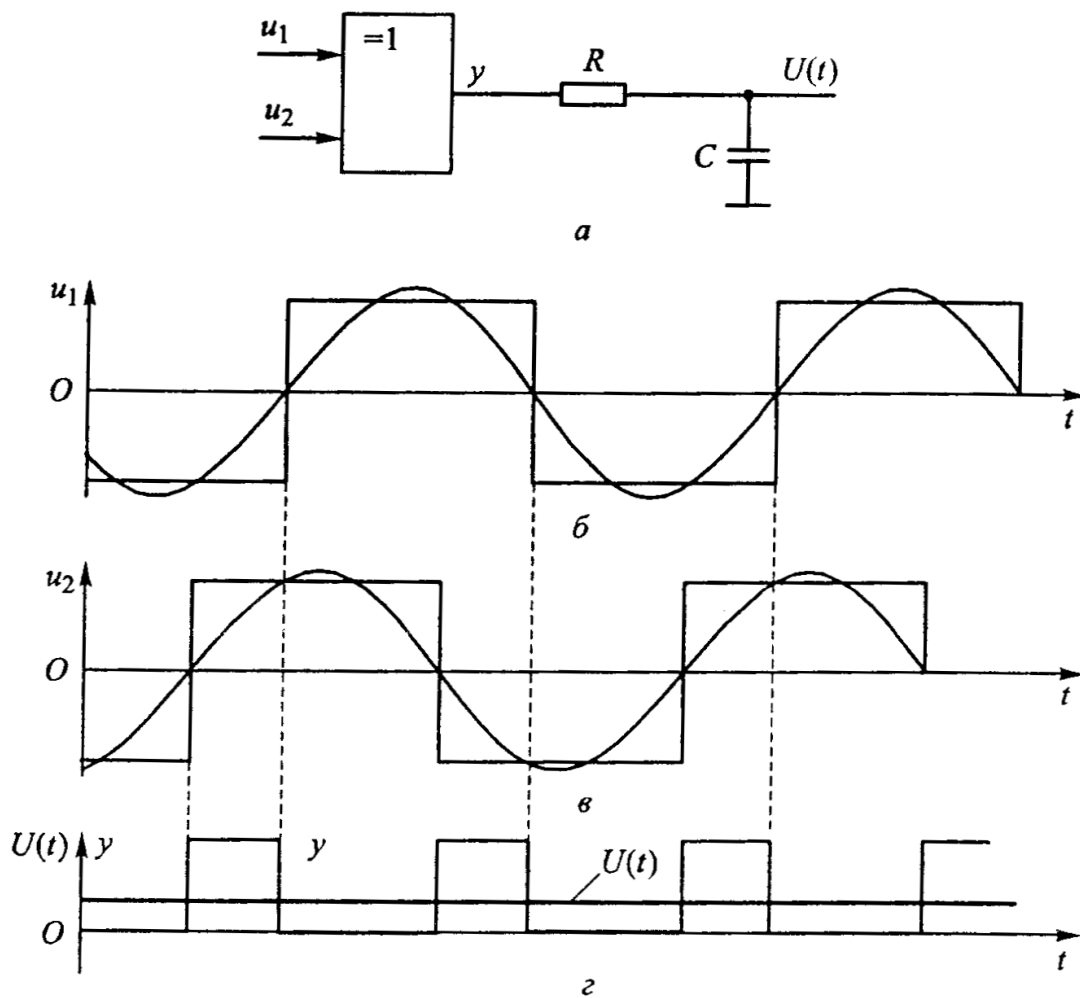
силжишига пропорционал бўлиб, ундан кейин бу импульслар ПЧФ паст частота фильтрида текисланади.

Мисол сифатида 10.5-расмда “ЁКИ” элементидаги рақамли фазавий детектор схемаси келтирилган (иккинчи модул бўйича жамлагич). Қараб чиқилаётган рақамли фазавий детекторнинг схемаси 10.5 б-г – расмларда кўрсатилган. Ушбу детекторда u_1 ва u_2 тадқиқ қилинаётган гармоник тебранишлардан “меандр” туридаги импульсли кучланиш шакллантирилади (10.5 б, в-расм).

Логик элементнинг чиқишида (элемент=1) у кучланиш импульслари ишлаб чиқилиб, уларнинг давомийлиги кириш сигналларининг фазалар силжишига пропорционал бўлади (10.5 г-расм). Кейин бу сигнал ПЧФ паст частота фильтрига узатилади. ПЧФ чиқишидаги $U(t)$ ўзгармас кучланиш u_1 сигнал силжишига u_2 таянч сигналга нисбатан пропорционал бўлади.



10.4-расм. Фаза детекторли фазаметр.



10.5-расм. “ЁКИ” логик элементидаги рақамли фазавий детектор.

а – схемаси; б – u_1 гармоник сигнал ва меандр;

в – u_2 гармоник сигнал ва меандр;

г – у элементнинг ва фазавий детектор $U(t)$ нинг чиқиш сигналлари.

10.4. Фазалар фарқини ўлчаш воситаларининг метрологик

таъминоти

Метрологик таъминотнинг асосий тадбирларидан бири – қиёслашдир. Телекоммуникация тизимларида қўлланиладиган барча ўлчаш воситалари Давлат метрология хизмати томонидан қиёслашга даврий равишда тортилади. Қиёслаш – бу ўлчаш воситасининг яроқлилигини ўрнатиш мақсадида ва уларнинг меъёрий ҳужжатлар талабларига мувофиқлигини аниқлаш бўйича тадбирлар бирлашмасига айтилади. Қиёслашда ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикалари баҳоланади. Ўлчаш воситаларини қиёслаш бўйича асосий талаблар “Ўз РСТ 8.003-92 Ўз.ЎБТТ. Ўлчаш воситалари қиёслаш. Асосий талаблар”да келтирилган. Давлат метрология текшируви ва назоратининг таъсир доирасида бўлган ўлчаш воситалари эксплуатация жараёнида мажбурий қиёслашга тортилади.

Қиёслаш – қиёслаш схемалари орқали амалга оширилади. Ушбу схемалар фазалар фарқини ўлчаш воситаларига ҳам тааллуқли бўлиб, фазалар силжиши бурчаги бирлигининг ўлчамини давлат махсус эталонларидан намуна ва ишчи ўлчаш воситаларига узатиш тартибини аниқлайди. Фазаметр ва фазаўлчагичларни қиёслашда қуйидаги тадбирлар амалга оширилади: ташқи кўрик; ишлатиб кўриш; фазаметр ва фазаайлантиргич киришларининг турғун тўлқин коэффициентини аниқлаш (ЎЮЧ ўлчаш воситалари учун); фазаметр хатолигини аниқлаш; фазаайлантиргичнинг ишчи частоталар диапазонидаги хатолигини аниқлаш. Фазаметр ва фазаайлантиргичларнинг киришларининг турғун тўлқин коэффициенти бевосита ва билвосита ўлчаш усуллари асосида, P1 – турдаги ўлчов линиялари ёрдамида ҳамда P2 турдаги турғун тўлқин коэффициенти ўлчагичлари ва P3 – тўлиқ қаршилиқлар ўлчагичлари билан тааллуқли частоталар диапазонида аниқланади.

Фазаметрларнинг частоталарнинг иш диапазонидаги хатоларини аниқлаш, маълум фазалар силжишини қиёсланаётган фазаметрлар билан бевосита ўлчаш натижалари бўйича бажарилади.

Фазаайлантиргичларнинг хатоларини аниқлашда ёрдамчи ўлчаш воситаларидан фойдаланилади (ўзгарувчан аттенюаторлар, ўзгарувчан даражаланмаган фазаайлантиргичлар, учталлик (тройник)лар).

Ўлчаш воситасининг хатолиги градусларда 10.9-ифода бўйича аниқланади:

$$\Delta = \varphi_k - \varphi_{\text{нам}} \quad (10.10)$$

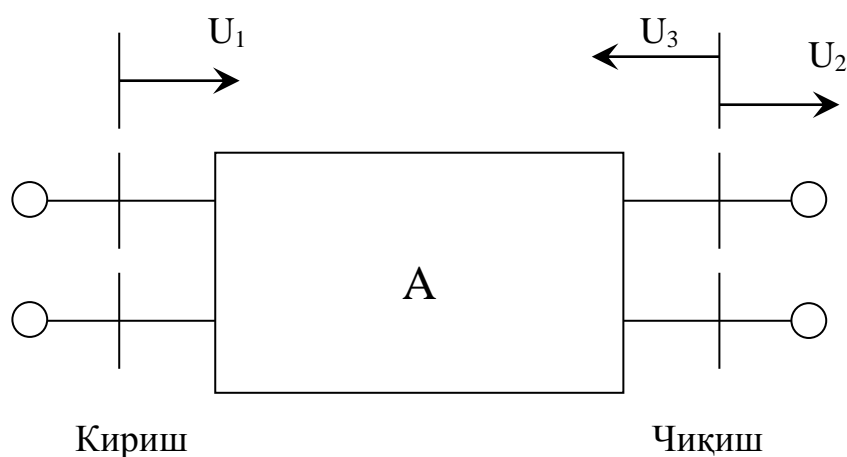
бу ерда φ_k ва $\varphi_{\text{нам}}$ – қиёсланувчи ва намуна ўлчаш воситалари.

Фазалар силжиши бурчагининг Давлат эталони мавжуд бўлиб, у 0-360° гача 1000 Гц частотада $0,3 \cdot 10^{-3} \div 10 \cdot 10^{-3}$ градус диапазонда фазалар силжиш бурчагини тиклайди.

11. ТЎРТҚУТБЛИЛАРНИНГ АМПЛИТУДА-ЧАСТОТАВИЙ ТАВСИФЛАРИНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ, ВОСИТАЛАРИ ВА СИГНАЛ СПЕКТРИНИНГ ТАҲЛИЛИ ҲАМДА СПЕКТР АНАЛИЗАТОРЛАРИНИНГ ИШИ

11.1. Тўртқутблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифлари тўғрисидаги маълумотлар

Электрон қурилмаларнинг техник ҳолатини назорат қилишда унинг турли узелларидаги частотавий тавсифларини ўлчаш алоҳида аҳамият касб этади. Тўртқутблининг амплитуда-частотавий тавсифи узатиш коэффициенти модулининг сигнал частотасига боғлиқлиги орқали аниқланади.



11.1-расм. Тўртқутблининг схемаси.

Узатиш коэффициенти A -нинг модули тўртқутблининг чиқишидаги қувват ёки кучланишнинг киришига бўлган нисбати билан аниқланади. Ушбу ҳолда киришда қайтариш йўқ деб ҳисобланади (11.1-расм)

$$A = U_2 / U_1 \mid U_3 = 0 \quad (11.1)$$

Ушбу $U_2 < U_1$ ҳолда тўрткүтблдан ўтаётган сигнал сусаяди ва тўрткүтбли пассив бўлиб, узатиш коэффициенти сусайиш коэффициенти дир. Ушбу $U_2 > U_1$ бўлган ҳолда сигнал кучаяди ва узатиш коэффициенти кучайтириш коэффициенти деб қабул қилинади. Ушбу ҳолда тўрт күтбли актив деб ҳисобланади.

Тўрт күтбли узатиш коэффициентининг қиймати ва сигнал частотасининг қиймати мос координаталар системасида нуқта ташкил этади ва бундай нуқталарнинг бирлаштирилиши талаб этилган диапазонда амплитуда-частота эгрисини ташкил қилади.

11.2 Тўрткүтблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифларини ўлчаш усулларини ва ўлчаш воситалари

Тўрткүтблиларнинг амплитуда-частотавий тавсифларини иккита усул билан ўлчаш мумкин:

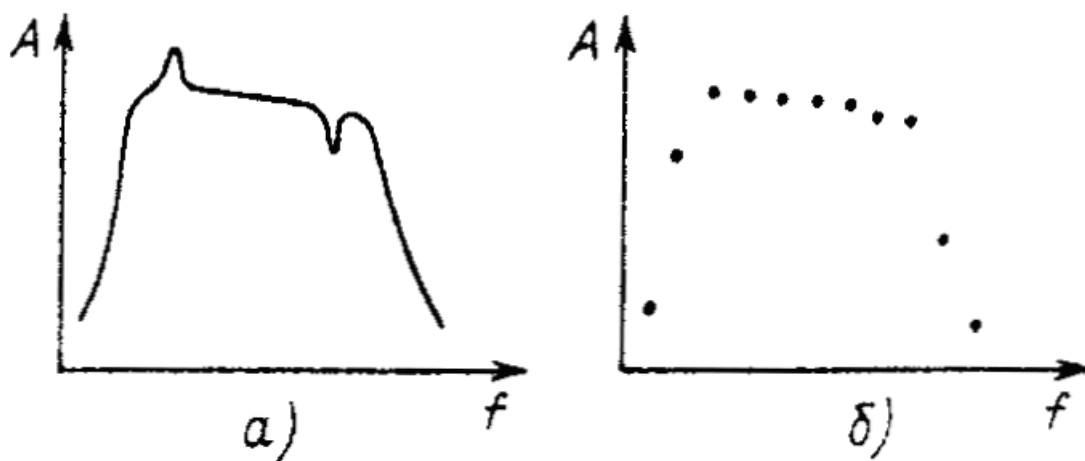
- узатиш коэффициенти модулининг частотага боғлиқлигини нуқталар бўйича олиш йўли билан;
- чайқалувчан частотали генератор ва индикатор қурилмаси ёрдамида амплитуда-частотавий тавсифларининг панорамали тасвирини олиш йўли билан.

Биринчи усулда синуссимон сигналлар генератори, вольтметр ва кувват ўлчагичидан фойдаланиш назарда тутилади. Барқарор частотали сигнал генератордан текширилаётган тўрткүтблига узатилади, бунда, тўрткүтблининг киришидаги ва чиқишидаги сигнал даражаси ўлчанади. Узатиш коэффициентининг модули (11.1) бўйича ҳисобланади. Ушбу усул бир қатор камчиликларга эга:

- амплитуда-частотавий тавсифнинг эгрисини нуқталар бўйича олиш узоқ вақтни олади;

– амплитуда - частотавий тавсифнинг (АЧТ) такрорланишининг дискретлигига кўра нукталар орасида эгрининг кескин ўзгаришлари ўтказиб юборилиши мумкин (11.2-расм).

Давомли ўлчашларда АЧТ эгриси характерига атроф-муҳит хароратининг ва таъминлаш манбаининг таъсири ҳақиқий эгрини бузади.

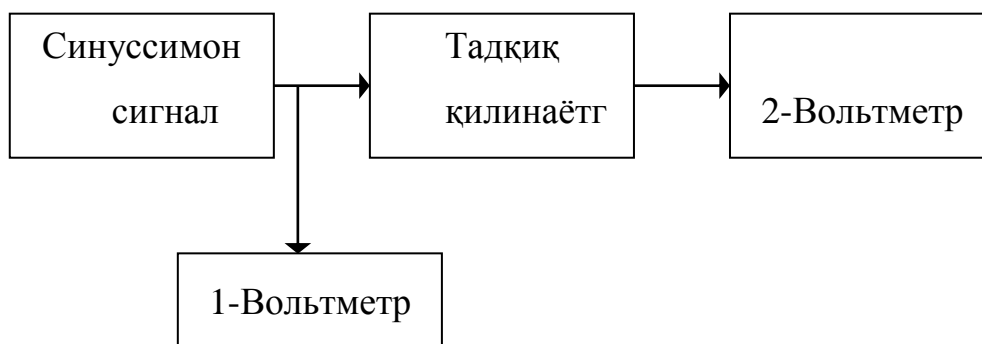


11.2-расм. АЧТнинг ҳақиқий эгриси (а)
ва ушбу эгрининг нукталар бўйича олиниши (б).

АЧТ параметрларини ўлчашнинг иккинчи усули ушбу камчиликлардан холидир. Лекин унга тааллуқли камчилик ҳам бор – АЧТ эгрисининг ҳар бир нуктасидаги ўлчашларнинг қисқа муддатлилиги туфайли ўлчаш аниқлигининг пасайиши.

АЧТ параметрларини ўлчашнинг иккинчи усулидан фойдаланишда генераторнинг бўлиши кўзда тутилган бўлиб, унинг частотаси муайян қонуният асосида талаб қилинган частоталар соҳасида техник жиҳатдан ўзгаради. Ушбу усулда АЧТ такрорловчи индикатор ҳам мавжуд. Бундай индикатор сифатида осциллографик қурилмадан фойдаланиш мумкин. Қуйида АЧТни нукталар бўйича ўлчаш усулининг бошқа манбада келтирилган тафсилотини келтирамиз. Ушбу АЧТни ўлчаш усули махсус асбобларни талаб қилмайди ва етарлича аниқдир. Унинг камчилиги паст

унумдорлигидир. Шунга кўра усул нисбатан кам қўлланилади, лекин ўлчаш методикаси жиҳатидан эътиборни ўзига тортади. Ушбу усулнинг тамойили 11.3-расмда келтирилган. Тадқиқот объекти (кучайтиргич ёки фильтр) га генератордан синуссимон шаклли сигнал узатилади. Генераторнинг параметрлари: частота диапазони, чиқиш кучланиши тадқиқ қилинаётган объектнинг кутилаётган характеристикаларига мос равишда танланиши керак.



11.3-расм. АЧТни нуқталар бўйича ўлчаш усулининг тамойили.

Ўлчанаётган сигналнинг амплитудасини ўлчовчи вольтметрлар ихтиёрий турда бўлиши мумкин, лекин тадқиқ қилинаётган объект актив элементларга эга бўлса, сигналнинг нозизиқли бузилишлари пайдо бўлиши мумкин. Шунга кўра чиқишдаги сигнални ўлчаш учун танловчи вольтметр қўлланиши керак. Ўлчаш жараёни тадқиқ қилинаётган объект киришида синуссимон шаклли сигналнинг турли частоталарини ўрнатиш, кириш ва чиқишдаги сигнал кучланишини ўлчаш ҳамда узатиш коэффиценти ҳар бир частота учун ҳисобланади. Узатиш коэффиценти қуйидаги ифода орқали ҳисобланади:

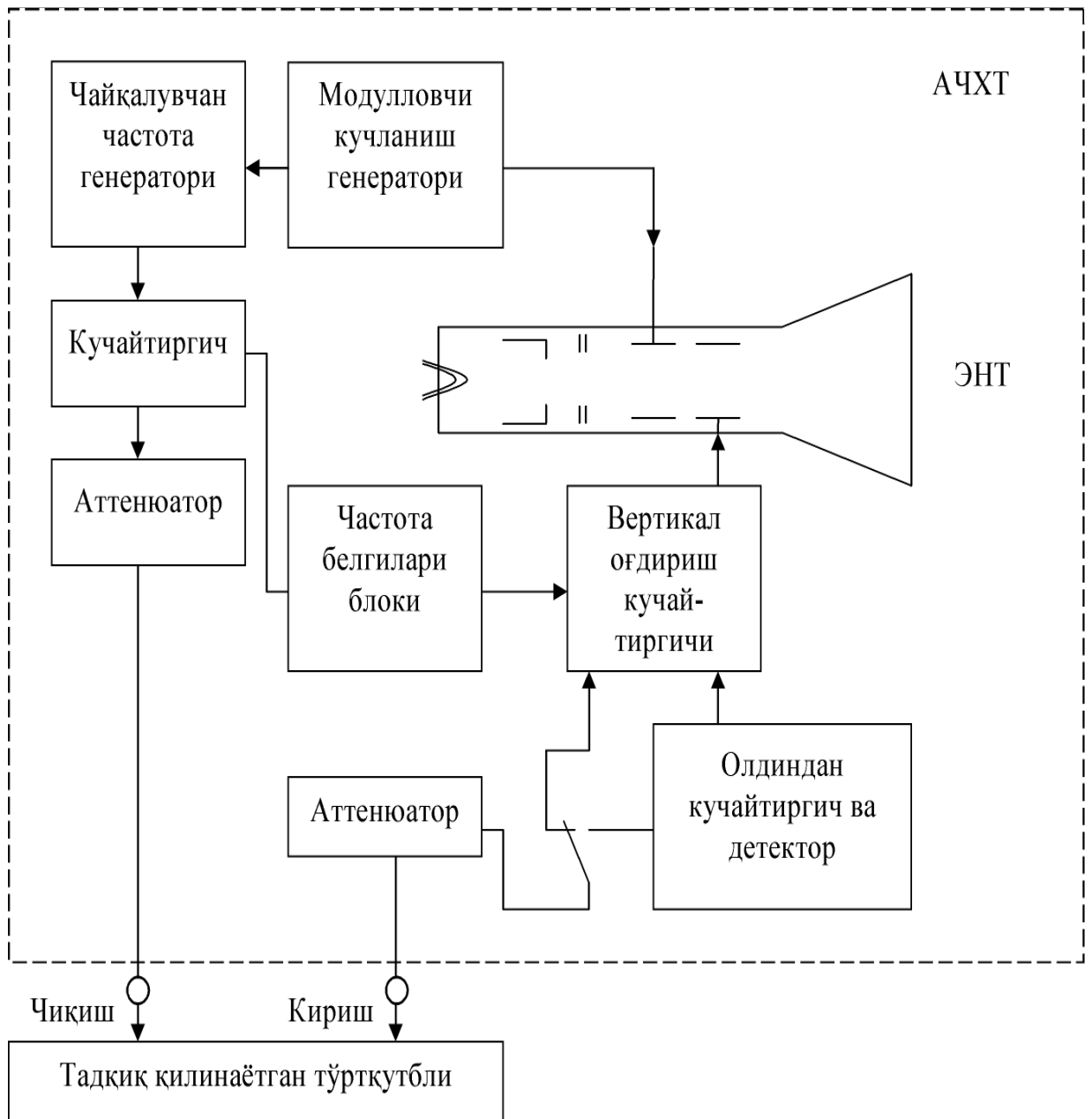
$$K(f) = U_{\text{чик}} / U_{\text{кир}}. \quad (11.2)$$

Ушбу усулни амалга ошириш маълум ўлчаш кўникмаларини талаб қилади. Масалан, агар АЧТ катта фарқларга эга бўлса (режектор ёки резонанс

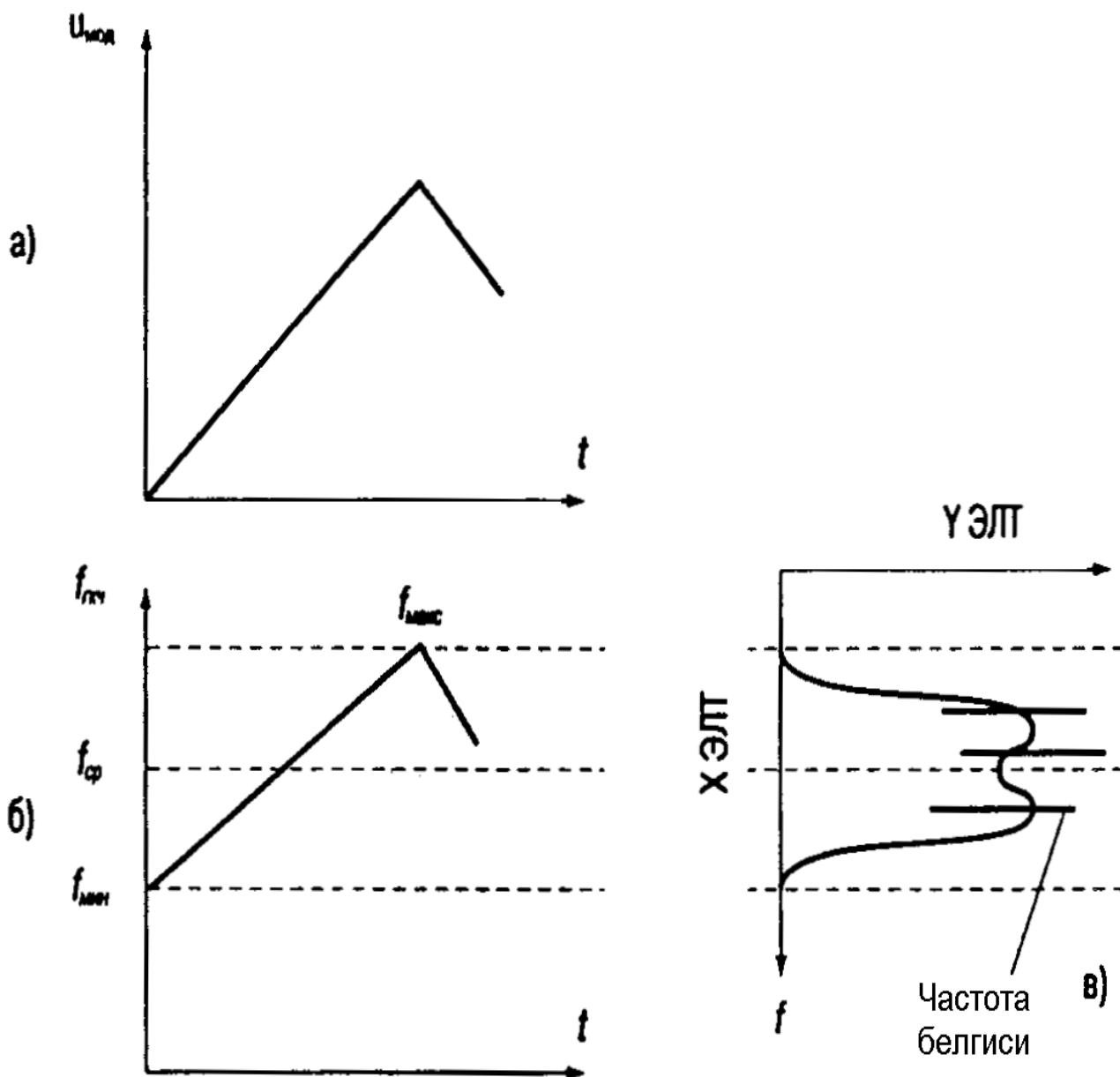
частоталарнинг мавжудлиги), кириш сигналини танлашда эътиборли бўлиш керак. Агар, дастлабки танланган кириш сигнали режекция частотасида жуда ҳам кичик бўлса, чиқиш сигнали 2-вольтметр билан ўлчана олмаслиги мумкин. Ундан ташқари кириш сигнали жуда юқори бўлса, тадқиқ қилинаётган объектда нозикли бузилишлар пайдо бўлиши мумкин. Бу эса АЧТни унинг кўтарилишининг ўзгаришига олиб келиши мумкин. Ундан ташқари частоталар одимини ҳам тўғри танлаш керак. Танлаш узлуклилиги канча катта бўлса, ўлчашни шунча тез ўтказиш мумкин. Бироқ, АЧТ қуриладиган графикда нуқталарнинг кам жойлашганлиги характеристиканинг айрим деталларининг йўқолишига олиб келади. Шундай қилиб, жараён машаққатли бўлиб, унга асбоб кўрсатишларини кўпкартали ҳисоблашларни талаб қилади. АЧТ графиги қўлда график интерполяциялаш орқали қурилади. Бирон элементни ўзгартиришдан сўнг аппаратуранинг солашда ўлчашлар процедурасини такрорлашга тўғри келади, бу эса таъмирлаш ва солаш ишларининг самарадорлигини камайтиради. Юқоридагиларга асосан, АЧТ ўлчаш жараёнини автоматлаштириш зарурати юзага келди.

Қуйида АЧТ автоматик ўлчагичнинг иш тамойилининг таҳлилининг келтирамиз. АЧТни ўлчаш жараёнини автоматлаштириш жараёни частотаси муайян қонуният асосида зарурий частоталар соҳасида даврий текис ўзгарадиган генераторни ва осциллографик индикаторни қўллаш асосида содир бўлди. Амплитуда-частотавий тавсифлар ўлчагичининг соддалаштирилган схемаси 11.3-расмда келтирилган.

Ўлчанадиган сигнални чайқалувчан частота генератори (ЧЧГ) ишлаб беради ва у модуляцияловчи кучланиш генераторидан келувчи аррасимон кучланиш билан бошқарилади. Ушбу кучланишдан электрон нурли трубқада нурни оғдириш учун ҳам фойдаланилади. ЧЧГни синуссимон тебранишлар частотаси чизикли қонун бўйича 11.5-расмда кўрсатилганидек, f_{\max} дан f_{\min} гача ўзгаради.



10.4-расм. Амплитуда-частотавий тавсифлар ўлчагичининг соддалаштирилган схемаси



11.5-расм. ЧЧГни синуссимон тебранишлар частотасининг чизикли қонун бўйича

Ўртача частота $f_{\text{ўр}}$ ЧЧГ хусусий созланиши режимига модуляцияловчи кучланиш иштирок этмаган ҳолда мос келади. Модуляцияловчи тебраниш бир даври тугагандан кейин ЧЧГ частотаси $f_{\text{мин}}$ қийматга қайтадан ва яна чизикли қонун бўйича ўсади.

Шуни эътиборга олиш керакки, ЧЧГ частотали-модуляцияланган тебранишларни паразит амплитуда модуляциясиз ишлаб бериши керак, АЧТни ўлчашда фақат ўлчанадиган сигнал частотаси ўзгариши керак.

Бу ҳолат АЧТЎ (амплитуда-частотавий тавсифлар ўлчагичи) куришда муайян кийинчиликларни юзага келтиради. Модуляцияловчи кучланиш шаклига келсак, у аррасимонгина эмас, балки учбурчак ва синуссимон ҳам бўлиши мумкин. Энг аҳамиятлиси, частотани ўзгариш қонуни нурнинг ЭНТда горизонтал бўйича оғиш қонуни билан мос тушиши керак, фақат шундагина “Х” ўқи бўйича чизиқли частотали масштаб яратилади.

Ночизиқли модуляцияловчи кучланишда АЧТ айрим участкалари нотекис ёрқин бўлади, бироқ, синуссимон кучланишда бу нотекислик деярли сезилмайди. Частота бўйича модуляцияланган сигнал ЧЧГдан кучайтиргич ва аттенюаторга келади. Кучайтиргич ўлчанадиган сигнални кучайтириш учун ҳамда аттенюаторнинг ЧЧГга бўлган таъсирини бартараф қилиш учун хизмат қилади. Аттенюатор кучайтиргич билан бирлашиб, сигнал кучланишини кенг чегарада ўзгартиришга имкон беради, чунки тадқиқ қилинаётган ҳар бир тўртқутбли ўзининг узатиш коэффициентига эга. Масалан: тўсувчи филтёрнинг АЧТни ўлчашда катта амплитудали ўлчов сигналининг узатиш зарурати пайдо бўлиши мумкин.

Катта кучайтириш коэффициентига эга бўлган кучайтиргичнинг АЧТни ўлчашда асбобнинг чиқиш сигнали аксинча кичик бўлиши керак. Тадқиқ қилинаётган тўртқутблининг кириши ўлчаш асбобининг чиқиши билан уланади. Сигнал унинг чиқишидан яна ўлчаш асбобига қайтади. Агар ўлчанадиган тўртқутбли детекторга эга бўлса (масалан, детекторли кучайтиргич), унда сигнал аттенюатор ва алмашлабулагич орқали вертикал оғдириш кучайтиргичига ва ЭНТ пластиналарига келади.

Агар тадқиқ қилинаётган тўртқутбли детекторга эга бўлмаса, унда сигнал алмашлабулагич орқали дастлабки кучайтиргичга келади. Кучайтиргичда сигнал кучайтирилади ва детектирланади, кейин вертикал оғдириш каналига берилади. Тадқиқ қилинаётган тўртқутблидан частотавий-

модуляцияланган сигнал амплитудавий модуляцияга эга бўлади ва бундатадқиқ қилинаётган объект АЧТ шакли тўғрисидаги ахборотни элтади. Детектирланган сигналнинг вертикал оғдирувчи пластиналарга ва ёйма аррасимон кучланишнинг горизонтал оғдирувчи пластиналарга таъсири натижасида ЭНТ (электрон нурли трубка) экранида АЧТ тасвири пайдо бўлади.

ЧЧГ учун модуляцияловчи кучланиш ва ЭНТнинг ёйма кучланиш битта генераторда шаклланади, шунинг учун экранда нурнинг оғиши ва тадқиқ қилинаётган тўрткутблига таъсир кўрсатувчи тебранишлар частотасининг ўзгариши синхрон равишда амалга ошади. Шундай қилиб, ЭНТ экранида Х ўқи, вақт ўқи ва частота ўқи билан бир пайтда пайдо бўлади. Тўрткутблининг частотавий параметрларини ўлчаш учун горизонтал ўқнинг ажратилган нуқталарига мос келувчи частоталарни билиш керак. Уларни шакллантириш учун АЧТЎда частотавий белгилар блоки кўзда тутилган. Белгилар таянч ва чайқалувчан частоталарни аралаштириш йўли билан пайдо қилинади. Частотавий белгилар блоки кварц билан барқарорлаштирилган таянч генераторига эга. Резонаторни алмашлабулаш йўли билан таянч генератор бир нечта таянч частоталарга қайта созланади, масалан 1, 10 ва 100 кГц. Сигнал таянч генератордан бўлгичга келади ва унда асосий частота сигналдек кучайтирилади (масалан 1 кГц), ва худди шундай унинг гармоникалари ҳам кучайтирилади (2, 3, 4 кГц ва б.к.) Ушбу тартибда частоталар сеткаси ташкил бўлади. Асосий частотани алмашлаб улаш орқали частоталар сеткасининг 10 ва 100 кГц дискретлигига эришиш мумкин.

Таянч частота ва гармоникаларни танлаш асбоб мўлжалланган частота диапозонига боғлиқ. Частота белгиси блокада таянч частота сигналлари аралаштиргичга келади, унга бир вақтда ЧЧГдан ҳам сигнал узатилади. ЧЧГнинг частотаси таянч частоталари гармоникалари билан мос келганда аралаштиргич чиқишида сигналлар ташкилланади, улардан паст частота фильтри ёрдамида частота белгилари шаклланади. Белгилар

кучайтирилгандан кейин вертикал оғдириш каналига келади ва ЭНТ экранида вертикал тўлқин шаклида кузатилади.

Тадқиқ қилинаётган тўртқутблининг чиқишидаги ўлчаш сигналининг динамик диапазони етарли даражада кенг бўлиши мумкин, чунки, тўртқутблининг тадқиқ қилинаётган частоталар соҳасидаги узатиш коэффиценти минг маротаба ўзгариши мумкин. Ушбу ҳолда АЧТни ЭНТ экранида логарифмли масштабда ифодалаш мақсадга мувофиқ бўлади. Қараб чиқилган схема содалаштирилган ҳисобланади. Замоनावий АЧТЎ анча мураккаб бўлиб, экспериментларни ўтказишда катта имкониятларга эга. Масалан, частотани чайқаш даври 0,01дан 40 Гц гача ўзгаради. Ундан ташқари кўлда қайта созлаш ва частотани чайқаш, ҳамда частотани бир маротабалик чайқаш назарда тутилган. Чайқаш соҳасининг қийматига кўра АЧТЎ тор соҳали, ўртача соҳали, кенг соҳали ва комбинацияланган бўлади. 20 дан $30 \cdot 10^6$ Гц частота диапазонида ишлайдиган АЧТЎ тор соҳали, агар чайқаш соҳаси диапазоннинг 0,01 дан ортмаса ўрта соҳали бўлади. Агар чайқаш соҳаси $0,6f_{\text{макс}}$ дан кам бўлса АЧТЎ кенг соҳали ҳисобланади ва бунда чайқаш соҳаси барча частота диапазонини эгаллайди. Частотавий параметрларнинг йўл қўйиладиган хатоларига кўра АЧТЎ бешта классга бўлинади, амплитудавий хатоларининг йўл қўйиладиган қийматлари бўйича учта классга бўлинади. Частотавий характеристикалар ўлчагичларининг нормаланган тавсифларига қуйидагилар киритилади: элтувчи частоталар диапазони; элтувчи частота шкаласининг хатолиги; чайқалиш соҳаси; чиқиш кучланиши; чайқалиш соҳасидаги хусусий АЧТнинг нотекислиги (динамик характеристика); чайқалиш даври ва б.қ.

Ўлчагич экранида АЧТни бузилишларсиз такрорланиши учун қатор шартлар бажарилиши зарур. Актив тўртқутбллар (масалан, кучайтиргичлар) ни тадқиқ қилишда уларнинг амплитудавий характеристикаларининг ночизиклиликка кўра АЧТ шаклининг бузилиши рўй бериши мумкин. Ушбу турдаги бузилишни ЧЧГдан олинандиган кучланишни ошириб юзага чиқариш мумкин. Агар АЧТ шакли ўзгарса, у ҳолда ночизикли бузилиш мавжуд

бўлади. Ушбу ҳолда киришдаги кучланиш минимал бўлиши керак. Катта сўнишга эга бўлган тўрткутблларнинг АЧТ ўлчашда чиқиш кучланиши паст бўлади ва АЧТ шаклида бузилишлар пайдо бўлади. Ушбу бузилишлар детекторнинг нозизиқлилиги билан боғлиқ бўлади.

АЧТЎ хатолигига қуйидагилар киради: частотани ўлчаш хатолиги; нисбий амплитуданинг ўзгариш хатолиги; хусусий АЧТнинг нотекислиги ва бк. Қуйида АЧТЎнинг асосий параметрларини келтирамиз. АЧТЎнинг параметрлари қуйидагиларга бўлинади:

- фақат ЧЧГни характерловчи чиқиш параметрларига;
- индикаторга тааллуқли бўлган кириш параметрларига;
- умумий бўлган ЧЧГ ва индикаторнинг биргаликдаги ишини характерловчи параметрлар.

Чиқиш параметрлари:

- частоталарнинг ишчи диапазони – ушбу диапазон ичида АЧТЎ билан ўлчашларни бажариш мумкин.

- чайқалиш соҳасининг максимал ва минимали бўлиб марказий частотадан фоизларда ёки абсолют катталикларда ЧЧГнинг қурилиш тамойилига кўра берилади. Максимал чайқалиш соҳаси частоталар ишчи диапазонининг энг катта участкаси бўлиб АЧТЎ индикатори экранда бир вақтнинг ўзида кузатилиши мумкин. Минимал соҳа АЧТЎнинг ажрата олиш қобилиятини аниқлайди.

- марказий частотанинг қисқа муддатли барқарорлиги минимал чайқалиш соҳасидан нисбий бирликларда берилади ва тадқиқ қилинаётган АЧТ эгрисининг ўлчаш вақти давомида индикатор экранда барқарор туришини аниқлайди (одатда 1-3 минут).

- частотавий белгилар.
- давр ёки чайқалиш частотаси экранда эгрини чизиш вақтини аниқлайди ва бунда АЧТ алоҳида нуқталаридаги ўлчаш назарга тутилади.

– АЧТЎнинг чиқиш кучланиши худди бошқа ўлчаш генераторлари каби унинг максимал катталиги, ўрнатиш аниқлиги, ростлаш чегаралари ва ночизиқли бузилишлар билан характерланади.

– АЧТЎнинг чиқиш қаршилиги ўлчанадиган радиоқурилмаларнинг кириши билан мослаш учун. Унинг катталиги частота диапазонида кўп тарқалган тўлқин қаршилигига тенг бўлади. Масалан, ишчи диапазони мегагерцнинг бирликларига эга бўлган АЧТЎ учун 600 Ом, бошқа диапазонларда 75 ва 50 Ом бўлади.

– чиқиш кучланишининг нотекислиги АЧТЎнинг специфик параметри бўлиб ҳисобланади. У маълум чайқалиш соҳасида ёки ишчи диапазон бўйича қуйида келтирилган ифода билан аниқланади:

–

$$\delta = \pm \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} 100\% ; \quad (11.3)$$

Буерда U_{\min} ва U_{\max} – мосравишда, чиқиш кучланишининг чайқалиш соҳасидаги минимал ва максимал катталиклари дидир.

Кириш параметрлари:

– вертикал оғдириш каналининг сони;
– вертикал оғдириш каналининг соҳа ўтказувчанлиги ва унинг амплитуда характеристикасининг ночизиқлилиги;

– амплитудаларнинг динамик диапазони АЧТЎ индикаторининг зарурий параметри бўлиб ҳисобланади ва одатда 25-30 дБни ташкил қилади;

– экран ўлчамлари;

АЧТЎнинг кириш қаршилиги, юзлаб килоОм ва параллел конденсаторнинг сифими ўнлаб пикофарадани ташкил қилади.

11.3. Тўртқутблиларда ночизиқли бузилишларни ўлчаш усуллари

Алоқа, ахборотлаштириш ва коммуникацияларни ривожлантириш соҳасида ўлчашлар бирлигига эришиш маҳсулотлар, хизматлар, технологияларнинг сифатини ва рақобатбардош-лигини таъминлаш бўйича бажарадиган ишларнинг асосидир. Ўлчашлар бирлигини таъминлаш дунёдаги ҳар бир мамлакат учун Давлат аҳамиятидаги масаладир. Маълумки, ўлчашлар бирлиги Ўзбекистонда ўлчашлар бирлигини таъминлаш тизими асосида амалга оширилади.

Бугунги кунда ночизиқли бузилишларни ўлчаш усуллари ва ўлчаш, назорат қилиш воситаларининг метрологик характеристикаларини аниқлаш мақсадида тадқиқотлар ўтказиш, телекоммуникация узатиш тизимини метрологик таъминлаш асосида сифатли алоқани амалга ошириш, ҳозирги кунда долзарб масалалардан ҳисобланади.

Узатувчи, кучайтирувчи ва бошқа алоқа қурилмаларида ночизиқли бузилишлар кам миқдорда бўлса ҳам уларни ночизиқли системалар табақасига киритиш мумкин. Кучайтиргичлар ва синуссимон тебранишли генераторларга қўйиладиган талабларнинг ортиб бориши ночизиқли бузилишларни ўлчаш заруратини оширмоқда. Кучайтиргичнинг актив элементлари кўпроқ ночизиқли хоссаларга эга бўлса, ферромогнит ўзакли элементлар камроқ хоссаларга эга бўлса конденсатор ва резисторлар эса жуда кам бундай хоссаларга эга бўлади, чизма элементларнинг ночизиқлиги, кучайтиргич чиқиш кучланишининг кириш кучланишига боғлиқлиги ҳам ночизиқли бузилиш бўлишига сабаб бўлади. Бунинг натижасида кучайтиргич чиқишда кириш сигналида бўлмаган спектрал ташкил этувчилар пайдо бўлади.

Синуссимон тебранишлар генераторлари, кучайтиргичлар ва тўртқутблиларга қўйилган талабларнинг ортиб бориши ночизиқли бузилишларни ўлчаш ва баҳолашни зарурий шарт қилиб қўймоқда.

Ночизиқли бузилишларни ўлчаш усуллари аппаратуравий ечимига, усулий ва метрологик характеристикаларига кўра ажратилади. Ночизиқли бузилишлар коэффициентини ўлчаш усуллари ахборотни ифодалаш ва ишлов бериш услубига қараб иккита қатга гуруҳга бўлинади: аналог ва рақамли (11.6-расм).

Аналог асбобларда ўлчанаётган сигнал ҳисоблаш қурилмасидан ахборот олинганга қадар ишловдан ўтади. Оралиқ операциялар аналог шаклда амалга оширилади. Шунга кўра, сигнал мумкин бўлган барча бузилишлар таъсирига берилиши мумкин. Бу ўлчагичларнинг умумий хатолигига таъсир кўрсатади.

Баъзи ҳолларда ночизиқли бузилишларни баҳолаш ўзаро модуляция усулида, яъни ночизиқли бузилишларнинг комбинацион ташкил этувчилари бўйича амалга оширилади.

Рақамли асбобларда аналог сигналдан бирдан рақамли шаклга айлантирилади ва натижага дискрет усуллар асосида маҳсус ҳисоблаш қурилмалари ёки микропроцессор ёрдамида биринчи гармоникани ҳамда ночизиқли бузилишларнинг бирорта коэффициентини ҳисоблаш йўли билан эришилади.

Метрология нуқтаи назаридан қараганда барча аналог усуллар иккита қатга гуруҳга бўлинади:

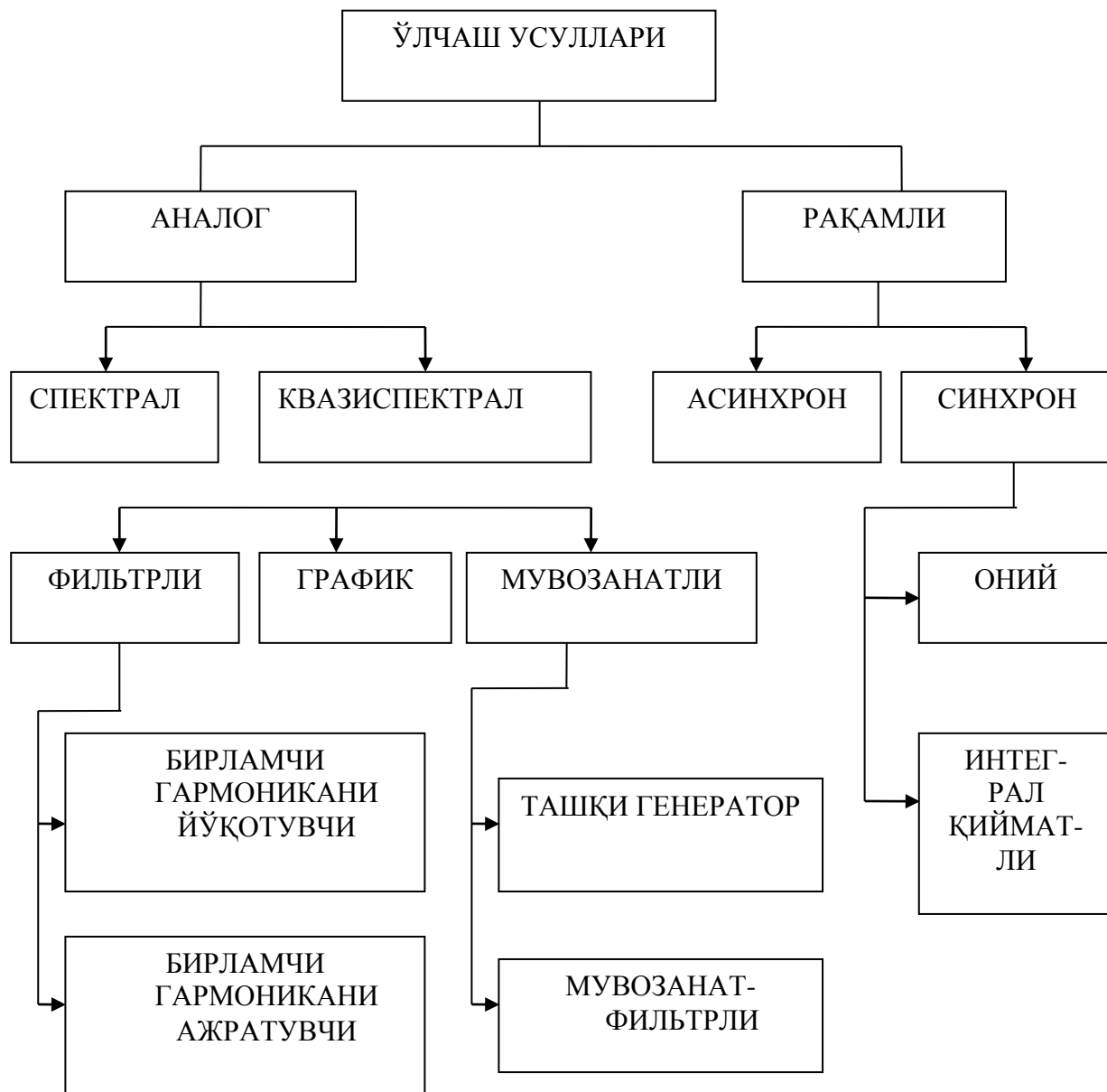
- Спектрал
- Квазиспектрал.

Ночизиқли бузилишлар коэффициентини ўлчашнинг спектрал усуллари селектив асбобларни қўллашга асосланган.

Улар ёрдамида кириш сигнали гармоник ташкил этувчиларнинг даражасини ўлчаш амалга оширилади, ночизиқли бузилишлар коэффициенти эса қўлда ҳисобланади.

Спектрал усулларнинг афзалликларига қуйидагилар қиради

– паст даражадаги ҳамда кучли ҳалақитлар таъсиридаги сигналларнинг ночизиқли бузилиш коэффициентини ўлчаш;



11.6-расм. Ночизиқли бузилишларни ўлчаш усуллари.

- кенг частота диапазонида ўлчаш мумкинлиги;
- ночизиқли бузилишлар коэффициентини кичик қийматларнинг ўлчаниши (0,01-0,0001%);
- спектрли усулларнинг камчилиги;
- ўлчашнинг қийинлиги.

Квазиспектрал усуллар эса сигнални ташкил этувчилардан бирини, яъни биринчи гармоникани ажратиш ёки йўқотиш асосида тўлиқ сигнал ёки

юқори гармоникаларнинг таъсир этувчи кучланишларини аниқлашга асосланади. Сигнал осциллограммаси бўйича чизиқли бузилишлар коэффициентини ўлчашнинг графоаналитик усуллари ҳам ушбу гуруҳга киради.

Фильтрли усуллар иккита майда гуруҳга бўлинади:

- биринчи гармоникани йўқотиш;
- биринчи гармоникани ажратиб олиш.

Биринчи гармоникани ажратиб олиш кенг тарқалган усулдир. Бу усул асосида ночизиқли бузилиш ўлчагичларининг ҳамма турлари қурилган. Фильтр турдаги ўлчагичларнинг яхши намуналари 600 кГц гача бўлган частота диапазонида узлуксиз ишлайди ва хато 3% ошмайди.

Инфрақизил частоталарда махсус аппаратурани мураккаблиги сабабли график усул кам қўлланилади. Бу усулда ўлчаш қийин, хато эса 10% кам эмас.

Ночизиқли бузилишлар коэффициентини ўлчашнинг мувозанатли усули ўлчанаётган сигналдан ночизиқли бузилишлар коэффициентини кам қийматга эга бўлган бошқа сигнал билан йўқотишга асосланган. Мувозанатловчи кучланиш ёрдамчи генераторлардан олиниши мумкин ва ундан бу кучланиш ўлчанаётган сигналлар фаза бўйича боғланган бўлади ёки бу кучланиш текширилаётган сигналдан юқори гармоникаларни филтраб олинади. Мувозанатловчи кучланиш амплитудаси нобарқарор бўлган ҳолда қўшимча хато пайдо бўлиши мумкин.

Частота диапазони кенгайиб борганда ва ночизиқли бузилишлар коэффициентининг қиймати кичик бўлган ҳолда барча аналог усуллар келажагини чеклаб қўяди. Кенг частота ва динамик диапазонларда юқори аниқлик ва тескариликка эришишни талаб қилмаган ҳолларда ночизиқли бузилиш коэффициентини ўлчашга ҳамда ўлчаш техникасининг бошқа соҳалардаги ўлчашларнинг рақамли усуллари қўлланилади.

Ночизиқли бузилишлар коэффициентини ўлчашнинг рақамли усуллари ўлчанаётган сигналнинг “оний” қийматини даврнинг нолинчи нуқталарида

ажратиб олишга асосланади. Бу ажратиб олинган “оний” қиймат рақамли кодга айлантрилади ва белгиланган алгоритм бўйича ишлов давом эттрилади.

Қурилмавий амалга оширилишига кўра рақамли усуллар асинхрон ва синхронларга бўлинади.

Асинхрон усулда ўлчанаётган сигналнинг “оний ” қиймати танловини амалга ошириш учун стробловчи ёки импульслар ёрдамчи генераторларидан фойдаланилади. Бу генераторнинг частотаси ўлчанаётган сигнал частотасидан N марта кўп, лекин унга каррали эмас:

$$f_{\text{стр}} = N (f_{\text{ўлч}} \pm \Delta) \quad (11.4)$$

Бу усулнинг хатолиги $K_f \geq 0,5\%$ бўлганда $0,1\%$ дан яхши эмас. Ночизикли бузилишлар коэффициентини ўлчашнинг синхрон усулида ўлчанаётган сигнал частотаси ва строб частотаси орасида барқарор синхронлаш ўрнатилади.

$$f_{\text{стр}} = N f_{\text{ўлч}} \quad (11.5)$$

Сигналнинг паст бўлган даражаларида ночизикли бузилишлар коэффициентини фоизнинг юздан бири бўлган улушларини ўлчаш қийинчиликларни юзага келтиради. Бу мақсадни амалга ошириш учун паст частота гармоникаларининг анализаторларидан фойдаланилади, аммо гармоника анализатори 10-20000 Гц частота диапазолида ўз хусусий ночизикли бузилишлар даражасига эга бўлади, яъни бу бузилишлар 1000 Гц гача $0,1\%$, 1000 Гц дан юқори бўлган частоталарда эса $0,05\%$ ёки ўзининг хусусий бузилишлари ночизикли бузилишлар коэффициентини ўлчашда максимал $0,1\%$, 20000 Гц гача бўлган частоталарда бу хато 10% ни ташкил қилади. Бундан ташқари, бу асбоблар асосий частотадан, 60 дБ дан кўпроқ фарқли бўлган гармоник ташкил этувчиларнинг амплитудасини ўлчаш имконини бермайди. Агар юқори гармоникаларни ўлчаш талаб этилса,

бундай ҳолларда асбоб сезгирлигини ошириш лозим бўлиб, бунинг имкони ҳар доим ҳам бўлавермайди.

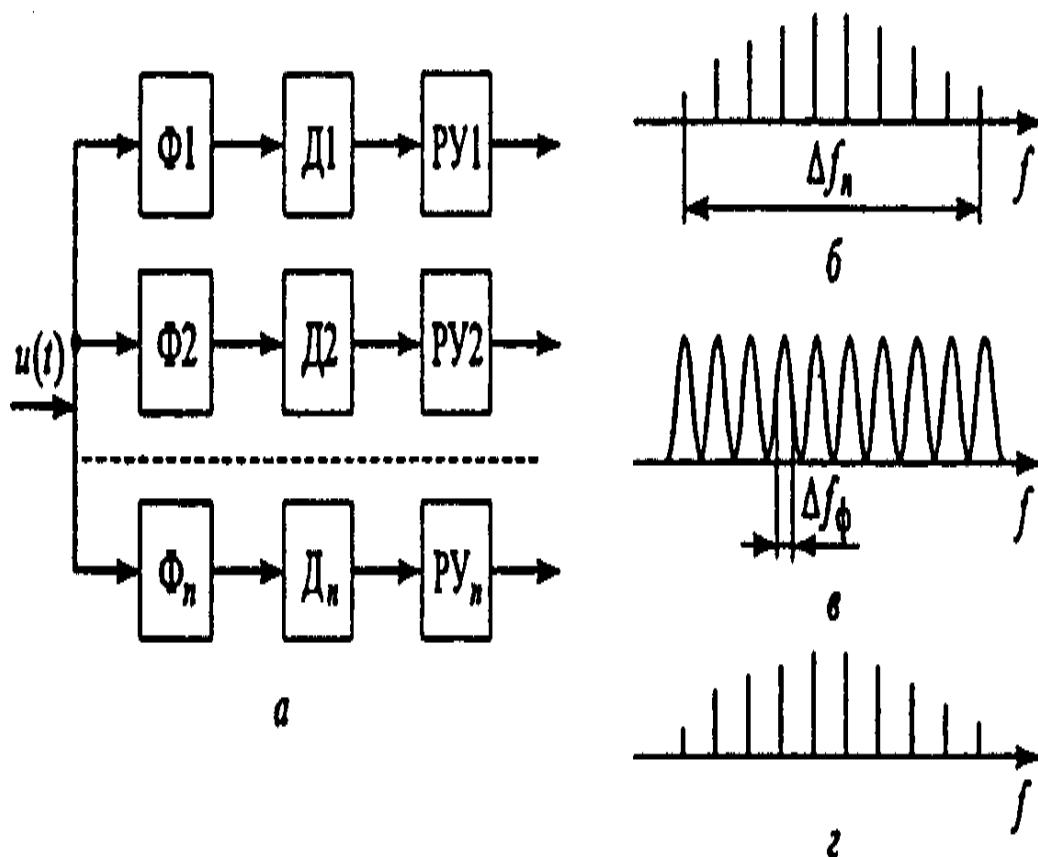
11.4. Сигнал спектрини таҳлил қилиш усуллари ва спектр анализаторлари

Амалда барча спектр анализаторлари иккита схема асосида амалга оширилади: параллел ва кетма-кет. Спектрни параллел таҳлил қилиш усули кўпроқ яқка импульсли сигналлар спектрларини тадқиқ қилиш учун қўлланилади. Параллел турдаги анализаторларнинг тузилмавий схемаси n та Ф-соҳавий филтрларга эга бўлиб, улардан ҳар бири маълум частотага созланган (11.7 а-расм).

Тадқиқ қилинаётган $u(t)$ сигнал, спектри Δf_n – частоталар соҳасида жойлашган (11.7 б-расм), барча филтрларга баравар узатилади. Филтрлар бир-бирига ўхшаган АЧТ (амплитуда-частотавий тавсиф) га эга бўлиб, Δf_ϕ – бир хил соҳа ўтказувчанлигига эга ва маълум частоталарга созланган (11.7 в-расм). Филтрлар чиқишидаги сигналлар таҳлил қилинаётган жараён (11.7 г-расм) спектрининг ташкил этувчиларини аниқлайди.

Д-детекторларда детектирланган спектрал ташкил этувчилар ҚҚ – қайдлов қурилмасига кириб келади. Спектрни кетма-кет таҳлил қилиш усули кўпинча кўпкаррали спектрларни ёки вақт бўйича такрорланадиган жараёнларни тадқиқ қилишда қўлланилади. 11.8-расмда кетма-кет турдаги спектр анализаторнинг соддалаштирилган схемаси келтирилган бўлиб, у супер гетеродинли қабуллагич, индикатор (кўпроқ осциллографик) қурилма ва калибратордан ташкил топган.

Супергетеродинли қабуллагичнинг асосий блоки – частота ўзгартиргичи бўлиб, аралаштиргич, чайқалувчан частота генератори ЧЧГ ва оралик частота кучайтиргичидан ташкил топган. Қабуллагич ундан ташқари кириш қурилмаси, детектор (ушбу ҳолда амплитудавий) ва чиқиш кучайтиргичи.



11.7-расм. Спектрни параллел таҳлил қилиш

а-анализатор усулининг тузилмавий схемаси; б-тадқиқ қилинаётган спектр;
 в-АЧХ-фильтрлар; г-анализатор чикишидаги спектр.

Супергетеродинли қабуллагичда таҳлил қилинадиган $u(t)$ сигнал частота ўзгарткичи орқали f_0 – элтувчи частотадан оралиқ частотага ўтказилади (ушбу анча қуйироқ частотада оралиқ частота кучайтиргичи ишлайди):

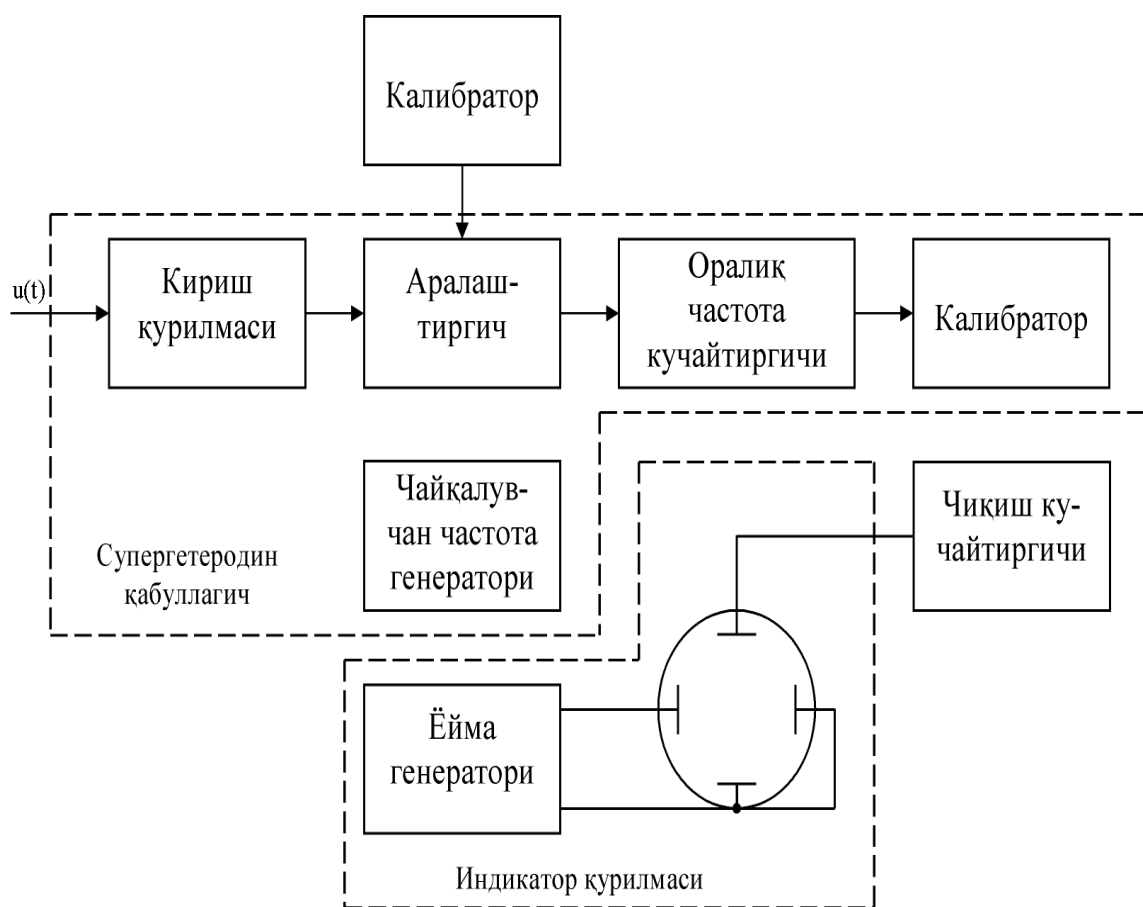
$$f_{оч} = |f_0 - f_r| = |f_r - f_0| \quad (11.6)$$

бу ерда f_r – ЧЧГнинг марказий частотаси.

Аралаштиргичнинг битта киришига кириш қурилмаси орқали $u(t)$ кириш сигнали, иккинчи киришига ЧЧГдан кучланиш узатилади.

Индикатор қурилмаси ёрдамида тадқиқ қилинаётган жараён спектри кузатилади. Калибратордан спектрнинг қуйидаги характерли параметрларини ўлчашда фойдаланилади. Хусусан, частота, мос келувчи максимумлар ёки спектр эгрисининг нолинчи қийматлари ва бқ. Анализаторга тааллуқли бўлган процесслар эпюрасини қараб чиқамиз (11.9-расм). 11.9 а, б-расмда ЧЧГ частотасининг вақт бўйича мос ҳолдаги ўзгариши ($f_{\text{чг}}$ частотаси $f_{\text{мин}}$ дан $f_{\text{макс}}$ гача ёйма генератори кучланиш тактига мос ҳолда ўзгаради), оралиқ частота кучайтиргичининг (ОЧК) $U_{\text{очк}}$ – амплитуда-частотавий характеристикасининг шакли ва $S(f)$ – тадқиқ қилинаётган сигнал спектрининг диаграммаси (диаграммада у учта гармоник ташкил этувчилари билан кўрсатилган бўлиб), синуссимон модуляциядаги амплитуда-модуляцияланган тебранишларни ифодалайди.

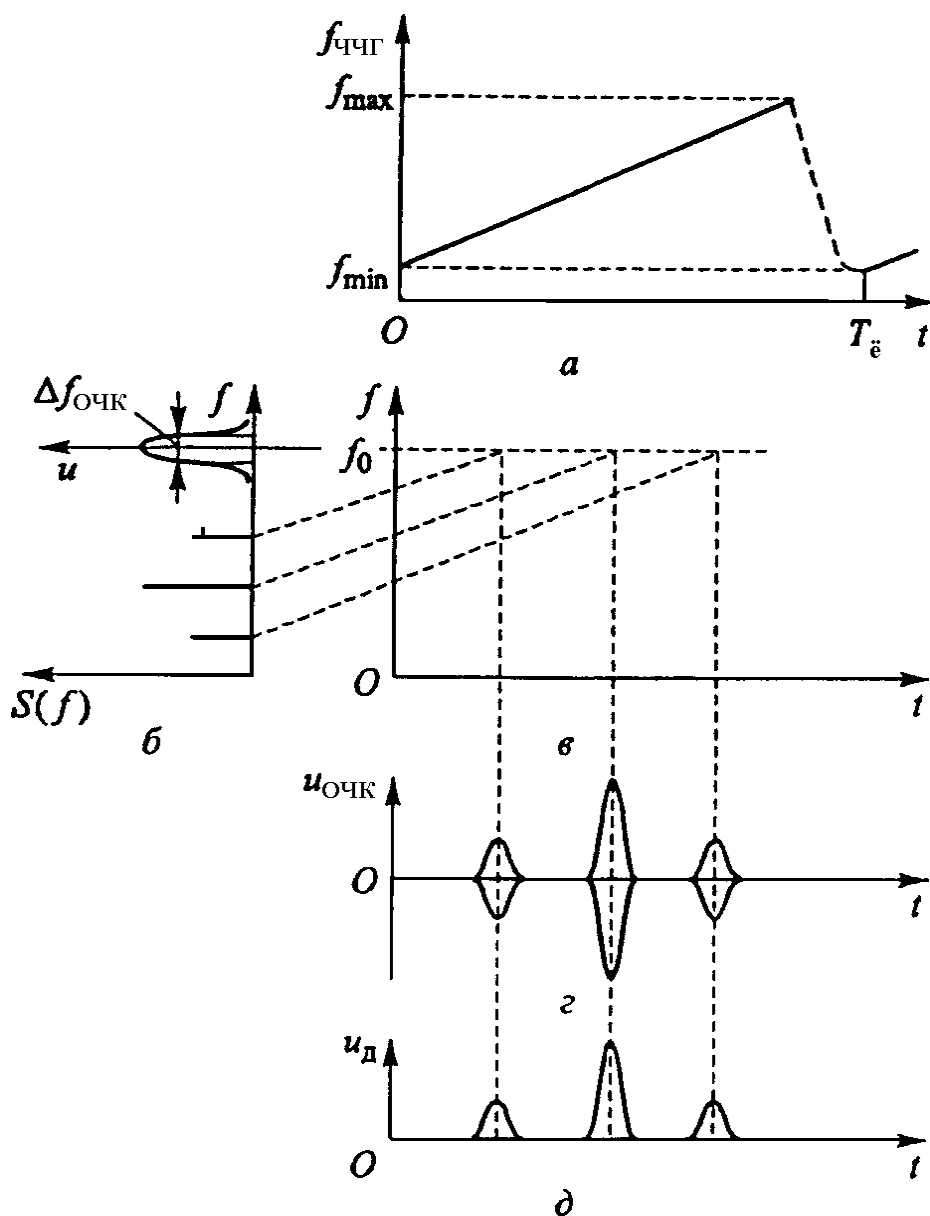
Анализаторнинг аралаштиргичига тадқиқ қилинаётган сигналнинг таъсирида $S(f)$ спектрнинг ташкил этувчилари оралиқ частота $S(f_{\text{ор}})$ диапазонига ўтказилади. Тадқиқ қилинадиган сигналнинг спектр шакли ушбу ҳолда ўзгармайди. ЧЧГ частотасининг чизиқли ўзгариши билан ўзгартирилган спектрнинг спектрал ташкил этувчилари ҳам вақт бўйича чизиқли ўзгаради ва кетма-кет оралиқ частота кучайтиргичининг ўтказиш соҳасига тушади (11.9 в-расм). Оралиқ частота кучайтиргичининг чиқишидаги кучланиш радиоимпульс кўринишини олади (11.9 г-расм), уларнинг ЧЧГ доимий кучланишидаги амплитудаси тадқиқ қилинаётган спектр ташкил этувчиларининг амплитудасига пропорционал бўлади. Оралиқ частота кучайтиргичининг чиқишидан радиоимпульслар амплитудавий спектрга берилади. Амплитудавий детекторнинг чиқишида u_d видеоимпульслар (11.9 г-расм) пайдо бўлиб, чиқиш кучайтиргичи орқали ЭНТнинг вертикал оғдириш пластиналарига келади. ЭНТнинг горизонтал оғдириш пластиналарига ёйиш генераторидан аррасимон кучланиш берилади, бунинг натижасида осциллограф экранда видеоимпульслар пайдо бўлади, улар $T_{\varepsilon} = T_a$ ёйманинг бир даври давомида тадқиқ қилинаётган спектрни ифодалайди.



11.8-расм. Кетма-кет турдаги спектр анализаторининг тузилмавий схемаси.

Сигнал спектрини таҳлил қилишнинг рақамли усуллари ва рақамли спектрнализаторлар мавжуд. Дастлаб, спектрни рақамли таҳлил қилиш усулини таҳлил қиламиз. Ушбу усулда сигнал рақамли кодга айлантирилади ва махсус микропроцессорлар ёрдамида спектрнинг ташкил этувчилари ҳисобланади. Спектрни рақамли анализаторлари умуман олганда спектрал зичликни (2) интегрални танланмалар айрим сонлари якуний суммасига алмаштириб ҳисоблайди. Бундай ҳисоблашларни дискрет алгоритмлар ва Фурьенинг тезкор ўзгартиришлари ёрдамида амалга оширилади. Қуйида Фурьенинг дискрет ва тезкор алмаштиришларининг алгоритмини келтирамиз

(ФДА). Агар тадқиқ қилинадиган сигнал $u(t)$ вақтнинг $0-T_u$ интервалида амплитуда ўзининг k -инчи ҳисоблари билан келтирилган бўлса, $\{u(k\Delta t)\} = \{U_k\} = u_k$, ва Δt вақт оралиғида олинган бўлса, у ҳолда уни Фурьенинг дискрет алмаштириши шаклида келтириш мумкин.



11.9-расм. Кетма-кет турдаги спектр анализаторидаги жараёнлар эпюраси.

- а – ЧЧГ частотасининг ўзгариши;
- б – тадқиқ қилинадиган спектр ва ОЧКнинг АЧТи;
- в – ўзгартирилган сигнал спектрининг чизиқли ўзгариши;
- г – ОЧК чиқишидаги сигнал;
- д – детектор чиқишидаги сигнал.

$$C_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k e^{-j2\pi nk/N} \quad (11.7)$$

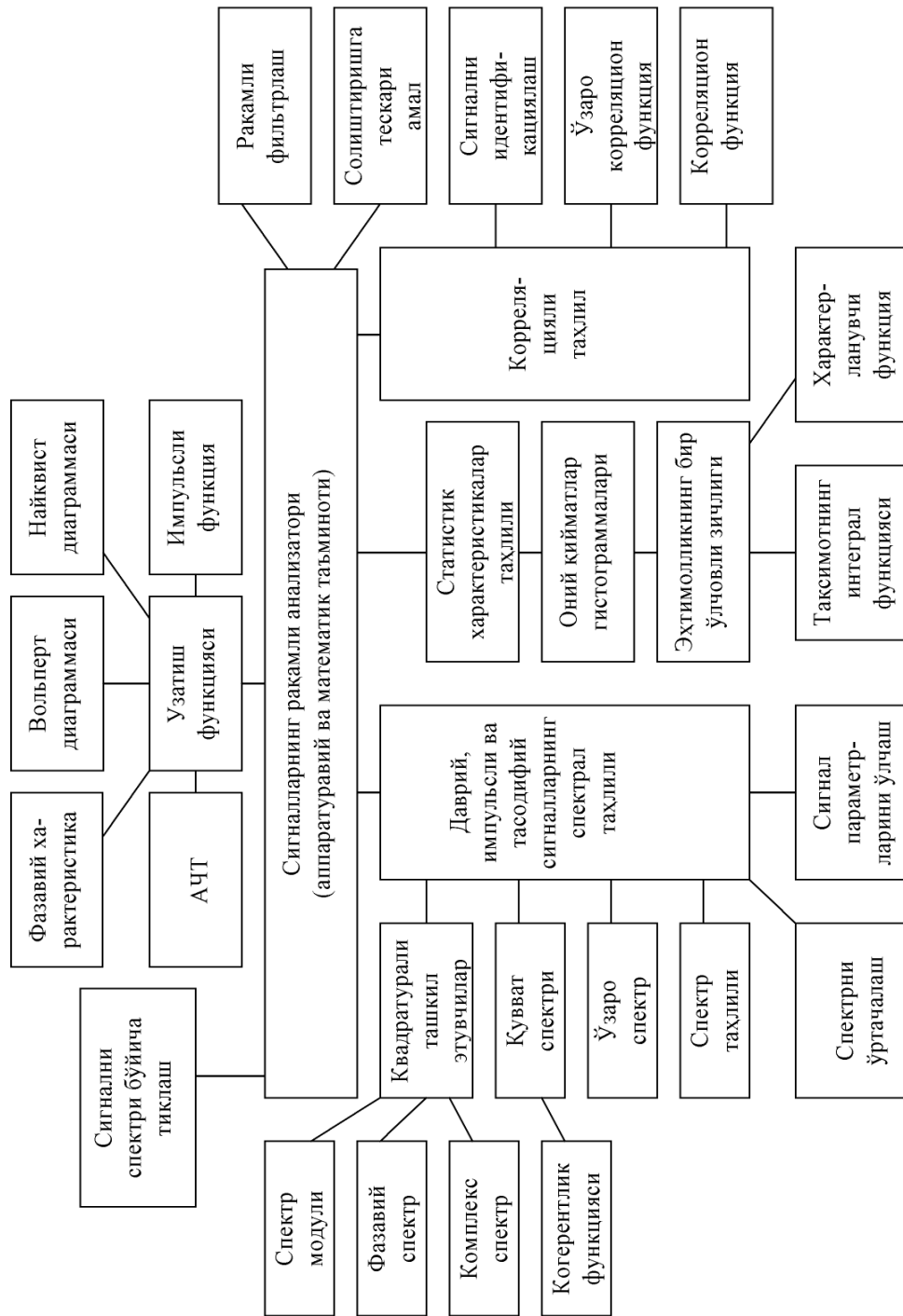
бу ерда $N = T_n / \Delta t$ – саноклар сони;

C_n – тадқиқ қилинадиган спектрнинг комплекс гармоникалари;

$n = 0, 1, 2, \dots, (N/2 - 1)$ – спектр ташкил этувчисининг рақами.

Навбатдаги босқичда рақамли спектр анализатор иш тамойилининг таҳлилини келтирамиз. Замонавий рақамли анализаторда кўпсонли асбобларнинг специфик функциялари компьютер дастурлари тўплами ёрдамида моделланади. Рақамли спектр анализаторининг иш тамойили турли жараёнларнинг параметрлари ва характеристикаларини ҳисоблаш муолажасига асосланган. Рақамли анализаторнинг функционал имкониятларига қуйидаги алгоритмлар жойлаштирилган (11.10-расм):

- сигнали ўз спектри бўйича тиклаш, яъни Фурьени тескари алмаштиришини ҳисоблаш;
- электр занжир характеристикаларини анализ ва синтез қилиш, занжирларнинг узатиш ва фазавий характеристикалари;
- сигналларнинг корреляцион таҳлили;
- сигналларнинг фазавий ўзаро нисбатларини ҳисоблаш (сигналларни идентификациялаш);
- сигнал параметрларини ўлчаш (амплитудалар, частоталар, частоталар девиацияси), импульсли сигналларнинг параметрларини аниқлаш (амплитудалар, давомийликлар, фронт давомийликлари, давр кетма-кетлиги ва б.қ.)



11.10-расм. Замонавий рақамли спектранализаторнинг функционал имкониятлари.

- даврий, импульсли ва тасодифий сигналларнинг спектрал таҳлили; квадратурали ташкил этувчиларнинг анализи – спектр модули, фазавий спектрни, комплекс спектрни; тасодифий жараённинг қувват спектрини аниқлаш; ўзаро спектрни ҳисоблаш; частоталар соҳаси бўйича спектрни ўртачалош; мультипликатив сигналларнинг спектрини аниқлаш;
- сигнални рақамли ишлов ва филтрлаш; спектрлар ҳосиласини ҳисоблаш;
- тасодифий жараёнларнинг статистик характеристикаларининг таҳлили, сигналлар оний қийматларининг гистограммасини қуриш; эҳтимолликнинг бир ўлчовли зичлигини ва тасодифий жараёнлар тақсимотининг интеграл функциясини аниқлаш.

Рақамли спектранализаторнинг тузилмавий схемаси 11.11-расмда келтирилган. Тадқиқ қилинадиган сигналлар бир (А) ёки иккита (А, Б) каналлар бўйича мос кучайтиргичларга ўзгарувчан кучайтириш коэффициенти билан узатилади, улар кириш сигналларининг турли даражаларини (0,01 дан 10 В гача) кейинги трактларнинг зарурий нормал ишлаши қийматларигача олиб келади. Кейин, сигналлар ПЧФ (паст частотали филтр) га кириб келади ва у анализга частоталар соҳасини ажратади. Тадқиқотчи филтрни улаши ва узиб қўйиши мумкин. Филтрнинг чиқишидан сигналлар АРЎга келади ва у ерда параллел 10-разрядли иккилик кодига айлантиради. Ушбу ҳолда, битта канал ёки иккита канал бир вақтда ишлаши мумкин. Кейинги ҳолда сигнал танланмаси иккала канал бўйича ўтиши ахборотнинг рақамли код шаклида сақланишига имкон беради.

Танланма частотаси ички кварц резонатори билан берилади ва тадқиқотчи томонидан 0, 2... 100 кГц чегарасида ўзгартирилиши мумкин. Ушбу частота сигнал спектри анализаторининг санок масштабини вақт ва частота соҳасида аниқлайди. Тадқиқ қилинаётган сигналларнинг ўтиш трактлари кучайтиргичнинг киришида АРЎ чиқишигача узатиш коэффициенти билан барча частоталар диапазони ва кучланишлар даражаларида калибрланган қийматига эга бўлади. Узатиш

коэффициентининг ва АРЎ танланма частотасининг қиймати тўғрисидаги маълумотлар микропроцессор (ҳисоблаш қурилмаси) га киритилади ва тадқиқотларнинг якуний натижаларини шакллантиришда эътиборга олинади.

Микропроцессор унинг хотирасига киритилган дастур асосида ишлайди. Дастур бир қатор кичик дастурлардан ташкил топган бўлиб, у ёки бу ҳисоблаш тадбирини (спектрни ёки корреляцион функцияни ҳисоблаш, эҳтимоллик характеристикаларини аниқлаш, гистограммаларни қуриш ва б.қ.) ташкил қилади. Зарурий кичик дастурни чақириш бошқариш қурилмаси ёрдамида амалга оширилади. Ҳисоблашларнинг натижалари индикатор ёки кайд қилувчи қурилмага чиқарилади. Улар сифатида рақамли график қурувчи, принтер, рақамли магнитофон, дискли жамловчи, осциллограф ёки ўзиёзгичдан фойдаланиш мумкин. Охириги иккитаси РАЎ (рақамли-аналог ўзгартиргич) орқали уланади. Барча натижалар масштабли коэффициент билан уларни физик бирликларга ўтказиш учун кузатилади.

Рақамли кўринишда ифодаланган сигналлар таҳлил қилинганда, маълумотлар ҳисоблаш қурилмасига рақамли маълумотларни киритиш қурилмасидан ўнли код шаклида киритилади.

Рақамли спектрнализаторининг асосий иш режимлари:

- спектрал;
- рақамли филтрлаш;
- статистик ва корреляцион анализ;
- қувват спектрини ўлчаш;
- иккита сигналнинг ўзаро спектри.

Замонавий спектрнализаторлар 10 Гц дан 40 ГГц гача бўлган частоталар диапазонида 0,001 ... 300 кГц соҳа ўтказувчанлиги ва 1 кГц ажратиш қобилияти билан юқори частоталарда ишлай олади. Қучланиш даражаларини ўлчаш хатолиги 5% ни ташкил этади.

12. ОПТИК АЛОҚА ТИЗИМЛАРИДАГИ ЎЛЧАШЛАР

12.1. Толали-оптик узатиш тизимлари ва алоқа линияларидаги ўлчаш турлари ва усуллари

Умумий ҳолда оптик-толали узатиш тизимларидаги ўлчашларни иккита асосий гуруҳга бўлиш мумкин: системали ва эксплуатацион ўлчашлар. Улардан биринчиси ёрдамида, масалан, толанинг бутунлигини оптик рефлектометр билан ўлчаш, иккинчисига асосланиб йўқотишларни ўлчаш, дисперсияни ўлчаш ва лазер чизиғининг кенглигини ўлчаш мумкин. Толали-оптик узатиш тизимларининг ишга яроқлилиги ўрнатилган нормалар бўйича таъминланиши учун, амалда кўплаб системали ва эксплуатацион ўлчашларни ўтказиш лозим. Ушбу турдаги ўлчашлар ўлчаш услубиёти ҳамда фойдаланиладиган ўлчаш воситалари билан бир-биридан фарқланади. Узатиш тизими ва оптик компонентлар параметрларини ўлчаш турларининг классификацияси 12.1-расмда келтирилган.

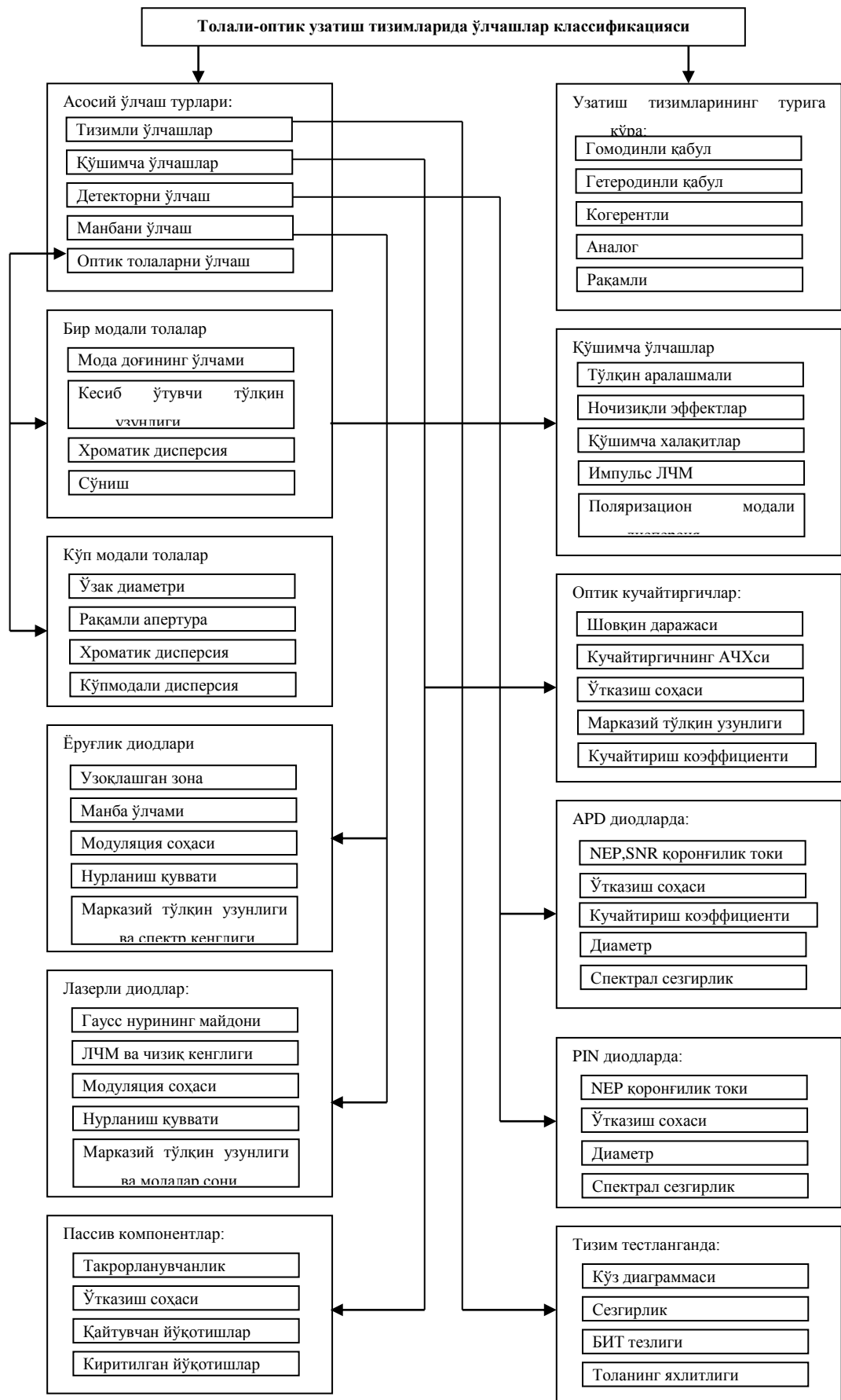
Расмга мувофиқ ҳамда толанинг турига боғлиқ ҳолда оптик толанинг параметрларини ўлчашга, сўнишни, модалараро ва хроматик дисперсияни, рақамли апертурани, ўзак диаметрини, кесиб ўтувчи тўлқин узунлигини ва мода доғининг ўлчамини киритиш ва юқорида келтирилган ўлчашларни қўйидагича изоҳлаш мумкин. Оптик толаларнинг муҳим параметрларидан бири бўлиб сўниш ҳисобланиб, толада кўпсонли модаларнинг тарқалиши ва ҳар бирининг ўз тарқалиш характеристикасига эга бўлганлиги сабабли уни ўлчаш мураккаблашади. Шунга биноан толали-оптик тармоқ фойдаланувчилари сусайишни тестлаш учун тола модаларнинг текис таксимоти (EMD) режимида ғалаёнлаштирилиши ва бунда ўлчашлар қисқа эталон толадаги киритилган йўқотишларни тестланаётган толадаги йўқотишлар билан солиштириш асосида бажарилиши керак деб ҳисоблашади. Ушбу мақсадлар учун манба ва оптик қувват ўлчагичидан фойдаланиш мумкин. Агар тола давомийлиги бўйича сусайишнинг бир

текислиги тўғрисида қўшимча маълумотлар зарур бўлса, у ҳолда оптик рефлектометрдан фойдаланиб қайта сочилган сигнал таҳлили ўтказилиши керак бўлади.

Модалараро дисперсияни ўлчаш алоҳида аҳамият касб этади. Маълумки, модалараро дисперсия техник термин бўлиб, ундан импульснинг кенгайишини, ўтказиш соҳасининг торайишини белгилашда фойдаланилади. Модалараро дисперсияни ўлчаш усулининг таҳлилини келтирамиз. Бир модали оптик тола ягона ёруғлик тўлқинининг тарқалишини таъминлайди. Кўпмодали тола кўп сонли модалар билан ишлай олади ва унинг ушбу характеристикаси модалараро дисперсия деб номланувчи ҳодисани келтириб чиқаради. Оптик толадаги модаларнинг турли траектория бўйлаб тарқалиши натижасида турли модалар модуланган ёруғлик сигналининг эгриси сигналнинг тола бўйлаб тарқалишига кўра фаза бўйича янада кўпроқ фарқ қила бошлайди. Рақамли тизимдан фойдаланилганда ҳар бир мода ахборотли импульс узатади, унинг тарқалиш вақти бошқа мода импульсининг тарқалиш вақтидан фарқ қилади. Бу эса натижада оптик толанинг чиқишидаги натижаловчи импульс шаклининг бузилишига олиб келади; хусусан, узатилган импульснинг давомийлиги ортади, амплитудаси эса камаяди.

Модалараро дисперсия кўп модали кабелнинг узатиш масофасини 1 км ва ундан камроқча чегаралайди, бунда бит тезлигини 1 Гб/с гача таъминлайди.

Модалараро дисперсия частотанинг кичикроқ қиймати билан аниқланади, бу частотада амплитуда-частотавий характеристика 3 дБга пасаяди ва амалда кўпмодали толани тестлаш асосида амалга оширилади. Бунда узатилаётган импульснинг бузилиши бўйича ва модуляцияланган сигналнинг ўзгариши бўйича частоталар соҳаси аниқланади.



12.1-расм. Ўлчаш турларининг классификацияси.

Биринчи ҳолда, қайта созланадиган оптик нурланиш манбаидан фойдаланилиб, у модавий скремблер орқали ўлчанадиган толанинг киришига уланади, скремблернинг чиқиши оптик қабуллагичнинг киришига уланган. Қабуллагич стробоскопик осциллограф ва сигналлар процессори билан уланган бўлиб, у ҳалақитларни бартараф қилиш, фазавий титраш ҳамда импульс параметрларини ҳисоблаш учун мўлжалланган. Хроматик дисперсиянинг ўлчаш натижаларига таъсир кўрсатмаслиги учун нурланиш манбаининг спектри тор қилиб ўрнатилади.

Ўлчаш жараёнида ўлчанадиган толада ўрнатилган давомийликда импульс ғалаёнлантирилади, чиқиш импульси эса рақамли шаклга ўзгартирилади, олд ва орқа fronti киритилган ҳолда, амплитуда қиймати 0.01 даражасидан бошлаб ўрнатилади. Кейин, худди шундай ҳолда кириш импульси ўлчанади, бунда ўлчанадиган тола ўрнига эталон толадан фойдаланилади. Бу тола бир неча метрли қирқим бўлиб, у ўлчанадиган толадан қирқиб олинади ёки яқин оптик характеристикали толадан олинади. Ўлчанадиган ва эталон толаларда нурланишнинг тарқалишини кечиктириш фарқини минималлаштириш учун, осциллограф ва сигналлар процессори кириш импульси билан ростланувчи кечиктириш элементи орқали синхронлаштирилади. Ушбу ҳолда, толанинг частоталар соҳасини ўлчаш натижаси, оптик ғалаёнлаштириш усулларида ташқари оптик толаларни коммутациялаш услубларига ҳам боғлиқ.

Иккинчи ҳолда, тор соҳали оптик сигнал чайқалувчан частотали сигнал генераторининг синуссимон сигнали билан амплитуда бўйича модулланади ҳамда ўлчанадиган толага скрембрлаш қурилмаси орқали киритилади. Оптик толанинг кириши ва чиқишидан модуляцияланган сигналлар оптик қабуллагичларга берилади, улар оптик қувватни модуляция частотасининг функцияси сифатида қайд қилади. Бунда, одатда, дастлаб ўлчанадиган толада ўлчашлар ўтказилади, кейин эса қисқа эталон тола ёрдамида кириш сигнали аниқланади. Ўлчашлар натижасида амплитуда-частотавий характеристика олинади, ундан энг паст частота сифатида толанинг соҳа ўтказувчанлиги

аниқланади, ушбу ҳолда, нолинчи частотадаги қийматидан амплитуда 3 дБга камаяди.

Кўпроқ қулайлик бўлиши учун манба ва қабуллагич функциясини оптик спектр анализатори ёки кириш ўзгарткичлари тўғри келадиган тармоқ анализатори томонидан бажарилиши мумкин. Ҳар қандай ҳолда ҳам модуляция частотасини ўрнатиш ва частотавий характеристикани ифодаланиши автоматик равишда амалга оширилади. Аммо, ташқи лазер манбаи ва фотоприёмникли электр спектр анализаторидан фойдаланиб частотавий характеристика интерпретациялашда алоҳида эҳтиёткорлик талаб этилади, чунки электр спектр анализатори фотоприёмникнинг электр сигнали бўйича қувватни ўлчайди, фотодиод эса оптик қувватга пропорционал бўлган ток пайдо қилади. Шунинг учун ушбу анализатор оптик даража 3 дБ ўзгарган бўлса, бу ўзгаришни 6 дБ деб кўрсатади.

Дисперсия турлари ва уни ўлчаш усуллари 12.2 бандда келтирилган.

Ёруғлик кенг соҳали LED ёки оқ ёруғлик манбаидан интерферометрнинг иккала каналига йўналтирилади. Кўзғаладиган ва кўзғалмас кўзгулардан қайтган сигнал детектор текислигида устма-уст тушади. Ўзаро таъсир эса, иккита тармоқланиш узунлиги катталиқ бўйича манбанинг когерент узунлигидан кичик бўлгандагина пайдо бўлади. Агар каналлар узунлиги айнан бир хил бўлса максимал кўриниш бўлади. Бунда аксланиш кенглиги манбанинг спектр кенглигига тескари пропорционал, фототок эгувчисининг амплитудаси эса вақт бўйича кечиктиришнинг функцияси бўлиб қолади ва қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta\tau = \frac{2\Delta x}{c}, \quad (12.1)$$

бу ерда: Δx – кўзгудан иккала канал тенг узунликка эга бўлган нуқтагача бўлган масофа.

Рақамли апертура (NA) ва ўзак диаметри қувватнинг шундай қиймати бўйича аниқланадики, ушбу қийматни кўп модалли толага киритиш мумкин бўлади. NA-толадаги йўналтирилган нурларнинг максимал бурчагини

аниқлайди ва ҳар доим толанинг чиқишида ўлчанади. Бунда чиқишда кузатилаётган максимал бурчак киришдаги максимал бурчакка тахминан тенг бўлади ҳамда толага барча модалар киритилган деб ҳисобланади. Ўзак диаметри толанинг чиқишида қувватнинг тақсимланишини ўлчаш йўли билан ўлчанади ва бундай ўлчашда киришда тўлиқ ғалаёнлаштириш амалга оширилган бўлиши керак.

Бир модали толадаги ўлчаш турларини таҳлил қиламиз. Маълумки, агар ўлчанаётган тўлқин узунлиги бир модали толанинг кесувчи тўлқин узунлигидан катта бўлса, ушбу толада фақат битта мода тарқалади. Бундай шароитларда бир модали толадаги сусайишни ўлчаш кўпмодали шундай ўлчашларга нисбатан сезиларли даражада осонроқ бўлади. Сусайишни ўлчаш узиш усули асосида икки босқичда бажарилади. Дастлаб, толанинг узоклашган охиридаги чиқиш қуввати ўлчанади, кейин толанинг киришида бўлакларга бўлинган қисмида такрорий ўлчашлар асосида оптик дБларда ифодаланган қувват даражаларининг фарқи сусайиш бўлиб ҳисобланади. Зарурий ҳолларда, толанинг узунлиги бўйича сусайишнинг текислигига доир кўшимча ахборот олиниши зарур бўлганда, оптик рефлектометр ёрдамида тескари сочилган сигнални таҳлил қилиш асосида бажарилиши керак. Бир модали толанинг соҳа ўтказувчанлиги фақат хроматик дисперсияга боғлиқ бўлганлиги сабабли, уни аниқлаш учун модавий дисперсиянинг таъсирини ҳисоблашларга киритмаса ҳам бўлади. Ушбу ҳолда ўлчашнинг асосий мақсади бўлиб, толанинг импульсли характеристикасини унинг кириш ва чиқишидаги импульсларни солиштириш йўли билан ўлчаш, ҳамда толани модуляцияланган ўзгарувчан частотали гармоник сигнал билан ғалаёнлантирилиб, чиқиш сигналининг амплитудасини ўлчаш ҳисобланади.

Бирмодали толанинг кесувчи тўлқин узунлигини аниқлаш шунга асосланганки, бунда юқори тартибли модалар толанинг букилишига бошқа фундаментал модаларга нисбатан сезгирроқ бўлади. Бундай ўлчашларни бажариш учун манба нурланиш интенсивлигининг барқарорлигини ва

детекторнинг спектрал сезгирлиги билан мувофиқлашган тўлқин узунлигининг ўзгармаслигини таъминлаши керак.

Мода доғининг диаметри икки нукта орасидаги масофани характерлаб, уларда ўлчанган қувват максимал қувватнинг 1 бирлигини ташкил қилади. Ушбу ҳолда, Гаусс нури билан бир модали толанинг фундаментал модасининг нурланиши ҳам ичкаридан, ҳам ташқаридан апроксимацияланиш шарти бажарилиши зарур. Гаусс нурининг хусусияти шундаки, ушбу нур иккита кўрсаткич билан аниқланади: нукта радиуси ва тўлқин узунлиги.

Нурланиш манбаларининг параметрларини ўлчаш, манбанинг тузилишига қараб аниқланади ҳамда чиқиш қувватини ўлчашни, марказий тўлқин узунлигини, модалар сонини, турларини, спектрининг кенглигини, модуляция частотасининг соҳаси, оптик импульснинг ЛЧМи, линия кенглиги, манба ўлчами ва узоқлашган зона майдонини ўлчашни ўз ичига олади. Ёруғлик диодлари (LED) ғалаёнлаштириш токига боғлиқ бўлган нурланиш қуввати билан деярли чизиқли боғлиқлиги билан характерланади ва ушбу боғлиқлик қувват ўлчагичи билан назорат қилинади ва унинг кўрсатиши бўйича узатиш коэффиценти ва ўзгартиришнинг ночизиқлиги аниқланиши мумкин. Нурланиш спектрининг жуда кенглиги оқибатида ўлчаш аниқлиги, фотодиод тўлқин узунлигининг спектрини ташкил этувчисига боғлиқлиги билан аниқланади.

Модуляция частотасининг кенглиги ўлчанганда LED генератор билан модуляцияланади, PIN диод модуляцияланган оптик сигнални электр сигналга ўзгартириш учун фойдаланилади, осциллограф билан ўлчанади. Олинган осциллограмма частотавий характеристикани ифодалайди. Ушбу ҳолда киришида оптик электронли ўзгартиргичи бўлган спектр анализаторидан фойдаланиш маъқулроқдир.

Марказий тўлқин узунлиги ва спектр кенглиги оптик спектр анализатори ёрдамида ўлчаниши мумкин. Ушбу ўлчаш тури жуда аҳамиятлидир, чунки, унинг натижаси дисперсияни импульснинг узатилишига бўлган таъсирини баҳолаш имконини беради. Нурланиш

соҳасининг ўлчами бевосита LED микросхемасида, яъни толасиз ўлчаниши керак.

Чиқиш қувватининг LD токига боғлиқлиги ток манбалари ва қувват ўлчагичи ёрдамида ўлчаниши мумкин. Ушбу ҳолда, поғонавий токни ўлчаш асосий ўлчаш тури бўлиб ҳисобланади, чунки лазернинг стимуллашган эмиссиясининг бошланиши аниқлаб беради.

Ўлчашнинг бошқа зарур натижаси бўлиб, ўзгартиргичнинг Вт/А да ифодаланган узатиш коэффициентини аниқлаш ҳисобланади. LD ни ўзгармас токда ғалаёнлантириш ўрнига микросхема қизиб кетишининг олдини олиш учун импульсли ғалаёнлаштириш маъқулроқдир.

Марказий тўлқин узунлиги ва модалар сони оптик спектр анализатори ёрдамида ўлчаниши мумкин. Ушбу турдаги ўлчашлар LD ни нурланиш интенсивлиги бўйича модуляциялаш ва кейин детектирлаш амалга оширилувчи тизимларда фойдаланилиши учун етарли бўлади. Когерентли тизимлар учун битта тўлқин узунлигини (бўйлама мода) нурловчи лазер диодлари зарур бўлади. Ушбу ҳолда линиянинг спектрал кенглигини интерферометрик усуллар билан ўлчаш алоҳида аҳамият касб этади. Детекторнинг параметрларини ўлчаш, нурланиш манбаларининг параметрларини ўлчаш каби фотодиод тури билан аниқланади ҳамда ўз ичига, спектрал сезгирликни соҳа ўтказувчанликни, кучайтириш коэффициентини (АРД учун) қоронғилик токини (NEP) шовқиннинг эквивалент қуввати ва ортиқча токни ўлчашни олади. Оптик детекторлар иккита мақсадни бажариш учун яратилган, яъни, телекоммуникацион қабул қилгичларда ва оптик қувватни ўлчашда. Биринчи ҳолда актив соҳанинг мумкин даражада кичик диаметрга эга бўлиши зарур, чунки, шовқинни эквивалент қуввати унинг қийматига пропорционал бўлиб, ўтказиш соҳаси актив соҳанинг юзасига тескари пропорционал. Қувватни ўлчашда катта актив соҳа зарур бўлиб ўлчаш аниқлигини орттиришга таъсир кўрсатади.

Фотодиоднинг сезгирлиги – бу генерецияланган токнинг оптик нурланишининг кириш қувватига бўлган нисбатидир. Бунда PIN ва APD

фотодиодларининг сезгирлиги сезиларли даражада тўлқин узунлигига боғлиқлиги сабабли ўлчашлар одатда, вольфрам лампадан ва тўлқин узунлиги бўйича калибрланган қайта созланадиган монохроматор ёрдамида бажарилади. APDдан фойдаланилганда унга қўйилган юқори кучланиш генерацияланган ташувчилар сонининг кўпайишига олиб келиши кучайтириш эффеќтига олиб келди ва юқоридаги метод асосида ўлчаниши мумкин.

Толали оптик алоқа линиясига бирон-бир компонентни киритишдаги ўлчашлар, киритиладиган йўқотишларни, қайтувчан йўқотишларни ўлчашни мужассамлаштиради. Ушбу турдаги ўлчашларни оптик коннекторлар мисолида қараб чиқиш мумкин. Оптик коннекторлар узатиш тизимларининг ишини сезиларли даражада ёмонлаштириши ва толали оптик ўлчашларни амалга оширишни қийинлаштириши мумкин. Шунга кўра, коннекторларнинг киритиладиган йўқотишлари улашларнинг муҳим зарурий характеристикаларидан ҳисобланади. Уларни ўлчаш бевосита LED нурланиши манбаи ҳамда иккита тестланувчи коннекторлар ва иккита қисқа толали оптик кабел ва қувват ўлчагичи воситасида бажарилади. Биринчи босқичда, биринчи кабел ва биринчи коннектор охиридан нурланаётган оптик қувватни ўлчаш бажарилади, кейин уланиш амалга оширилади ва иккинчи кабел охиридаги қувват ўлчанади. Қувватнинг иккита ўлчанган қиймати орасидаги фарқ асосида киритилган йўқотишлар (оптик дБда ифодаланган) аниқланади. Кўп модали коннекторлардан фойдаланилганда ўлчаш натижасида ғалаёнланиш характери ҳисобга олиниши керак. Бир модали коннекторлардан фойдаланилганда фақат асосий моданинг тарқалиши назорат қилиниши керак. Ўлчаш жараёни учун киритилган йўқотишларнинг такрорланувчанлиги алоҳида аҳамиятга эга бўлиб, коннекторнинг қатор уланишлардаги йўқотишларни ўлчаш йўли билан тестланиши мумкин. Бир модали коннекторларнинг қайтувчан йўқотишлари аҳамиятли бўлиб, лазернинг қайта аксланишига бўлган сезгирлиги билан боғлиқ бўлиб, қўшимча шовқин ва нурланувчан спектрнинг ўзгаришига олиб

келади. Қайтувчан йўқотишлар узатиладиган оптик қувватнинг қайтган оптик қувватга нисбати билан аниқланади ва оптик дБ ларда ифодаланади. Улар юқори ўтказувчанликка эга бўлган рефлектометр ёрдамида ўлчаниши мумкин. Ундан соддароқ усул мавжуд бўлиб, лазер манбаси ва қувват ўлчагичи билан тестланадиган коннекторлар жуфтидан толали-оптик тармоқлагич ёрдамида қайтиши (аксланиш) асосида ўлчаш усулидир.

Тизимдаги ўлчашлар толанинг бутунлигини бит хатолари частотасини, сезгирликни ва кўз диаграммасидаги ўлчашларни ўз ичига олади. Бугунги кунда толадаги узилишнинг мавжудлиги ва унинг жойини аниқлаш имконини берувчи бўлиб оптик рефлектометр ҳисобланади. Иккинчи кўп қўлланиладиган ўлчаш воситаси бўлиб BER – анализатори ҳисобланиб, тизимнинг бошқа зарурий характеристикаси бўлган бит хатоларининг тезлигини аниқлаш имконини беради. Кўз диаграммаси билан ўлчаш айниқса специфик ҳисобланади. Бунинг учун узаткич псевдотасодифий кетма-кетлик PRBS билан модуляцияланади, олинган (аналог) сигнал осциллограф экранида аксланади. Ушбу ҳолда экранда кўп сонли турли диаграммалар ифодаланиб, улар тизим параметрларини, яъни життер, сигнал/шовқин даражасини, символлараро интерференцияни аниқроқ баҳолаш имкониятини беради.

Юқорида қараб чиқилган усуллар кенг тарқалган бўлиб, ҳозирги вақтда бир тўлқинли узатиш тизимларини ўрнатиш ва фойдаланишда қўлланилади. Кўптўлқинли тизимларнинг ривожланиши, хусусан, тўлқин узунлиги бўйича мултиплекслашдан фойдаланиладиган WDM тизимларида кўплаб қўшимча параметрларни ўлчаш зарурати пайдо бўлди. Ушбуга кўра, WDM тизимларини тестлаш ва мониторинг қилишнинг асосий талаблари бўлиб компонентларнинг ва алоқа линияларининг аниқ характеристикаларини олиш ҳисобланади. Бунда асосий ўлчаш воситаси бўлиб, оптик спектр анализатор ҳисобланади.

Ўлчаш турларидан яна бири бўлиб, оптик кучайтиргичга эга бўлган узатиш тизимидаги ўлчашлар ҳисобланади. Кўпканалли тизимларда оптик

кучайтириш маълум бўлган дастлабки берилганлар асосида ҳар бир каналнинг тўлқин узунлиги учун ўлчанади.

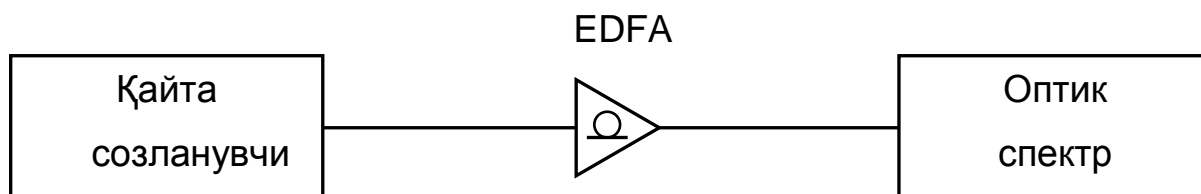
Кучайтириш коэффицентини ўлчаш кучайтиргичнинг режимига боғлиқ, шунга кўра ўлчашлар кучсиз ва кучли сигналларни ўлчашга бўлинади. Биринчи ўлчаш тури кўпканалли усулдан фойдаланишга асосланган бўлиб, худди бир тўлқинли усулга аналогик ҳолда, ҳар бир каналнинг тўлқин узунлигида кириш ва чиқиш қувватлари солиштирилади. Фарқли жойи шундаки, кўпканалли ўлчаш учун битта лазерни ростлаш ўрнига барча лазерлар синхрон равишда ростланади, ҳамда унча катта бўлмаган синов сигналини кўшиш спектрнинг динамик ўзгаришига ва каналлар орасидаги кучайишини ўзгаришига олиб келади. Иккинчи ҳолдаги ўлчашлар тўртта лазер қувватини бирлаштиришга, масалан, йўналтирилган тармоқлагич воситасида чиқиш сигналини оптик спектр анализатори билан ўлчашга асосланган.

Оптик кучайтиргичнинг шовқинини ўлчаш электр усул билан амалга оширилади. Ушбу усул кучайтиргичнинг шовқин параметрларини тўлиқ баҳолаш имконини беради. Кучайтиргичнинг шовқин кўрсаткичини ўлчаш учун кучайтиришни, кириш қувватини, кучайтиргич шовқинининг спектрал тақсимоти зичлигини ва фотон энергияси мос усуллар асосида аниқланади.

Кучайтиргичнинг марказий тўлқин узунлигини, ўтказиш соҳасини ва амплитуда-частотавий характеристикасини ўлчаш, унинг частотавий хоссаларини ва ўтказиш соҳасида кучайишнинг нотекислигини аниқлаш имкониятини беради. Ўлчашлар қайта созланувчан лазер ва оптик спектр анализатори воситасида худди бошқа толали-оптик компоненталарни аналогик ўлчанишига мувофиқ бажарилади.

Оптик кучайтиргичларнинг параметрларини ўлчаш усулларининг таҳлилига доир маълумотлар тафсилотини келтирамиз. Биринчидан, оптик спектр таҳлиллагичлар билан кучайтиргичлар параметрларини ўлчашга доир фикр юритамиз.

Оптик кучайтиргичларнинг параметрларини ўлчаш кўп ҳолларда оптик спектр анализаторларидан ҳамда тўлқин узунлиги бўйича қайта созланадиган нурланиш манбаидан фойдаланишга асосланган.



12.2-расм. Оптик кучайтиргич параметрларини ўлчашнинг типик схемаси.

Ушбу схемага кўра лазер ёрдамида кучайтиргичнинг ишчи нуқтаси ўрнатилади, бунда оптик спектр анализатори сигнални ўлчаш ва шовқин спектрини кучайтиргунча ва кучайтирилгандан кейин ўлчаш учун фойдаланилади. Ушбу иккита ўлчаш асосида оптик кучайтиргичнинг асосий кўрсаткичлари аниқланади – уни кучайтириш коэффициенти ва шовқин даражаси. Бунда, сигнал қувватини кириш ва чиқишда ўлчаш қувватни ўлчашнинг стандарт усулидан фарқ қилмайди. Маълумки, кучайтиргичнинг чиқиш шовқинини ўлчаш ўта мураккаб масаладир. Бу эса, бир томондан сигнал даражасининг шовқин даражасидан ишчи тўлқин узунлигида сезиларли юқорироқ бўлишига олиб келади. Кириш сигналида кучайтиргичнинг ўтказиш соҳасида мавжуд бўлган шовқин кучаяди ва бу кучайган шовқин кучайтиргичнинг чиқиш шовқинига қўшилади. Бунинг натижасида кучайган лазер сигнали шовқин даражасини бизни қизиқтирган тўлқин узунлигида беркитади, уни ўлчаш учун интерполяция усулидан кўпроқ фойдаланилади. Шовқинни ўлчашда барча ўлчаш тадбирларини аниқ ўтказиш катта аҳамиятга эга, хусусан, қаралаётган мақсадлар учун мўлжалланган оптик спектр анализаторларнинг маркерларидан тўғри фойдаланиш керак. Масалан: шовқин маркери монохроматорларнинг оптик

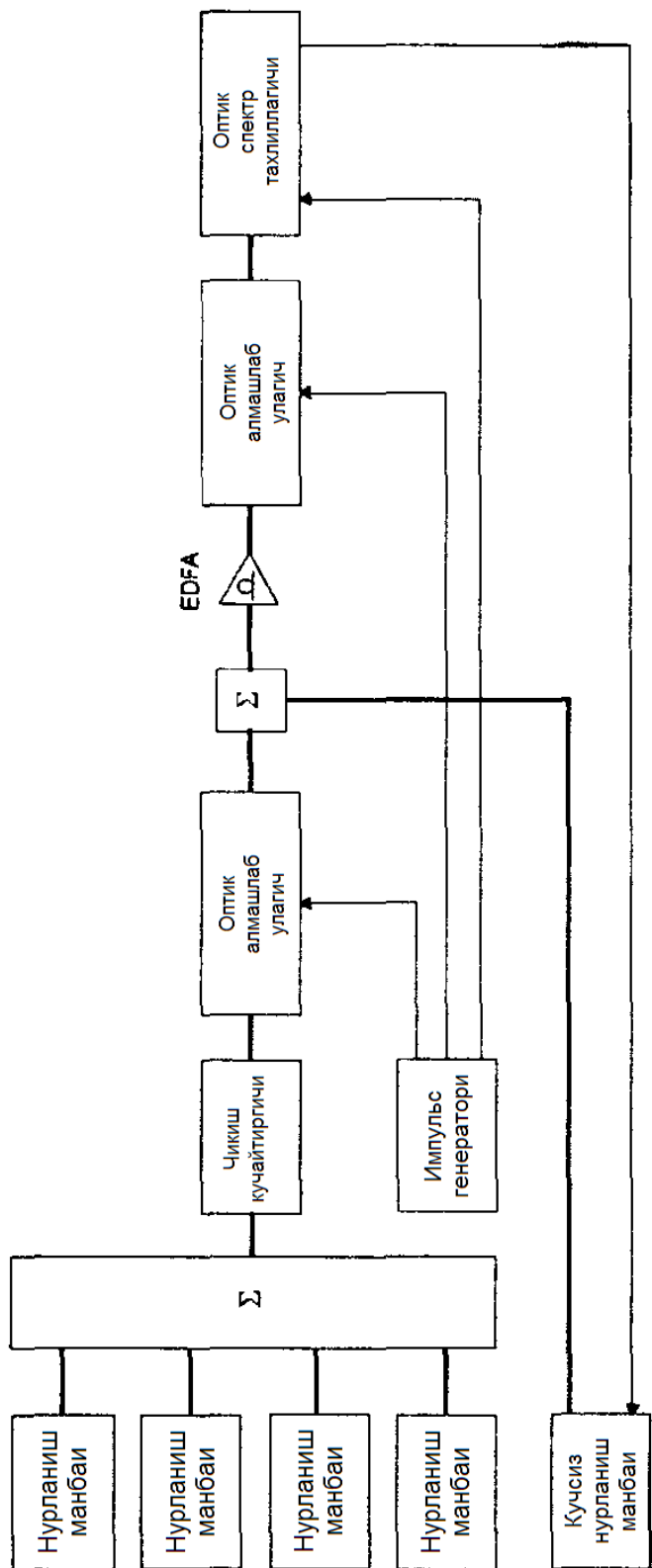
фильтри характеристикаларини ва самарали соҳа ўтказувчанлигини автоматик ҳисобга олади. Шовқин маркерининг функциясига кириб бўлмаса, у ҳолда монохроматор филтрининг параметрларини қўшимча ўлчаш муолажаси сифатида аниқлаш зарурати пайдо бўлиши мумкин. Ундан ташқари қатор ҳолларда оптик спектр анализатор кўрсатишларини қувват ўлчагичи кўрсаткичлари билан таққослаш талаб этилади.

Иккинчидан, WDM тизимларида кучайтиришни ўлчаш усулларини таҳлил қиламиз. WDM тизимида у ёки бу EDFA кучайтиргичдан фойдаланиш, кучайтириш ва шовқин кўрсаткичларининг ўлчанишини талаб қилади. Оптик кучайиш ҳар бир каналнинг тўлқин узунлиги учун ўлчанади ва бунда, қувват даражаси каналнинг тўлқин узунлиги ёки канал қўшилиши ва йўқотилиши каби дастлабки берилган маълумотлар эътиборга олинади. Аммо, каналлараро тор оралиқда кўп сонли лазерлардан фойдаланиш WDM тизимларидаги ўлчаш воситаларини қимматлаштиради. Мисол тариқасида тўртканалли WDM манбали 12.2-расмда келтирилган схемани қараб чиқамиз.

Ушбу схемада тўртта лазернинг қувватини бирлаштириш учун йўналтирилган тармоқлагич кўринишидаги сумматордан фойдаланилади. Лазерлар нурланишининг қутбланишини ихтиёрий ростланиши чиқиш кучайтиргичида амалга оширилади.

Ушбу чиқиш кучайтиргичи қувват сумматори учун ўринли бўлган оптик йўқотишларни мувозанатлайди. Кириш сигнали оптик қувватининг ва кучайтирилган чиқиш сигнали оптик қуввати оптик спектр таҳлиллагичи ёрдамида кузатилади.

EDFAнинг кучсиз сигнал режимида кучайтириш ўлчанганда тармоқлагич воситасида интенсивлиги бўйича қўшимча модуляцияланган LED нурланиш киритилади. Оптик алмашлаб улагич (оптик-акустик модуляторлар) иккита импульслар генератори билан бошқарилади ҳамда бир вақтнинг ўзида учинчи генератордан оптик спектр таҳлиллагич синхронлаштирилади. Бу эса WDMнинг тўртканалли манбаининг кучайтирилган жамланган сигналининг тўлиқ босилишига олиб келади.



12.3-расм. Оптик кучайтиргичнинг параметрларини ўлчашнинг тўртканали схемаси.

Шунга кўра, кучсиз сигнал учун EDFA кучайтиришни ўлчашнинг барча диапазони бўйича узлуксиз ўлчаниши таъминланади. Учинчидан, яқинлашиш усулида оптик кучайтиргичларнинг параметрларини ўлчаш усулини таҳлил қиламиз. WDM тизимларида кучайиш ва шовқинни ўлчашнинг самаралироқ усулида манбани чиқариб ташланган бир каналли стандарт усулнинг аналогидир. Ушбу усул яқинлашиш усули деб номланади ва тестлаш тизимини соддалаштиради. Бунда кучайтиргичнинг иш шароити сақланади, аммо WDM лазерларига бўлган алоҳида эътиборни талаб қилади. Усулнинг моҳияти шундаки, бир тўлқинли усулга айнан ўхшаш ҳолда, ҳар бир алоҳида каналнинг тўлқин узунлигида кириш ва чиқиш қувватлари солиштирилади. Усулнинг фарқи шундаки, кўпканалли тестлаш учун биргина лазерни ростлаш ўрнига WDM узаткичининг барча лазерлари синхрон ростланади. Ҳамда унча катта бўлмаган синов сигналени қўшиш спектрнинг динамик ўзгаришини амалга оширилишини таъминлайди. Бунда, кучайтиргичнинг кучайтириш спектри ёки унинг айрим қисмининг текис кенгайишига йўл қўйилади. EDFAнинг кучайтириш диапазонидаги ихтиёрий тўлқин узунлигидаги сигнал таъсирида кучайтиргичнинг тўйиниши барча бошқа тўлқин узунликларида кучайтиришни камайтиради. Шунга кўра бир нечта каналларнинг таъсирини модуляциялаш учун манба кучайтиргични шундай ҳолатга қўйиш керакки, бу ҳолат бир нечта каналлар мавжуд бўлган ҳол ўринли бўлади. Бунда WDM кучайтиргичнинг ишини яхши моделлаштиришга эришиш учун қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$P_s = \frac{1}{\lambda_s G_s} \sum_n P_n \lambda_n G_n, \quad (12.2)$$

бу ерда P_s ва P_n – WDMнинг битта канали ва битта манбасининг мос ҳолда қувват бўйича қиймати.

Модуляцияловчи манбанинг тўлқин узунлиги муаллақ тўлқин узунлиги асосида созланиши мумкин

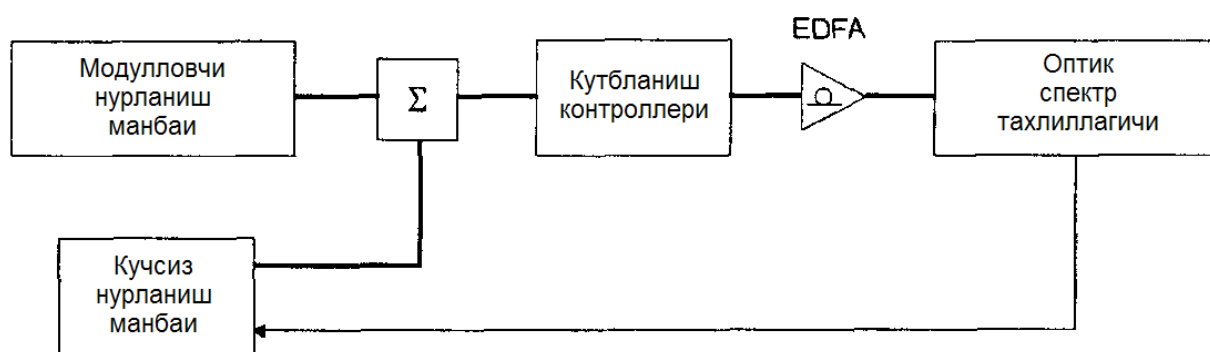
$$\lambda_s = \frac{1}{G_s P_s} \sum_n P_n \lambda_n G_n . \quad (12.3)$$

Берилган ифодаларда каналларнинг кучайтирилиши дастлаб номаълум, шунга кўра P_s ва λ_s бошланғич қийматларини сошлаш учун G_n қийматини G_s га тенг деб қабул қилиш мумкин, динамик кучайтиришни ўлчагандан сўнг G_s ва G_n қийматларини янада аниқроқ аниқланади. Яқинлашиш усулидан фойдаланиш учун каналлар сони танланганда қуйидаги омиллар ҳисобга олиниши зарур:

- кучайтиргич тўйинганлигининг бир хил бўлмаган даражаси;
- умумий қувват;
- WDM каналлари орасидаги интерваллар.

Агар кучайтиргичнинг кучайтириши ўлчанаётган тўлқин узунлигининг диапазонида текис бўлса, тўйиниш режимини таъминлаш учун битта канал етарли бўлади, акс ҳолда (SHB) узилишларнинг мавжудлиги WDMнинг ҳамма каналларини киритиш учун модуляцияловчи манба қувватининг оширилишини талаб этади, чунки узилиш алоқа элементининг кучайтирилишини тўйиниш тўлқин узунлигига туташган зонада сусайтиради. Тўлқин узунлигининг 1.55 мкм атрофидаги диапазонида EDFAда узилиш кенглиги ~8 нмга тенг бўлиб, бу эса 1.53 мкм бўлган тўлқин узунликда бўлганидан камроқ бўлган кам сонли тўйинувчи сигналлардан фойдаланиш имкониятини беради. Бунда узилиш кенглиги ~4 нмни ташкил қилади. **Кучайтиргичнинг** ножинслигининг бирикмаси ва WDM каналлари орасидаги кенг интерваллар манба яратиш учун кучайтиргичнинг тўйинишини модуловчи кўп сонли лазерли диодлардан фойдаланиш заруратини келтириб чиқариши мумкин. Умуман олганда, ушбу схемадан фойдаланишдан олдин ўлчашларнинг ишончилигини таъминлаш учун WDMнинг барча манбаларини таққослаш керак бўлади. Яқинлашиш усулида ўлчаш натижалари орасидаги ихтиёрий муҳим фарқи тузатувчи омил сифатида фойдаланилиши мумкин. Ўлчашлар модуляцияловчи нурланиш

манбадан фойдаланиб икки босқичда ўтказилади. Бунда қўшимча ташқи алмашлаб улагичларни йўқотиш учун модулловчи манба, оптик спектр таҳлиллагичи ва LED стробланади. Кўпканалли ва яқинлашиш усуллари асосида бажарилган ўлчашларнинг натижалари орасидаги фарқ 0,2 дБдан ортмайди. Ҳар бир каналга аттенюаторлар киритиб кўпканалли усулдан фойдаланиш сигналларнинг ихтиёрий қайта тақсимланишини моделлаш имкониятини беради ва шунга кўра ушбу усул эътиборни кўпроқ жалб қилади.



12.4-расм. Оптик кучайтиргичнинг параметрларини яқинлашиш усулида ўлчаш.

Оптик кучайтиргичнинг талаб қилинган оптик қувватини қуйидаги ифодадан фойдаланиб баҳолаш мумкин:

$$P_{\text{tot}} = \sum P_{\text{out}} + NBW_{\text{eff}} h\nu 10^{(NF+L)/10}, \quad (12.4)$$

- бу ерда:
- NF – ташқи шовқин коэффициенти – дБда;
 - L – кучайтиргичлар орасида оралиқ узунлигидаги йўқотишлар;
 - \sum - каналлар чиқиш оптик қувватларининг йиғиндиси – дБк;
 - BW_{eff} – ASEнинг эффектив соҳаси бўлиб, ASE тўлиқ қувватининг ASE қувват зичлигига нисбатидир.

Ушбу соҳа – битта кучайтиргич учун 20-30 нм ва 10та кучайтиргичлар занжири учун 15 нм бўлади, ушбу ҳол сигнал кучайиши, кучайтиргичнинг максимал спектрал кучайтиришига яқин бўлганда ўринли бўлади. Ушбу аппроксимация тўлиқ қувват сигнал қувватидан юқори бўлганда ўринли бўлади.

12.2. Дисперсия турлари ва ўлчаш усуллари

Ихтиёрий турдаги дисперсиянинг мавжудлиги ёруғлик тўлқинлари сигналларининг амплитуда-фазавий муносабатларини ёмонлаштиради, шу билан биргаликда узатиладиган ахборотнинг ҳажмини, импульслар давомийлигини орттириш ҳисобига рақамли тизимларда ва сигналлар бузилишини аналог тизимларда орттириш ҳисобига камайтиради.

Маълумки, юқори тезликли узатиш тизимидаги оптик нурланиш манбаи бир тўлқинли лазер диоди бўлиб, унинг спектр кенглиги нолдан фарқли бўлиб, у импульсли модуляцияда. Бунинг натижасида турли тўлқин узунликдаги тўлқинлар бир хил бўлмаган тезликда тарқалади. Бу эса оптик толанинг чиқишида импульс давомийлигининг ортишига олиб келади. Ушбу ҳодиса хроматик дисперсия деб номланади ва бир модали толада иккита – материал дисперсияси ва тўлқин узаткичли дисперсияси ҳодисаларининг ўзаро таъсирлашуви оқибатида пайдо бўлади. Материал дисперсияси кварц нур синдириш кўрсаткичининг тўлқин узунлигига ночизиқли боғланиши ва мувофиқ келувчи гуруҳий тезлик туфайли пайдо бўлади. Тўлқин ўтказгич дисперсиясининг сабаби бўлиб эса тўлқин узунлигига боғлиқлик ҳисобланиб, гуруҳий тезликнинг ўзакнинг диаметрига ҳамда ўзакнинг нур синдириш кўрсаткичининг ва қобиқ нур синдириш кўрсаткичининг фарқидадир. Дисперсиянинг учинчи ташкил этувчиси бўлиб иккинчи тартибли поляризацион модали дисперсия ёки дифференциал гуруҳий кечикиш дисперсияси деб номланади ва толанинг поляризацион характеристикалари билан аниқланади, худди хроматик дисперсия таъсирига айнан ўхшаш таъсир

кўрсатади. Шундай қилиб, толали-оптик тизимларда дисперсиянинг учта тури мавжуд бўлади.

- модалараро дисперсия, у кўп модали толадан фойдаланиладиган тизимларда маълумотларни узатиш тезлигини чегаралайди. Дисперсиянинг бу тури сигналнинг оптик толада турли траекториялар бўйича тарқалувчи кўпсонли модаларга бўлиниши натижасида пайдо бўлади.

- хроматик дисперсия бир модали ва кўп модали толанинг физика-топологик параметрларига боғлиқ бўлиб, турли тўлқин узунликдаги модаларнинг тарқалиш вақтининг фарқланиши сабабли пайдо бўлади.

- поляризацион модали дисперсия камайтирилган хроматик дисперсияли бир модали толаларда чегараловчи омил бўлиб қолади ва оптик тола бўйлаб турли тезликда тарқалувчи нурланишнинг ортогонал кутбланган модаларга бўлиниши сабабли намоён бўлади.

Физик моҳияти бўйича фарқ қиладиган дисперсиянинг ушбу турлари мос ўлчашларни талаб қилади.

Толадаги дисперсияни камайтириш долзарб масалалардан бири бўлганлиги сабабли ишнинг мақсади толадаги дисперсия турлари ва уни камайтириш усулларини таҳлил қилиш асосида натижаларга эришишдир.

Оптик тола бўйлаб ёруғлик импульси узатилганда дисперсия таъсирида унинг кенгайиши кузатилади. Дисперсиянинг тўртта тури мавжуд бўлиб, уларни турли сабаблар келтириб чиқаради.

- модалараро дисперсия
- материал дисперсияси
- хроматик дисперсия
- поляризацион модали дисперсия (PMD)

Модалараро дисперсия тушунчаси.

Ёруғлик кўпмодали тола бўйлаб тарқалганда нурларнинг кўплаб траекторияларига эга бўлади ва ҳар бирининг тола ўзагидаги йўли бири-биридан фарқланади.

$$N = V^2/2 \quad (12.5)$$

Бу ифодадан тола бўйлаб тарқаладиган модалар сонига эга бўламиз. Модалар сони (12.6) ифодадан аниқланади:

$$M = V^2/2, \quad (12.6)$$

бу ерда V – нормалланган частотадир. Агар $V=2,405$ ёки кам бўлса, у ҳолда фақат битта мода тарқалади, агарда V катта бўлса, унда кўп модалар тарқалади.

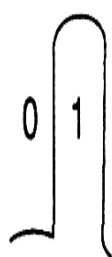
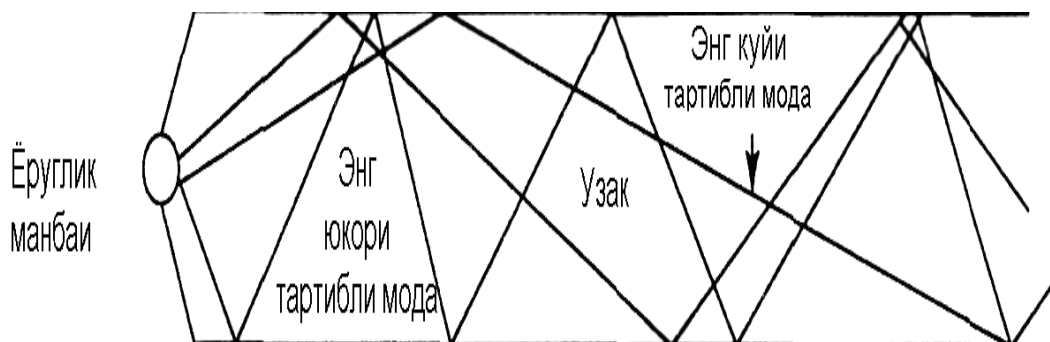
12.5-расмда толали ёруғлик ўтказгич бўйича кўпмодали узатиш намунаси келтирилган. Ушбу намунавий мисол ёруғик импульсининг маълум бир масофага тарқалгандаги кенгайиш эффектини ҳамда NRZ импульслар кетма-кетлиги шаклига кўрсатиладиган негатив таъсирини кўрсатади. Ушбу турдаги дисперсия (бузилишлар)ни $V=2,405$ бўлган бир модали толадан фойдаланиб бартараф қилиш мумкин.

Баъзи адабиётларда сигнал кўп модали бузилишлар (дисперсия) таъсирида ёмонлашади деб юритилади. Толанинг қабул қилинадиган тугаш қисмига асосий модага (HE_{11}) нисбатан турли модалар энергияси вақт бўйича қандайдир кечикиш билан етиб келади. Бу эса қабул қилинган импульсни чаплаб юборади, яъни деструктив таъсир кўрсатади. Чунки чапланган энергиянинг бир қисми қўшни битнинг бит интервалига тушади. Агарда ушбу бит интервалига етарлича миқдордаги чапланган энергия тўғри келиб қолса, у ҳолда 50% эҳтимоллик билан қўшни бит хато билан қабул қилинади. Турли узунликдаги тўлқинлар баъзи материаллардан турли тезликлар билан ўтади. Синдириш кўрсаткичини (n) аниқловчи муносабат

$$n = c/v, \quad (12.7)$$

бу ерда c – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги;

v – мазкур материалдаги тадқиқ қилинаётган тўлқин тезлиги.



Бошлангич импульс



Тарқалиш йуналиши



Бошлангич импульс модалари дисперсия ҳисобига кенгайди, иккинчи импульс ҳам 1 сифатида интерпретацияланади, аслида у 0 бўлиши керак

12.5-расм. Толали ёруғлик ўтказгич бўйича кўп модалар узатиш намунаси.

Биз учун қизиқарли бўлиб кварц шишаси (SiO_2) ҳисобланади. Муаммо шундаки, ушбу материалда ҳар бир тўлқин бир-бириникидан унча фарқ қилмайдиган тезлик билан тарқалади. Хроматик дисперсия деб номланган дисперсия турини материал дисперсияси тушунчасининг ичида қаралиши ва айрим жиҳатлари билангина ундан фарқланиши назарда тутилади.

Нур тарқатувчи диодлар диапазони 30дан 100 нмгача бўлган тўлқин узунлигининг кенг спектрида нурланади. DFB лазер 0,1дан 1,0 нм кенгликдаги спектрал линияни нурлайди. Материал ичидаги тарқалиш тезлигига доир бир қизиқарли ҳодиса мавжуд. Шаффофлик соҳаси 850 нм ва ундан узунроқ тўлқинлар қисқа тўлқинлардан кўра каттароқ тезлик билан тарқалади. Масалан, 865 нм тўлқин узунлигидаги нурланиш кварц шишасида 835 нм бўлган тўлқин узунлигидаги нурланишдан каттароқ тезлик билан тарқалади. Аксинча, 1550 нм бўлган шаффофлик соҳасида қисқароқ узунликдаги тўлқинлар узун тўлқинларга нисбатан катта тезликларда тарқалади. Масалан: 1535 нм бўлган тўлқин узунлиги 1560 нм бўлган тўлқин узунлигидан тезроқ тарқалади. Ундан ташқари 1310 нм бўлган шаффофлик соҳасида аҳамиятли бўлган ҳолат мавжуд. λ_{ZD} бўлган тўлқин узунлиги мавжуд бўлиб, дисперсион параметр бўлган D_M ундан юқори тўлқин узунлигида мусбат ва ундан кичик тўлқин узунлигида D_M манфий бўлади. Ушбу тўлқин узунлиги нолинчи дисперсия узунлиги деб номланади. Ушбу нолинчи дисперсиянинг тўлқин узунлиги тоза кремний диоксидининг 1276 нм бўлган тўлқин узунлигига тенгдир. Оптик тола учун унинг қиймати 1270-1290 нм чегарасида ўзгариши мумкин. Ушбу оптик толанинг ўзаги ва қобиғи зарурий синдириш кўрсаткичига эришгунча легирланади. Айтиш жоизки, волноводли дисперсия нолинчи дисперсияни 30-40 нмга силжитади, ушбуга кўра тўлиқ дисперсия 1310 нм атрофида саноат толалари учун нолга тенг бўлади. Материал дисперсияси бирмодали толали тизимларда дисперсиянинг асосий ташкил этувчисидир. Кўпмодали толали тизимларда материал дисперсиясининг умумий дисперсиядаги ҳиссаси амалда сезиларли эмас. Бу ерда модали дисперсия асосий ҳисобланади.

Дисперсиянинг қабул қилинадиган иккиламчи оқимга бўлган таъсирини қараб чиқамиз. Агар узатиш тезлиги ортса, бит интервалининг кенглиги камаяди. Агар NRZ кодлаш формати бўлса, унда ушбу бит интервалининг кенглиги бит даврига тенг бўлиб қолади. Шунга кўра,
 Бит даври (сек.) = 1 / (битли узатиш тезлиги)

Куйида бир нечта мисоллар келтирамиз:

- 1 Мбит/с иккиламчи оқим учун бит даври 1 мкс га тенг;
- 10 Мбит/с иккиламчи оқим учун бит даври 100 нс га тенг;
- 1 Гбит/с иккиламчи оқим учун бит даври 1 нс га тенг;
- 10 Гбит/с иккиламчи оқим учун бит даври 100 пс га тенг;

Кўриниб турибдики, бит интервали борган сари камайиб бормоқда.

Юқоридагиларга асосан айтиш мумкинки, бит интервали канча камайса, у шунча дисперсия таъсирига берилиши мумкин.

Толали оптик узатиш тизимларининг эволюция жараёнида дисперсия деярли нолга тенг бўлган тўлқин узунлигида ишлаши жуда ҳам зарурий ҳол бўлиб қолади. Шунга қарамасдан, кам тезликка эга бўлган тизимлар 1550 нм бўлган шаффофлик соҳасида ишлаган, бунда ҳар километрга бўлган йўқотишлар минимал эди. Агар, нолинчи дисперсия соҳасини 1550 нм бўлган шаффофлик соҳасига ўтказилганда мақсадга мувофиқ бўлар эди.

Хроматик дисперсия

Хроматик дисперсияни материал дисперсиясининг кенгайтирилган маънодаги тушунилишидир. Барча шишалар, оптик тола ишлаб чиқаришда кўлланиладиган шишалар ҳам материал дисперсиясини намоён этади, чунки синдириш коэффициенти тўлқин узунлигига мос ҳолда ўзгаради. Бунга кўшимча ҳолда айтиш мумкинки, шишадан тола тортиб олинаётганда геометрик шакл ва синдириш коэффициентининг профили тола бўйлаб тарқалаётган импульс тезлигининг тўлқинга боғлиқлигига, яъни тўлқин ўтказгичли дисперсияга сезиларли ҳисса қўшади. Биргаликда олинган материал дисперсияси (D_M) ва тўлқин ўтказгичли дисперсия (D_W) хроматик дисперсия номини олади. Хроматик дисперсия таъсиридаги бузилишлар дисперсиянинг бошқа турларидек бузилишларни келтириб чиқаради, уларнинг моҳияти қабул қилинган импульснинг кенгайишидадир. Баъзи адабиётларда хроматик дисперсияни гуруҳий тезликлар дисперсияси (GVD) деб ҳам номланади ва у толадаги гуруҳий тезликнинг тўлқинга боғлиқлиги

асосида пайдо бўлади. Хроматик дисперсия пикосекунд/нанометр-километрда (пс/(нм·км)) ёки пс/нм/км ўлчанади. Бу кенгайиш пс (пикосекунд) бўлиб, бу кенгайиш кенглиги 1 нм бўлган импульснинг узунлиги 1 км узунликда бўлган толадан ўтганда рўй беради. Масалан, 1550 нм бўлган шаффофлик ойнасида бундай дисперсия, стандарт бирмодали толада 17 пс/нм/км даражада бўлиши мумкин. Ундан ташқари, дисперсия эгрисининг қиялиги тўғрисида (дисперсион параметр) фикр юритиш мумкин. Ушбу дисперсион параметр, дисперсиянинг маълум бир тола учун тўлқин узунлиги билан ўзгаришини тавсифлайди. Дисперсион параметр D , пс/нм/км да ифодаланади.

$$D = D_M + D_W \quad (12.8)$$

Дисперсиянинг узатишнинг битли тезлигига таъсирини аниқлаш учун (12.8) ифода ёрдамида $B \times \Delta T < 1$ критерийдан фойдаланамиз.

Бу ерда ΔT – вақт интервали бўлиб, бит интервалидан (бит даври) қисқа бўлиши керак. NPZ кодлаш формати учун бит даври (секундда) $1/(\text{бит тезлиги})$ га тенг эканлигини ёдга оламиз. Юқорида келтирилган критерийдан фойдаланиб қуйидагига эга бўламиз:

$$B \times L \times D \times \Delta \lambda < 1 \quad (12.9)$$

(ушбу тенгсизлик D -дисперсион параметрнинг ҳақиқий қийматлари учун ўринли бўлади). Тенгсизлик (12.9) дисперсия катталигининг тартибини аниқлаш имкониятини беради. ΔT -катталиқни қуйидагича баҳолаш мумкин:

$$\Delta T = L \times D \times \Delta \lambda, \quad (12.10)$$

бу ерда L – тўлқин узунлиги,

$\Delta \lambda$ – импульс спектрал кенглигининг эквиваленти.

Узатиш тезлиги B нинг линия узунлигига кўпайтмасини $B \times L$ (12.10)дан баҳолаш мумкин. Бир модали тола учун SLMDFB лазер манбаидан фойдаланганда, унинг учун $\Delta\lambda < 1$, унинг 1 Тбит/с километрдан ортиқ бўлишига эга бўламиз. Уни яхшилаш учун спектрал чизиғининг кенглиги иложи борича энсизроқ бўлган лазерлардан фойдаланиш керак. Ушбу ҳолда ҳам хроматик дисперсия доминант бўлади. Нолинчи дисперсиянинг тўлқин узунлигини 1550 нм бўлган минимал йўқотишли шаффофлик ойнасига силжитиш бўйича уринишлар муваффақиятга олиб келди. Бундай тола силжиган дисперсияли тола деб номланади. Тола ITU-T G.653 тавсияда тавсифланган. Дисперсиянинг зарурий силжишига тўлқин ўтказувчан дисперсия параметрларини манипуляциялаш йўли билан эришилди ва бунда тўлқин ўтказувчан дисперсия D_w тола ўзагининг радиуси a ва синдириш кўрсаткичларининг фарқи каби параметрларига боғлиқлиги ҳисобга олинган. Худди шундай тўлқин ўтказувчан дисперсиянинг кўшган ҳиссасини ростлаш мумкин. Умумий дисперсия D -1300дан 1600 нм гача бўлган тўлқин узунлигининг кенг диапазонида нисбатан кам бўлади. Толанинг ушбу тури нолинчи силжиган дисперсияли тола номланган бўлиб, ITU-T G.655 тавсияда тавсифланган. Ундаги хроматик дисперсия 6 пс/нм/км даражада ёки камроқ даражада 1530дан 1565 нм диапазонда бўлиб, замонавий WDM тизимлари учун аҳамиятлидир. Узатиш линиясининг хроматик дисперсияси ўтилган масофанинг ортиши билан тўпланади, бу гуруҳий кечикишнинг бирлик тўлқин узунлигига нисбати (пс/нм) билан характерланади. Узатиш линиясининг хроматик дисперсияси куйидагиларга сезувчандир:

- тандем уланишлардаги бўғинлар сони ва узатиш линиясининг узунлигининг ортишига;
- узатиш тезлигининг ортишига (таъкидлаш жоизки, узатиш тезлигининг ортиши лазернинг модуляция тезлигини ҳамда ёнланма соҳанинг кенглигини орттиради).

WDM тизимларда хроматик дисперсияга таъсир кўрсатади (унчалик эътиборга молик бўлмаса ҳам):

- каналлар орасидаги одимларнинг ўзгариши;
- каналлар сонининг ўзгариши.

Хроматик дисперсиянинг таъсири камайди:

- тола хроматик дисперсияси абсолют катталиқнинг камайиши билан (D-катталиқнинг камайиши);
- дисперсияни компенсациялашдан фойдаланилганда.

Поляризациян модали дисперсия

Бир модали толада ягона иштирокчи бўлиб H_{11} мода ҳисобланади. Шунга қарамасдан қутбланиш ҳисобга олинганда, бир модали толада икки мода мавжуд. Ушбу иккита модани ўзаро ортогонал деб, қутбланишни эса чизикли деб тушунилади. Улардан бири доминант бўлиб ҳисобланади ва x ўқи бўйлаб горизонтал текисликда тарқалади, иккинчиси y ўқ бўйлаб вертикал текисликда тарқалади. Ушбу идеал ситуация аниқ геометрияли идеал толага мувофиқ келиши мумкин. Айрим мақолаларда тарқалишнинг тезкор ўқи ва суст ўқи тўғрисида фикр юритилади. Қўлланмада ушбу ўқларнинг қутбланишнинг чизикли ҳолатига мос бўлиши шарт эмас деб кўрсатилган. Реал ҳолатларда, яъни тола кабелга жойланган ва кабел далага ётқизилганда унинг идеаллигини ҳисоблаш қийин. Тола ишлаб чиқариш жараёнида толада содир бўладиган қатор кучланишли ҳолатлар мавжуд бўлади. Тола ўзаги ва қобиғи механик чўзиш жараёнида шаклланади, бу эса толада иккиланган нур синишини келтириб чиқаради. Натижада ёруғликнинг муҳитда тарқалишининг эффектив тезлиги электр майдонининг йўналтирилганлигига боғлиқ бўлади. Кабел ётқизилгандан кейин бошқа турдаги кучланишлар пайдо бўлади. Ушбу таъсирлар тола деформациясини пайдо қилади, бу деформация толанинг думалоқлигини ёки қобиққа нисбатан концентриклигини бузади. Бу бузилишлар толани букилиши бўйича узайишига олиб келади. Тола кабелга жойлаштирилгач, юқорида тавсифланган барча кучланишлар унга таъсир қилади. Қараб чиқилган ўқларнинг йўналганлиги ва ҳар бир ўқ бўйлаб ёруғликнинг тарқалиши

тезлигидаги нисбий фарқ тарқалишнинг оптик йўли бўйича ўзгаради. Шундай тахмин қилиниши мумкинки, толанинг турли сегментлари ушбу иккиламчи нур синдириш локал ўқларининг турли йўналганлигига эга бўлар эдилар. Толанинг ҳар бир сегментида ёруғликнинг иккита порцияси орасида вақт бўйича кечиктиришлар киритилади. Чунки, бу ўқларнинг кўшни сегментлардаги нисбий йўналтирилганлиги турлича бўлганлиги учун импульс вақт бўйича статистик кенгайди. Бунинг натижасида биз поляризацион модалар дисперсияга (PMD) эга бўламиз. PMD пикосекундларда ўлчанади. Толадаги нуқсонлар PMD билан ўзаро таъсирлашади, натижада ёруғлик импульсининг тола бўйлаб секциядан секцияга ўтиш жараёнида PMD даражаси текис ортади. Бундай толани характерловчи коэффициент учун мувофиқ келадиган бирликлар пс/км^{1/2} ўлчамлиликка эга бўлади. Бир нечта секциядан ташкил топган толалар учун PMDнинг ўртақвадратик йиғиндисидан, ҳар бир участкага мос келадиган фойдаланиш зарур. Хроматик дисперсияни дисперсия компенсаторларидан фойдаланиб камайтириш мумкин. Лекин, бугунги кунгача PMDни камайтириш йўллари мавжуд эмас.

PMDнинг толани оптик узатиш тизимларига бўлган таъсири куйидаги ҳолларда ортади:

- каналда узатиш тезлигининг ортиши билан (унда бит даври камайди);
- бўғин узунлигининг ортиши билан (регенератор секциялари орасида);
- каналлар сонининг ортиши билан (зич WDM).

PMDни оптик толани ишлаб чиқариш босқичида қатъий назорат қилиш асосида камайтириш мумкин.

Модалараро дисперсияни ўлчаш усулини таҳлил қилиш

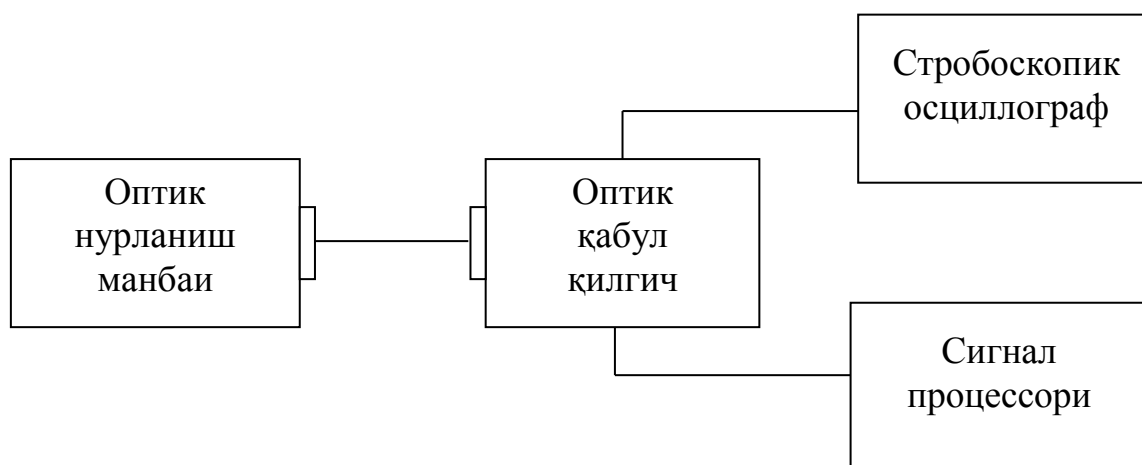
Бир модалар оптик тола ягона ёруғлик тўлқинининг тарқалишини таъминлайди. Кўпмодалар тола кўп сонли модалар билан ишлай олади ва

унинг ушбу характеристикаси модалараро дисперсия деб номланувчи ходисани келтириб чиқаради. Оптик толадаги модаларнинг турли траектория бўйлаб тарқалиши натижасида турли модалар модуланган ёруғлик сигналининг эгриси сигналнинг тола бўйлаб тарқалишига кўра фаза бўйича янада кўпроқ фарқ қила бошлайди. Рақамли тизимдан фойдаланилганда ҳар бир мода ахборотли импульс узатади, унинг тарқалиш вақти бошқа мода импульсининг тарқалиш вақтидан фарқ қилади. Бу эса натижада оптик толанинг чиқишидаги натижаловчи импульс шаклининг бузилишига олиб келади; хусусан, узатилган импульснинг давомийлиги ортади, амплитудаси эса камаяди. Модалараро дисперсия кўп модали кабелнинг узатиш масофасини 1 км ва ундан камроққача чегаралайди, бунда бит тезлигини 1 Гб/с гача таъминлайди. Модалараро дисперсия частотанинг кичикроқ қиймати билан аниқланади, бу частотада амплитуда-частотавий характеристика 3 дБга пасаяди ва амалда кўпмодали толани тестлаш асосида амалга оширилади. Бунда узатилаётган импульснинг бузилиши бўйича ва модуляцияланган сигналнинг ўзгариши бўйича частоталар соҳаси аниқланади.

Биринчи ҳолда, қайта созланадиган оптик нурланиш манбаидан фойдаланилиб, у модавий скремблер орқали ўлчанадиган толанинг киришига уланади, скремблернинг чиқиши оптик қабуллагичнинг киришига уланган. Қабуллагич стробоскопик осциллограф ва сигналлар процессори билан уланган бўлиб, у ҳалақитларни бартараф қилиш, фазавий титраш ҳамда импульс параметрларини ҳисоблаш учун мўлжалланган. Хроматик дисперсиянинг ўлчаш натижаларига таъсир кўрсатмаслиги учун нурланиш манбаининг спектри тор (энсиз) қилиб ўрнатилади. Ўлчаш жараёнида ўлчанадиган толада ўрнатилган давомийликда импульс ғалаёнлантирилади, чиқиш импульси эса рақамли шаклга ўзгартирилади, олд ва орқа fronti киритилган ҳолда, амплитуда қиймати 0.01 даражасидан бошлаб ўрнатилади. Кейин, худди шундай ҳолда кириш импульси ўлчанади, бунда ўлчанадиган тола ўрнига эталон толадан фойдаланилади. Бу тола бир неча метрли қирқим

бўлиб, у ўлчанадиган толадан қирқиб олинади ёки яқин оптик характеристикали толадан олинади. Ўлчанадиган ва эталон толаларда нурланишнинг тарқалишини кечиктириш фарқини минималлаштириш учун, осциллограф ва сигналлар процессори кириш импульси билан ростланувчи кечиктириш элементи орқали синхронлаштирилади. Ушбу ҳолда, толанинг частоталар соҳасини ўлчаш натижаси, оптик ғалаёнлаштириш усулларида ташқари оптик толаларни коммутациялаш услубларига ҳам боғлиқ.

Иккинчи ҳолда, тор соҳали оптик сигнал чайқалувчан частотали сигнал генераторининг синуссимон сигнали билан амплитуда бўйича модулланади ҳамда ўлчанадиган толага скремблрлаш қурилмаси орқали киритилади. Оптик толанинг кириши ва чиқишидан модуляцияланган сигналлар оптик қабуллагичларга берилади, улар оптик қувватни модуляция частотасининг функцияси сифатида қайд қилинади. Бунда одатда, дастлаб ўлчанадиган толада ўлчашлар ўтказилади, кейин эса қисқа эталон тола ёрдамида кириш сигнали аниқланади. Ўлчашлар натижасида амплитуда-частотавий характеристика олинади, ундан энг паст частота сифатида толанинг соҳа ўтказувчанлиги аниқланади, унда, нолинчи частотадаги қийматидан амплитуда 3 дБга камаяди.



12.6-расм. Толалараро дисперсияни ўлчашнинг 1-усули.



12.7-расм. Толалараро дисперсияни ўлчашнинг 2-усули.

Кўпроқ қулайлик бўлиши учун манба ва қабуллагич функциясини оптик спектр анализатори ёки кириш ўзгарткичлари тўғри келадиган тармоқ анализатори томонидан бажарилиши мумкин. Ҳар қандай ҳолда ҳам модуляция частотасини ўрнатиш ва частотавий характеристикани ифодаланиши автоматик равишда амалга оширилади. Аммо, ташқи лазер манбаи ва фотоприёмникли электр спектр анализаторидан фойдаланиб частотавий характеристика интерпретациялашда алоҳида эҳтиёткорлик талаб этилади, чунки электр спектр анализатори фотоприёмникнинг электр сигнали бўйича қувватни ўлчайди, фотодиод эса оптик қувватга пропорционал бўлган ток пайдо қилади. Шунинг учун ушбу анализатор оптик даража 3 дБ ўзгарган бўлса, бу ўзгаришни 6 дБ деб кўрсатади.

Хроматик дисперсияни ўлчаш ва камайтириш усуллари таҳлили

Хроматик дисперсияни ўлчашнинг асосий усули фаза силжиши усули сифатида маълум. Ушбу усул толани интенсивлиги бўйича модуляцияланган тор соҳали оптик сигнал билан тестлаб, ҳамда олинган сигналнинг фазасини модуляцияловчи электр сигналга нисбатан векторли вольтметр ёрдамида ўлчаш орқали амалга оширилади. Ушбу ўлчаш, аниқ интерваллар орқали

гурухий кечикишни аниқлаш билан тўлқин узунлигининг талаб қилинадиган барча диапазонда такрорланади.

$$\tau_{\lambda} = \frac{\varphi(\lambda)}{2\pi f_0}, \quad (12.11)$$

бу ерда: f_0 – ишчи частота, Гц;
 $\varphi(\lambda)$ – ўлчанган сигнал вақти, рад.

Гурухий кечикишнинг ўлчанган қийматлари асосида хроматик дисперсия ҳосиласининг тўлқин узунлигига боғлиқлиги курилади ва хроматик дисперсия коэффиценти аниқланади.

$$D_{\lambda} = \frac{1}{L} \frac{d\tau_{\lambda}}{d\lambda}, \quad (12.12)$$

бу ерда: τ_{λ} – гурухий кечикиш, пс
 L – линия узунлиги, км
 λ – тўлқин узунлиги, нм

Биринчи яқинлашишда пульс давомийлигининг $\Delta\tau$ ортиши – пс ларда аниқланиши мумкин:

$$\Delta\tau = D_{\lambda}\Delta\lambda L, \quad (12.13)$$

бу ерда $\Delta\lambda$ – модуляцияланган ёруғлик сигнал спектрининг кенглиги, нм.

Бундан кўриниб турибдики, хроматик дисперсиянинг қиймати узатиш линияси узунлигининг ва сигнал спектри кенглигининг ортиши билан кўпаяди.

Хроматик дисперсиянинг гурухий кечикиш тезлигининг тўлқин узунлигига нисбатан кечикиши сифатида аниқланишини ҳисобга олинса, натижа ҳақиқий бўлади. Агар нисбий гурухий кечикишнинг ўзгаришидан фойдаланилса, унда охириги ифода куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$D_{\lambda} = \frac{1}{L} \frac{d\Delta\tau}{d\lambda}, \quad (12.14)$$

бу ерда: D_{λ} – дисперсия коэффициенти, пс/нм/км;

$\Delta\tau$ – нисбий гуруҳий кечикиши, пс;

L – линия узунлиги, км.

Агар, толанинг физик характеристикалари унинг тўлиқ узунлиги бўйича мос бўлса, умумий хроматик дисперсия пс/км да тола узунлигига пропорционал бўлади. Хроматик дисперсияни ўлчаш учун етарлича кам бўлган тўлқин узунлиги интервалида фазалар силжишининг дифференциал усулидан фойдаланилади. Ушбу усул таҳлил қилинган усулга нисбатан гуруҳий кечикишнинг ортиши, дисперсиянинг ушбу интервалдаги ўрта қиймати сифатида ўлчашлардан бевосита қийматни аниқлаш имкониятини беради. Дисперсия, тўлқин узунлигининг функцияси сифатида жараённи такрорлаш йўли билан турли тўлқин узунликларида сигнални модуляциялаш усулларидан фойдаланиб ўлчанади. Фазани ўлчаш учун зарур бўлган намунавий сигнал, ушбу схемаларда айнан ўша электр сигнал манбаидан олинади, ушбу манба оптик нурланиш манбасини модуляциялаш учун фойдаланилади. Ундан ташқари, фазани дифференциал силжитиш усулидан фойдаланишнинг турли вариантлари сигналга ишлов бериш бўйича бири-биридан фарқланади. Масалан, иккиланган демодуляциянинг қўлланилиши, бунда, тўлқин узунлиги етарлича юқори тезлик билан ўзгаради. Бу эса электрон аппаратуранинг шовқинини камайтириш ва аддитив хатоларнинг таъсирини камайтириш имконини беради. Шу нарса маълумки, хроматик дисперсия модуляцияланган сигналларни ўтказиш соҳасининг нисбий фазасини ўзгартиради. Шунинг учун интенсивлиги бўйича модуляцияланган сигналлардан фойдаланилган ҳолларда хроматик дисперсия амплитудали модуляцияни частотали модуляцияга айлантиради, бу эса амплитудавий модуляцияга характерли шак беради, у дисперсия коэффициенти ишчи

тўлқин узунлигида аниқлаш учун таҳлил қилиниши мумкин. Бунда қайта созланадиган энсиз спектрли лазер дисперсия ўлчанадиган тўлқин узунлигига ўрнатилади ва интенсив модуляцияланади. Модуляция частотасини ўзгартирилишига кўра амплитуда модуляциясининг соҳа ўтказувчанлиги қатор нолларга эга бўлади, уларнинг биринчиси билан дисперсия аниқланади. Ушбу усулдан яхшиси, дисперсиянинг нисбатан катта қийматларини нолинчи дисперсиянинг тўлқин узунлигидан сезиларли фарқланадиган тўлқин узунлигида ўлчаш учун фойдаланган маъқулроқдир.

Қуйида хроматик дисперсияни камайтириш усулларини таҳлил қиламиз.

Хроматик дисперсияни компенсациялаш учун иккита қурилмадан фойдаланиш мумкин. Биринчи қурилма – дисперсияни компенсацияловчи (DCF) толадир. Иккинчи қурилма Брэггнинг дифракцион чирп-панжарасидан фойдаланишга асосланган.

Хроматик дисперсия, толада босиб ўтилган масофанинг ортиши билан маълум даражада чизиқли боғланган ҳолда йиғилади. Бу унинг компенсацияланишини камайтиради. Агар биз ишлаб турган линиямизга, коэффициент (параметр D) тескари ишорага эга бўлган, катталиги эса ишлаётган линиядаги йиғилган катталиққа деярли тенг бўлган катта дисперсияли тола қўшсак, бу дисперсияни компенсациялашимиз мумкин. DCF -200 пс/нм/км даражада дисперсион коэффициентга (параметр D) эга бўлиши мумкин. DCF узунлиги мумкин қадар қисқароқ бўлиши керак. Ушбу узунлик (L_2) қуйидаги ифодадан ҳисобланиши мумкин:

$$L_2 = - (D_1/D_2)L_1 , \quad (12.15)$$

бу ерда L_1 – ишлаётган толали линия узунлиги;

L_2 – DCF тола узунлиги;

D_1 – ишлаётган толанинг дисперсион параметри;

D_2 – дисперсион DCF параметр.

DCFдан фойдаланишда катор муаммолар пайдо бўлади. Биринчидан, DCFда фойдаланиладиган махсус тола бўлиб, ишлаётган толага нисбатан сезиларли даражада кўпроқ йўқотишлар киритади. Бу йўқотишлар 0,4дан 1,0 дБ/км ташкил этади ва узатиш линиясининг умумий йўқотишларига кўшилади. Иккинчидан, 10-12 км бўлган ишчи толани компенсациялаш учун 1 км атрофида бўлган DCF талаб этилади. Учинчидан, мода майдони диаметрининг кичиклиги сабабли DCF ичидаги оптик интенсивлик берилган кириш кувватидан баландроқ бўлади. Бу эса нозичли эффектлар даражасининг ортишига олиб келади. Қараб чиқилган компенсация техникасининг самарали бўлиши учун ўрнатилган узатиш бўғинининг умумий дисперсиясини ва DCF дисперсион параметрни ўлчаш зарур.

Хроматик дисперсияни компенсациялашнинг бошқа усули мавжуд бўлиб, бу усул Брэгг панжарасига асосланади. Брэггнинг дифракцион панжараси оптик филтър сифатида фойдаланилади. Ушбу панжара “тўхтатиб қолувчи” соҳага эга бўлиб, ушбу соҳа Брэгг тўлқин узунлиги атрофида марказлашади. Брэгг тўлқин узунлиги дифракцион панжара даврининг ва мода индексининг функцияси бўлиб ҳисобланади. Брэггнинг дифракцион панжаралари нисбатан тор (энсиз) бўлган тўхтатиб қолиш соҳасига эга. Ҳозирги вақтда толали оптик узатиш тизимларининг талабларига кўра, тўхтатиб қолувчи кенг соҳалар зарур. Ушбу талабларга Брэггнинг дифракцион чирп-панжаралари мувофиқ келади. Ушбу панжараларда оптик давр панжара узунлиги бўйича чизикли ўзгаради. Брэгг тўлқин узунлиги ҳам панжара узунлиги бўйича ўзгаради, тушаётган импульснинг турли частотавий компонентлари турли нуқталардан (панжара бўйича) Брэгг шарти локал қониқтирилишига боғлиқ ҳолда.

Брэгг чирп-панжараси ёрдамида дисперсияни тушунишда ёруғликнинг тарқалиш тезлиги асосий момент бўлиб ҳисобланади. Стандарт толадан фойдаланилганда (1550 нм бўлган шаффофлик соҳасида ишловчи) оптик импульснинг ташкил этувчилари паст частоталиларига нисбатан тезроқ тарқалади. Брэгг тўлқин узунлигининг панжара бўйлаб ҳаракатланишида

шунни таъкидлаш жоизки, паст частотали ташкил этувчилар панжара бўйлаб узоқроқ ҳаракатланишга мажбур. Яъни, улар бундай панжара юқори частотали ташкил этувчиларга нисбатан киритадиган кўп тўхтатиб қолиши кузатилади. Бу панжара киритадиган нисбий тўхтатишга олиб келади, ушбу нисбий тўхтатиш толанинг тўхтатишига тескари бўлиб, у мазкур толанинг дисперсиясини компенсациялайди.

12.3. Поляризация модали дисперсияни ўлчаш усуллари таҳлил қилиш

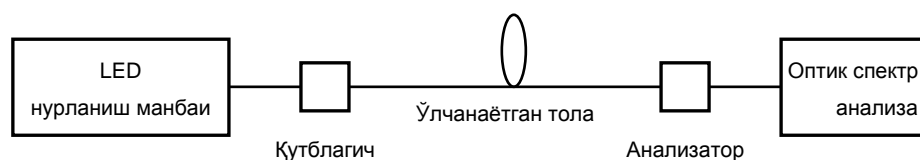
Поляризация модали дисперсиянинг (PMD) батафсил статистик моделига мувофиқ оптик кабелни иккиланган нур синдирувчи секциялар деб тасаввур қилиниши мумкин, секциялар қутбланишни ихтиёрий айланишини амалга оширади. Бунда ҳар бир секция тезкор ва сушт поляризация модалар билан характерланади ва улар одатда қандайдир оптик сигнал билан боғланган бўлади. Ҳар бир сегмент томонидан нурланган сегмент, навбатдаги секциянинг поляризация модаларига проекцияланади ва тола қирқими бўйича ёки алоқа линиясида кўп маротаба такрорланади. Ушбу жараён ўзаро таъсирлашув ёки модалар боғлиқлиги дейилади ва дифференциал кечиктиришни юзага келтириб, кўплаб ўрнатилган оптик-толаларнинг тўлқин узунлигига ҳамда атроф-муҳит шароитларига боғлиқлигини ифода қилади.

Шундай қилиб, PMD термини бир модали оптик толада ёруғлик тўлқинининг жуда юқори ва жуда секин тарқалиши тезликларига мувофиқ келувчи дифференциал гуруҳий кечикиш $\Delta\tau(\lambda)$ қутбланишнинг асосий ҳолатини $PSP_{1,2}(\lambda)$ характерловчи физик ҳодисани белгилаш учун фойдаланилади. Бунда, бу тўлқинларнинг тарқалишининг вақт бўйича фарқи $\Delta\tau$ – пс.да ўлчанади. PMDнинг статистик хусусиятларини ҳисобга олиш учун маълум тўлқин узунлигидаги $(\Delta\tau)_\lambda$ дифференциал гуруҳий кечикишнинг ўрта қиймати тушунчасидан фойдаланилади ва баъзан уни PMDнинг кутилган ёки

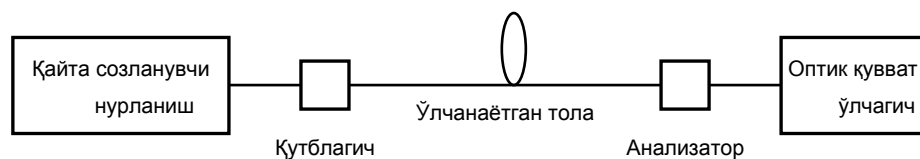
статистик қиймати дейилади. Тола узунлигига боғлиқ бўлганлиги учун бу кечикишнинг ўрта қиймати PMDнинг ўрта кечикиши ёки PMDнинг кечикиш коэффициентини ёки PMD коэффициентини деб номланади. Шу билан бирга қутбланган модалар орасидаги (модалар боғланиши деб номланган) алоқага боғлиқлиги (энергетик алмашинув) эътиборга олган ҳолда, PMD коэффициентини $[\Delta\tau]/L$ сифатида аниқланади ва пс/кмда кучсиз боғланган модалар учун ифодаланади ёки $[\Delta\tau] / \sqrt{L}$ ва пс/ $\sqrt{\text{км}}$ кучли боғланган модалар учун (реал шароитларда фойдаланиладиган модалар учун типик ҳол). Тадқиқотларнинг кўрсатишича, PMDнинг амплитуда-модуляциясидан фойдаланиладиган тизимларга минимал таъсирини таъминлаш учун дисперсиянинг ўрта қиймати бир даврининг ўндан биридан пастроқ ушланиши керак. Масалан, 10 пс – 10 Гб/с тизим учун бўлганда. Вақтнинг бундай параметрларида дисперсияни назорат қилиш бефойдадир. Шунга қарамадан, иккита усул мавжуд бўлиб, PMDни аниқлаш ушбу усулларга асослангандир. Бу вақтли ва тўлқинли (частотавий) усуллардир, PMDнинг ўрта дифференциал гуруҳий кечикиши ва вақт интервалининг ўртакватратик четланишидир. Биринчи усул қутбланишни ўлчаш асосида экстремал нуқталарни излашга ва $\Delta\tau$ ни аниқлашга асосланган, иккинчи усул интерферолитрик ўлчашларда Фурье ўзгартиришларига асосланган бўлиб, вақт бўйича тўхтатишни интерферограмма асосида аниқлайди. Интерферограмма ўлчаш қурилмасини паст когерентли интерферометрга жойлаш йўли билан олинади. Ундан ташқари фазани силжитиш ва импульсни кечиктириш усуллари мавжуд. Уларда $\Delta\tau$ интензивлиги бўйича модуляцияланган сигнал эгувчисининг фазасини ҳамда қутбланишнинг иккита асосий ҳолатида импульслар орасидаги вақт ўлчанади.

Аммо ҳозирги замон PMD ўлчагичларида фойдаланиладиган кенг тарқалган усуллардан бўлиб, 12.8-расмда келтирилган қувват ўлчагичидан, спектр анализаторидан, поляриметр ва монохроматордан фойдаланилади. Эксплуатацион ўлчашлар учун интерферометрик усул энг афзал усул ҳисобланади. PMDни ўлчашнинг интерферометрик усули, ёруғлик тўлқини

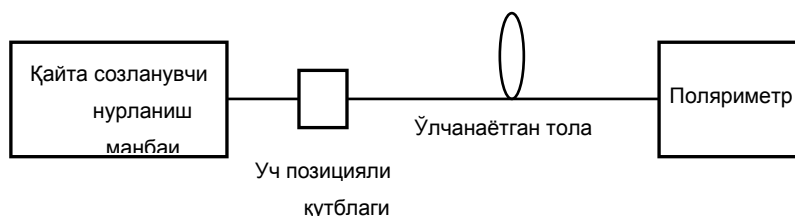
электр майдонининг автокорреляцияси ёки битта кенг соҳали манбадан нурланувчи иккита сигналнинг ўзаро когерентлигига асосланган. Бу усул вақт бўйича кечикишни бевосита ўлчашга асосланган. 12.8-расмда PMDни ўлчашнинг Майкельсон интерферометрни асосида ўлчаш схемаси келтирилган.



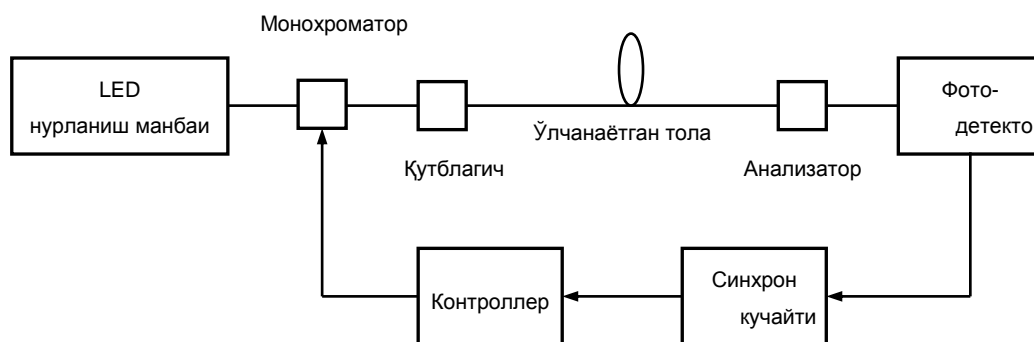
Оптик спектроанализатори билан PMDни ўлчаш схемаси



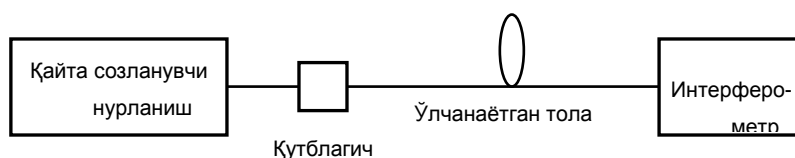
Қувват ўлчагичи билан PMDни ўлчаш схемаси



Поляриметр билан PMDни ўлчаш схемаси



Монохроматор билан PMDни ўлчаш схемаси
12.8-расм. PMDни ўлчашнинг асосий схемалари.



12.9-расм. Интерферометрик усул билан PMDни ўлчашнинг умумлашган чизмаси.

Ёруғлик кенг соҳали LED ёки оқ ёруғлик манбаидан интерферометрнинг иккала каналига йўналтирилади. Кўзғаладиган ва кўзгалмас кўзгулардан қайтган сигнал детектор текислигида устма-уст тушади. Ўзаро таъсир эса, иккита тармоқланиш узунлиги катталиқ бўйича манбанинг когерент узунлигидан кичик бўлгандагина пайдо бўлади. Агар каналлар узунлиги айнан бир хил бўлса максимал кўриниш бўлади. Бунда аксланиш кенглиги манбанинг спектр кенглигига тескари пропорционал, фототок эгувчисининг амплитудаси эса вақт бўйича кечиктиришнинг функцияси бўлиб қолади ва қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta\tau = \frac{2\Delta x}{c}, \quad (12.16)$$

бу ерда: Δx – кўзгудан иккала канал тенг узунликка эга бўлган нуқтагача бўлган масофа.

13. ОПТИК ҚУВВАТ ЎЛЧАГИЧЛАРНИНГ ИШ ТАМОЙИЛЛАРИ ВА ХУСУСИЯТЛАРИ

13.1. Оптик қувватни ўлчаш тўғрисида маълумотлар

Оптик қувватни ўлчаш толали оптиканинг метрологик асоси бўлиб ҳисобланади. Оптик қувват ўзгарткичи эса ёруғлик тўлқинининг параметрларини ўлчаш учун қўлланиладиган деярли ҳар бир ўлчаш воситасида амалий жиҳатдан қўлланилади. Узатиш тизимларида оптик қувватни ўлчаш абсолют ва нисбий қувватни ўлчашга бўлинади. Абсолют қувватни ўлчаш оптик манбалар ва оптик сигналлар қабуллагичларининг характеристикаларини аниқлаш учун хизмат қилади. Оптик нисбий қувватни ўлчаш, сусайишни, кучайишни қайтувчи ва киритиладиган йўқотишларни ўлчашда зарурий муолажа ҳисобланади. Шунга кўра, узатиш тизимларида абсолют қувватни ўлчаш, масалан, оптик узаткичнинг қувватини ёки оптик кучайтиргичнинг сезгирлигини ўлчаш асосида қувват заҳирасини аниқлаш мумкин. Нисбий қувватни ўлчаш эса оптик толадаги йўқотишлар қийматини оптик кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини ва бошқаларни ўлчаш имкониятини беради.

Оптик қувватни электр қувватни ўлчаш асосида берилади. Электр қувватни ток ва кучланиш бўйича аниқлаш мумкин. Юқоридагига асосан оптик қувватни ўлчаш, электр қувватни ўлчаш асосида текширилиши мумкин.

Оптик қувват ўлчагичларини иккита асосий гуруҳга бўлиш мумкин: биринчи гуруҳга TFD – термофотодиодли қувват ўлчагичларини киритиш мумкин, улар билан оптик нурланиш таъсиридаги ҳароратнинг ошишини ўлчаш мумкин.

Иккинчи гуруҳга мансуб бўлган фотодиодли қувват ўлчагичларида оптик нурланиш фотонлари боғланган электрон тешикли жуфтларни генерациялайди. FD тўрдаги қувват ўлчагичлари унча катта бўлмаган ишчи

тўлқин узунликларига эга бўлса ҳам калибровкага тортилади, сезгирлиги юқори бўлганлиги сабабли кўпроқ қўлланилади. Шунга қарамасдан TFDли қувват ўлчагичлари юқори барқарорлиги ва кўрсатишларининг кенг динамик диапазондаги оптик нурланишларнинг тўлқин узунлигига боғлиқ эмаслигига кўра метрология лабораторияларида фойдаланиш афзалроқдир. Ундан ташқари TFDлар электр қувватни ўлчаш ёрдамида бевосита қиёсланиши мумкин. Умуман олганда қувват ўлчагичларнинг иккала тури ҳам ўз қўлланилишини топиш мумкин.

13.1-жадвал.

Термофотодиодли ва фотодиодли қувват ўлчагичларининг қиёсий характеристикалари.

Характеристикалар	TFDли қувват ўлчагичлари	FDли қувват ўлчагичлари
Кўрсатишларнинг тўлқин узунлигига боғлиқлиги	тўлқин узунлигига боғлиқ эмас	тўлқин узунлигига боғлиқ
Тўлқин узунлиги диапазони	кенг диапазон	диапазон 2:1
Калибрлаш	ўзини калибрлаши мумкин	калибрлаш зарур
Сезгирлик	жуда паст (одатда 10 мкВт)	жуда юқори (1 пВтдан кам)
Калибрлаш усулига боғлиқ бўлган аниқлик	±1%	±2%

13.2. Термофотодиодли қувват ўлчагичларининг иш тамойили

Ҳозирги вақтда термофотодиодлар ёрдамида оптик қувватни ўлчашнинг турли тамойиллари мавжуд. Улардан кўпроқ тарқалгани радиометрик ўрнига қўйиш усули бўлиб, умумий ҳолда автокалибровка усулидир. Ушбу усулга асосан қувват ўлчагичи дастлаб оптик нурланиш таъсирига тортилади, кейин эса нурланиш бартараф этилади ва электр генерацияловчи қувват билан алмаштирилади ва вақтга боғлиқ бўлмаган ҳароратни сақлаб туриш учун назорат қилиб турилади. Электр қуввати юқори аниқликда ўлчаниши мумкин, бу эса оптик қувватни ушбу метод билан ҳам юқори аниқликни таъминлаш имконини беради. Ушбу усулга мувофиқ ҳолда ютувчи қатламга, масалан қора бўёқ билан қопланган юзага дастлаб тушувчи ёруғлик билан таъсир кўрсатилади, кейин эса ушбу қатламга қиздиргич билан таъсир кўрсатилади, ушбу қиздиргич ютувчи қатлам билан термик жиҳатдан боғланган бўлади. Қиздиргичнинг орқа томони кумушли изоляцияланган қатламга, ҳароратнинг қандайдир четланишни мувозанатлаш учун, кумушнинг ўзи ҳам қора бўёқ билан қопланган, ҳарорат термобатарея ёрдамида ўлчанади (кетма-кет уланган термобатареялар) улар кумушли пластина ёнида бевосита жойлашган бўлиб, ютувчи қатлам ва юза орасидаги температура фарқи пропорционал бўлган кучланишни ушлаб беради. Бунда ягона мақсад бўлиб икки турдаги ғалаёнланиш учун ҳароратлар тенглигига эришишдир ва ушбу масалада чизиқлилиқ эътиборга олинмайди. Аммо мақсад аниқ ўлчашга эришиш бўлса қўйидагиларни таъминловчи зарурий ҳолатлар ҳисобга олиниши керак.

- етарлича сирт майдони ҳароратни узоқ ўлчаш вақтида ўзгармас қилиб ушлаб туриш учун;
- фонли ва сочилган ёруғлик нурланишини блокировкалаш, чунки термофотодиод нафақат нурланиш манбаининг, балки хона ҳароратини ҳам ўлчайди. Лекин, ушбу ҳодисани иссиқлик изоляцияси ёрдамида камайтириш

мумкин. Қатор апертуралардан фойдаланиш фотодиоднинг фақат оптик манбадан нурланишни кафолатлайди.

- иссиқлик оқимини ютувчи қатлам ва иситкич ўртасидаги иссиқлик қаршилигини камайтириш мақсадида оптимизацияланади, бунда қобиқнинг иссиқлик қаршилиги конвекция ва нурланишнинг таъсири бўлганлиги сабабли нурланиш иложи борича юқори бўлиши керак;

- юқори ютувчанлик қобиляти 100 фоизга яқинлашуви, яъни қайтган ва сочилган ёруғлик фотодиод ҳароратининг ортишига олиб келмайди ҳамда коррекцияланган бўлиши керак, бунда қайтарувчанлик қобилятини ўлчаш бошланғич калибровканинг таркибий қисми сифатида ихтиёрий ҳолда ўтказилиши керак;

- ток ва кучланишни ўлчаб, электр қувватни кучланишни аниқ ўлчаш натижаларини олишда иситкич таъсирини бартараф қилиб аниқ ўлчашда, улаш симлари ҳам ҳароратнинг барқарорлигига таъсир кўрсатади.

Ушбу усулни бошқача бажариш шунга асосланганки, оптик нурланиш ва электр қувватнинг кетма-кет таъсирининг ўрнига термофотодиод, масалан, юпка пленкали датчик электр қувват билан узлуксиз қиздирилади. Бу қувват ўлчаниши керак оптик қувватдан бироз каттароқ бўлади. Бунинг учун термофотодиоднинг кучланиши дастлаб, оптик қувватнинг таъсирисиз ўрнатилади, кейин эса оптик қувват таъсирига тортилади, электр қувват тескари алоқа воситасида термофотодиод кучланиши оптик қувватнинг таъсиригача тенг бўлгунча камайтирилади (калибровка уланган). Оптик қувватнинг кутилаётган ўлчаш натижаси бу икки муолажа орасидаги электр қувват фарқини ифодалайди ва ушбу ҳолда термофотодиод кучланишини ўлчашни ўтказиш зарурати бўлмайди.

Термофотодиодли ўлчагичлардан фойдаланишда уларнинг сезгирлигининг пастлиги ва ўлчашларнинг давомийлиги асосий муаммо бўлиб ҳисобланади. Агар ярим ўтказгичли термосезгир элементлардан фойдаланилса, юқорида келтирилган камчиликлар қисман бартараф этилиши мумкин.

Қувватнинг иссиқлик ўлчагичлари 1 мкВт сезгирлик билан характерланади ва $\pm 1\%$ бўлган хатока ультрабинафшадан инфрақизил спектрда бўлган диапазонда эга бўлади. Вақт доимийси термофотодиоднинг ўлчамига кўра бирнеча секунддан бирнеча минутгача ташкил қилади. Ушбу характеристикалар қувватнинг иссиқлик ўлчагичларини калибровкани ўтказишда фойдаланилишига имкон беради. Лекин шунга қарамасдан толали-оптик ўлчашларнинг бошқа соҳаларида улардан кам фойдаланилади.

Қувватни иссиқлик ўлчагичининг алоҳида тури криогенли радиометр ҳисобланиб, у термофотодиод бўлиб, бу термофотодиод вакуумга жойлаштирилиб, суюқ гелий билан тахминан 6 К гача совутилади. Криогенли радиометрлар қуйидагиларга асосан қувватни анча аниқ ўлчаш воситаси бўлиб ҳисобланади:

- 6 К да ютувчи материалнинг массаси сезиларли даражада камаяди, бу эса вақт давомийсини ва ўлчаш вақтини камайтиради
- нурланиш оқибатида иссиқлик йўқотишлари бартараф этилади
- резисторнинг улаш симларидан келадиган иссиқликни йўқотиш учун бу ўтказгичларни ўта ўтказгичли қилиш зарур
- конвекция таъсиридаги йўқотишларни фотодиоддан вакуумда фойдаланиш йўли билан бартараф қилинади

Ушбу характеристикаларга асосланиб, криогенли радиометрлар қувватни ўлчашда $\pm 0,01\%$ хатока эришади. Шунга қарамасдан, қурилманинг қимматлиги ва эксплуатациядаги мураккаблиги сабабли улардан фақат миллий калибрлаш лабораторияларида фойдаланилади.

13.3. Фотодиодли қувват ўлчагичларининг иш тамойиллари, спектрал сезгирлиги ва термостабилизация

Фотодиодларнинг асосий устунлиги шундаки, улар даражаси 1 пВт (-90 дБ_к) камроқ бўлган модуляцияланган юқори частотали қувватни ўлчай олади,

аммо улардаги соҳа ўтказувчанлигининг тўлқин узунлигига сезиларли боғлиқлиги сабабли бир октавадан ошмайди. Шунга қарамасдан, бугунги кунда юқори сезгирлиги, кам инерционлиги ва фойдаланишнинг оддийлигига кўра фотодиод кенг тарқалган фотосезгир элементдир. Бу элементлар толали оптикада қўлланиладиган кўплаб ўлчаш воситаларида фойдаланилади. Уларни батафсил қараб чиқамиз. Фотодиоднинг функционал вазифасидан келиб чиққан ҳолда унинг сезгирлигига доир тушунчаларини келтирамиз. Фотодиод оптик нурланиш таъсирида фототок яратади, унинг қиймати фотонлар сонига, худди шунингдек оптик қувватга пропорционал бўлади. Фотодиоднинг сезгирлиги I фотоннинг P -оптик қувват бирлигига нисбати билан аниқланади.

$$\gamma = \frac{I}{P}, \quad (13.1)$$

Электр токи битта электрон e зарядига Δt вақт оралиғида тенг бўлгани учун

$$I = \frac{e}{\Delta t}, \quad (13.2)$$

оптик қувват эса айнан ўша Δt вақтда ёруғлик тўлқинининг ν частотасида кўйидагига тенг:

$$P = \frac{h\nu}{\Delta t} = \frac{hc}{\lambda\Delta t}, \quad (13.3)$$

γ сезгирлик η квант эффективлиги ҳисобга олинган ҳолда тўлқин узунлигига пропорционал бўлади

$$\gamma = \frac{e\lambda}{hc} \eta. \quad (13.4)$$

Бу ерда: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Ж} \cdot \text{сек.}$ – Планк доимийси;

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$ – ёруғлик тезлиги;

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К}$ – электрон заряди;

η – квант эффективлиги бўлиб, PINдиод учун 1га тенг;

λ – тўлқин узунлиги.

Оптик нурланиш қуввати майдон кучланганлиги $E(t)$ билан $P = |E(t)|^2$ тенглигини ҳисобга олиб, фотодиод токининг оний қиймати

$$i(t) = \Re |E(t)|^2. \quad (13.5)$$

ифода билан аниқланади.

Амалда эса фотодиодлар ушбу боғлиқликдан четланади, чунки:

- тўлқин узунлиги бўйича чегара мавжуд (тўлқиннинг юқори критик узунлиги) бўлиб, бу чегарасидан ташқарида фотон энергияси фойдаланиладиган яримўтказгичли материалнинг таъқиқланган энергетик зона энергиясидан пастроқ бўлиб қолади, бу эса сезгирликнинг кескин пасайишига олиб келади;

- қисқа тўлқин узунлигида айрим фотонлар фотодиоднинг i -области чегарасининг ташқарисида ютилади, бунинг оқибатида электрон тешик жуфтликлар сони камаяди;

- рекомбинация натижасида, яъни электронлар тешиклар билан бирлашиб электродларга етиб борганда сезгирликнинг пасайиши рўй беради;

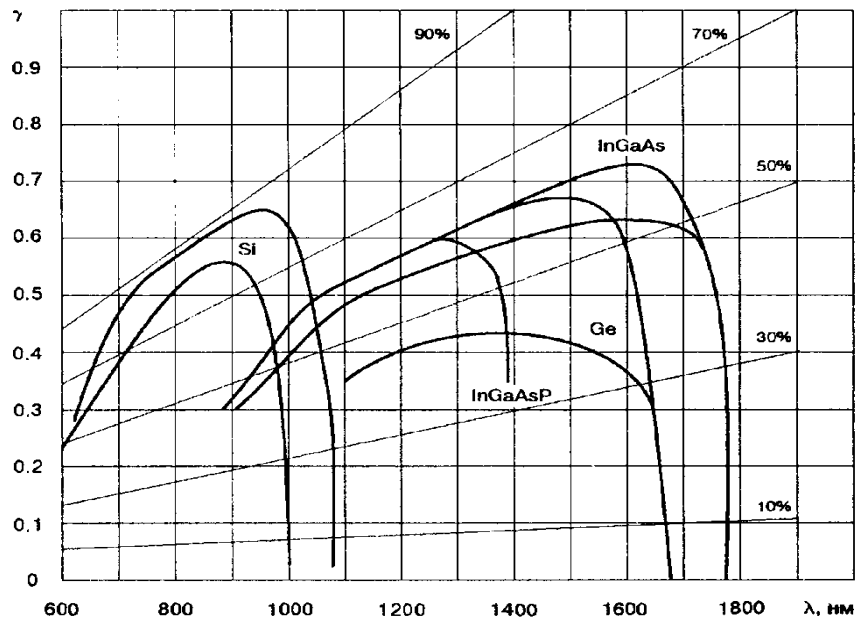
- фотодиоднинг сиртидан ёки ичидан ихтиёрий қайтишлар ҳам сезгирликни камайтиради.

Охирги омил жуда муҳимдир, чунки, оптик қувват ва киритилган йўқотишларни ўлчашда қайтишлар аҳамиятли хатоларни келтириб чиқариши мумкин.

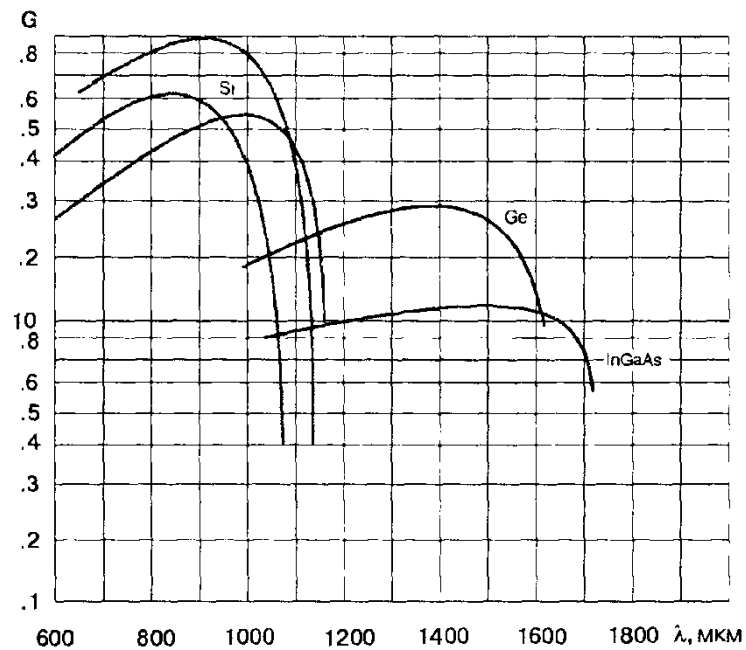
Фотодиоднинг спектрал сезгирлиги ва термостабилизация:

Фотодиодларнинг турли типлари учун сезгирликни ўлчашнинг нормаланган намунавий натижалари 13.1 ва 13.2-расмларда кўрсатилган. Улардан кўриниб

турибдики, 500 ва 1000 нм бўлган қисқа тўлқинли диапазонда кремнийли диодлар самаралироқ экан. Узун тўлқинли соҳада германийли ва InGaAs фотодиодлардан фойдаланиш мумкин. Германий бугунги кунда етарлича арзон бўлгани билан уни тўлқин узунлиги маълум бўлган тор спектрда қувватни ўлчаш учун тавсия қилиш мумкин. Бу 1550 нм бўлган тўлқин узунлигида муҳимдир, чунки бу соҳада германийли фотодиод 1% хатока, тўлқин узунлиги 1 нмга четланганда эга бўлади. Германийли фотодиодлардан фарқли ҳолда InGaAs фотодиодлари тўлқин узунлигига кам даражада боғлиқ. Айниқса 1550 яқинида бу толали-оптик кучайтиргичлар бўйича ўлчашларда жуда муҳимдир, чунки бу соҳа EDFA кучайтириш соҳасига мос келади (1525÷1570). InGaAs технологияси қиммат технологиядир. Германийли фотодиоднинг сезгирлиги кам даражада ҳароратга боғлиқдир. Яримўтказгичли структуранинг биржинсли эмаслигига боғлиқ ҳолда фотодиодларнинг сезгирлиги сиртининг турли нуқталарида ўзгариши мумкин, бу эса ўлчаш хатолигига олиб келади. Ўлчаш жараёнида тушувчи нур диаметри ва ҳолатининг ўзгариши назорат қилинмайди. Ушбу омил кўпмодли толадаги ўлчашларда таъсир кўрсатади. Кенг динамик диапазонда оптик қувватни ўлчашда ишончли натижаларга эришишнинг чегараланганлиги бўлиб ўлчагич ўзгартириш функциясининг ночизиклилигидир. Ушбу ночизиклилик фотодиоднинг ночизиклилиги ёки унинг электрон схемасининг ночизиклилиги келтириб чиқариши мумкин. Оптик қувват ўлчагичи ночизиклилигининг асосий кўринишлари 13.3-расмда келтирилган.



13.1-расм. PIN диод сезгирлигининг оптик нурланишнинг тўлқин узунлигига боғлиқлиги.



13.2-расм. APD диод сезгирлигининг оптик нурланишнинг тўлқин узунлигига боғлиқлиги.

Амалда, оптик қувватнинг олти ва декададан кўпроқ диапазоида фотодиодлар юқори чизиклилиги билан характерланади. Лекин ушбу постулатни учта омил бузиши мумкин. Уларни келтираимиз:

- қувватнинг паст даражаларидаги шовқин;
- ўрта даражалардаги ўтачизиклилик;
- қувватнинг юқори даражаларида фотодиоднинг тўйиниши.

Электрон схеманинг ночизиклилиги ўз навбатида фотодиод сигналин кучайтиришдаги ночизиклилик билан боғлиқдир. Масалан: қувватнинг паст даражаларидаги силжиш билан;

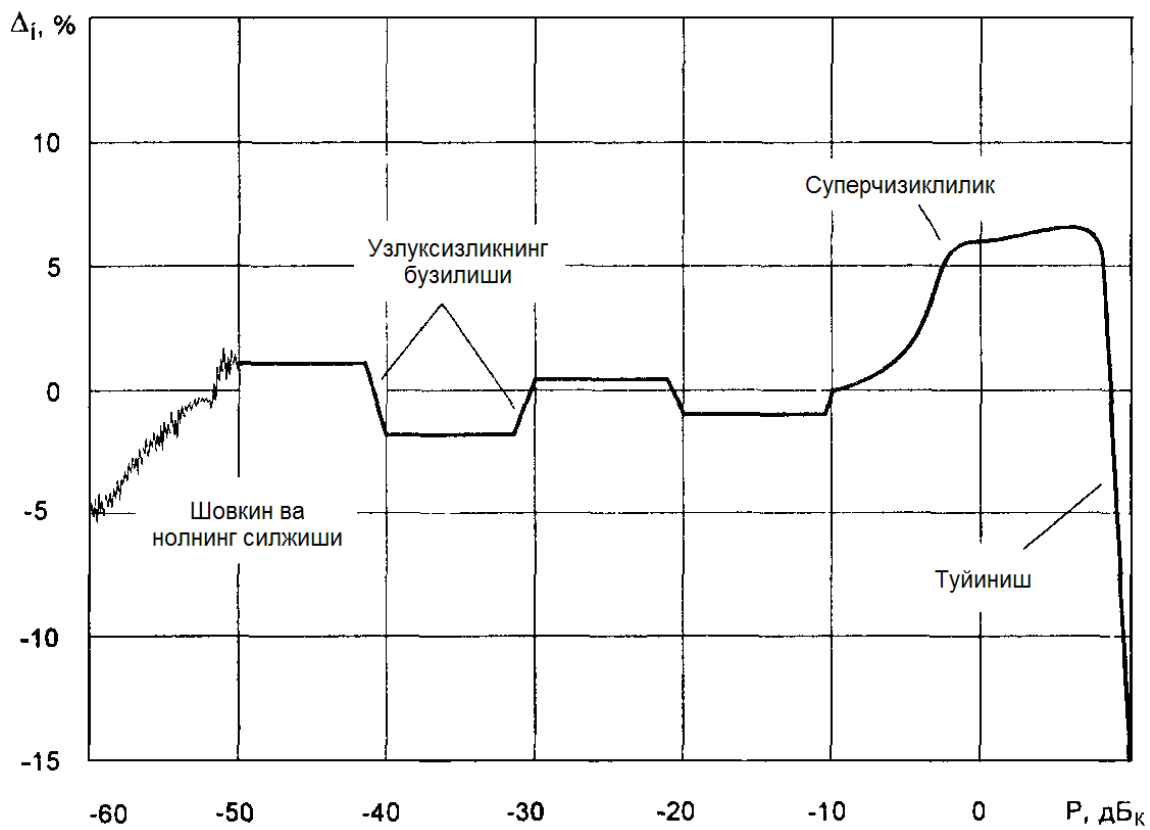
- қувватнинг юқори даражаларида кучайтиргичнинг тўйиниши билан;
- ўлчаш диапазонининг узлуксизлигининг (дискретлиги) бузилиши билан.

Умуман олганда, ўзгартириш характеристикасининг ночизиклилиги асосидаги ўлчаш хатолиги ночизиклилик хатолиги деб номланган ва берилган тўлқин узунлиги ва атроф-муҳит ҳароратида классик ифода билан аниқланади.

$$\Delta_n = \frac{\gamma(P) - \gamma(P_0)}{\gamma(P_0)}, \quad (13.6)$$

Бу ерда: $\gamma(P)$ ва $\gamma(P_0)$ – қувват ўлчагичининг ихтиёрий ва эталон (10 мкВт) даражаларидаги сезгирлиги.

Қувватнинг эталон даражасини танлаш ночизиклилик характеристикасига таъсир кўрсатади (таърифга кўра, ночизиклилик эталон сатҳда нолга тенг). Шу билан биргаликда киритилган йўқотишларни ўлчашда ушбу параметрни танлаш ўлчаш аниқлигига таъсир кўрсатмайди. Бунда, ночизиклилик таъсиридаги хато иккита релевант қувват даражалари орасидаги фарқ сифатида аниқланади.

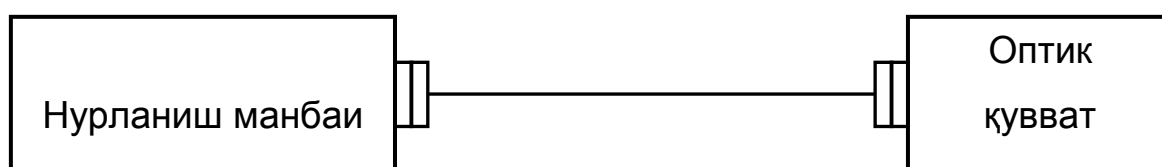


13.3-расм. Оптик қувват ўлчагичи
ночизиклилигининг асосий кўринишлари.

14. ОПТИК ҚУВВАТ ЎЛЧАГИЧНИ КАЛИБРЛАШ УСУЛЛАРИНИНГ ХАТОЛАРИНИ БАҲОЛАШ

14.1. Оптик қувват ўлчагичларини калибрлаш усулларининг хатоларини баҳолаш

Дастлаб абсолют қувватни ўлчашнинг қисқача тафсилотини келтирамиз. Абсолют қувватни ўлчаш схемаси 14.1-расмда келтирилган.



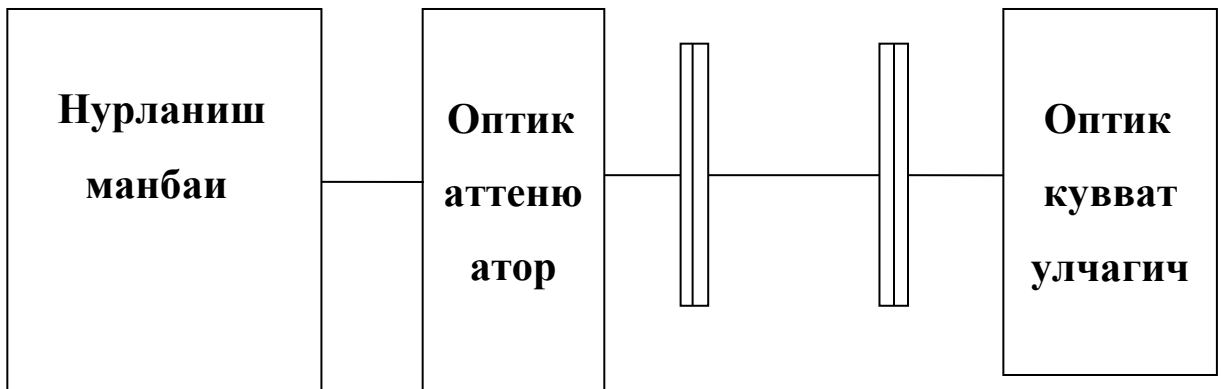
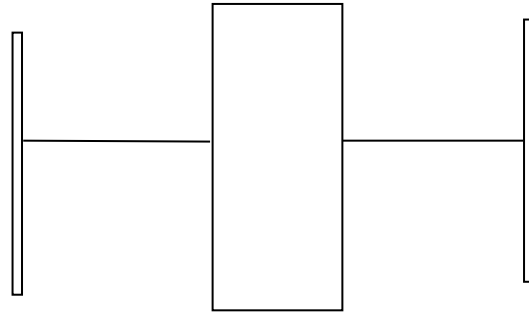
14.1-расм. Абсолют қувватни ўлчаш схемаси

Оптик қувватни ўлчаш процедураси оддий бўлиб, бунда нурланиш манбаи оптик қувват ўлчагичига уланади ва ўлчагичнинг кўрсаткичлари ёзиб олинади.

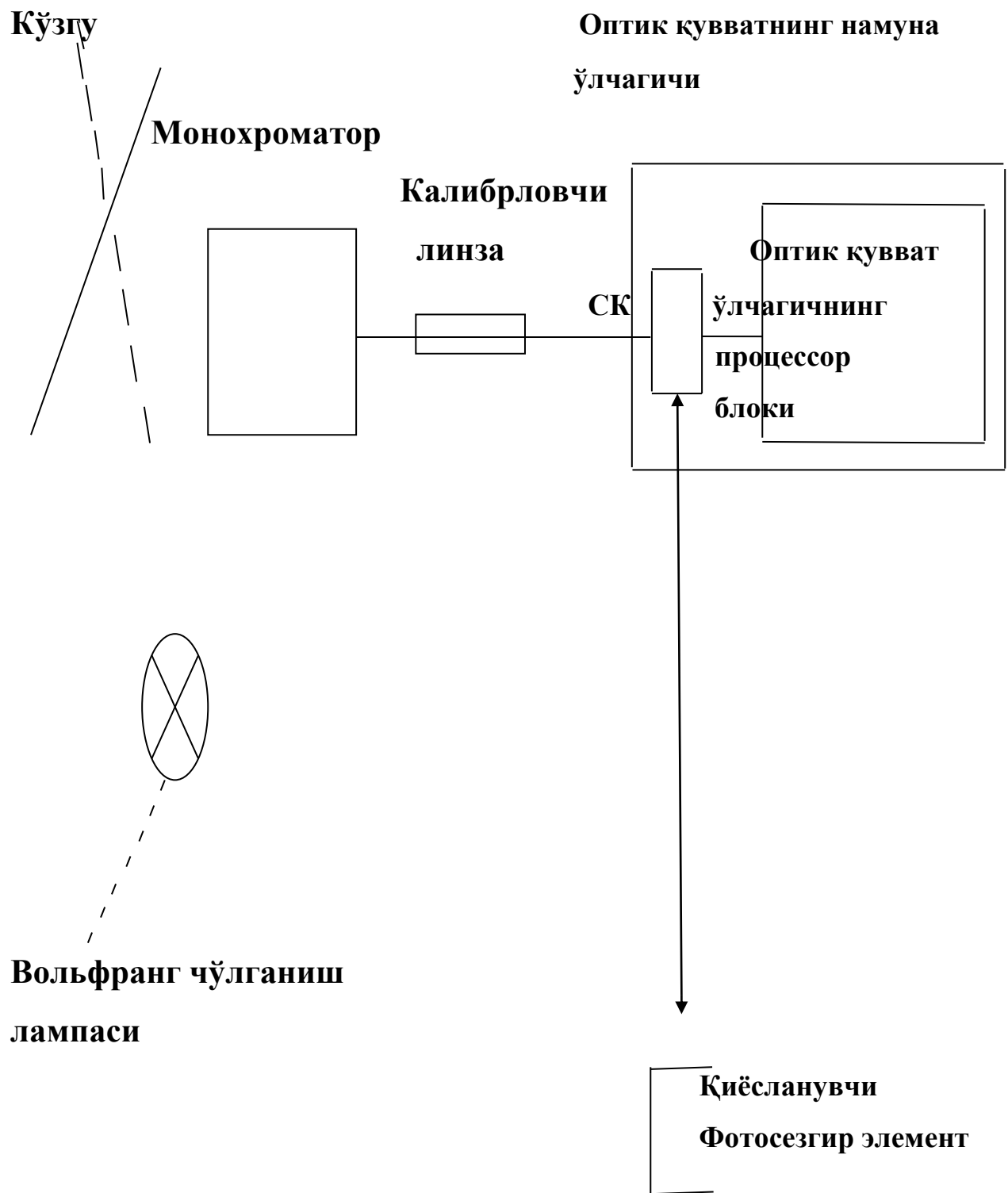
Оптик қувватни чегараланган нурланиш спектрида зарурати бўлганда оптик филтрдан фойдаланилади (14.2-расм). Ўлчашнинг бундай схемаси берилган тўлқин узунлиги диапазонидаги нурланишнинг спектрал қувватини ўлчаш имкониятини беради.

Абсолют қувватни аниқ ўлчашнинг зарурий омили бўлиб, калибрлаш ҳисобланади. Амалда қувватнинг барча ўлчагичлари тестланувчи ва намунавий қувват ўлчагичларига уларга бир вақтда ёки кетма-кет равишда нурланишнинг эталон манбаининг таъсири остида кўрсатишларини солиштириш йўли билан таққосланади. Тўлқин узунлигининг кенг диапазонида аниқ калибрлаш зарур бўлса, оқ ёруғликнинг галогенли манбаидан фойдаланилади.

Фильтр ёки линза



14.2-расм. Оптик фильтр билан ўлчаш схемаси



14.3-расм. Монохроматор воситалигида фотоқабуллагични калибровлаш схемаси

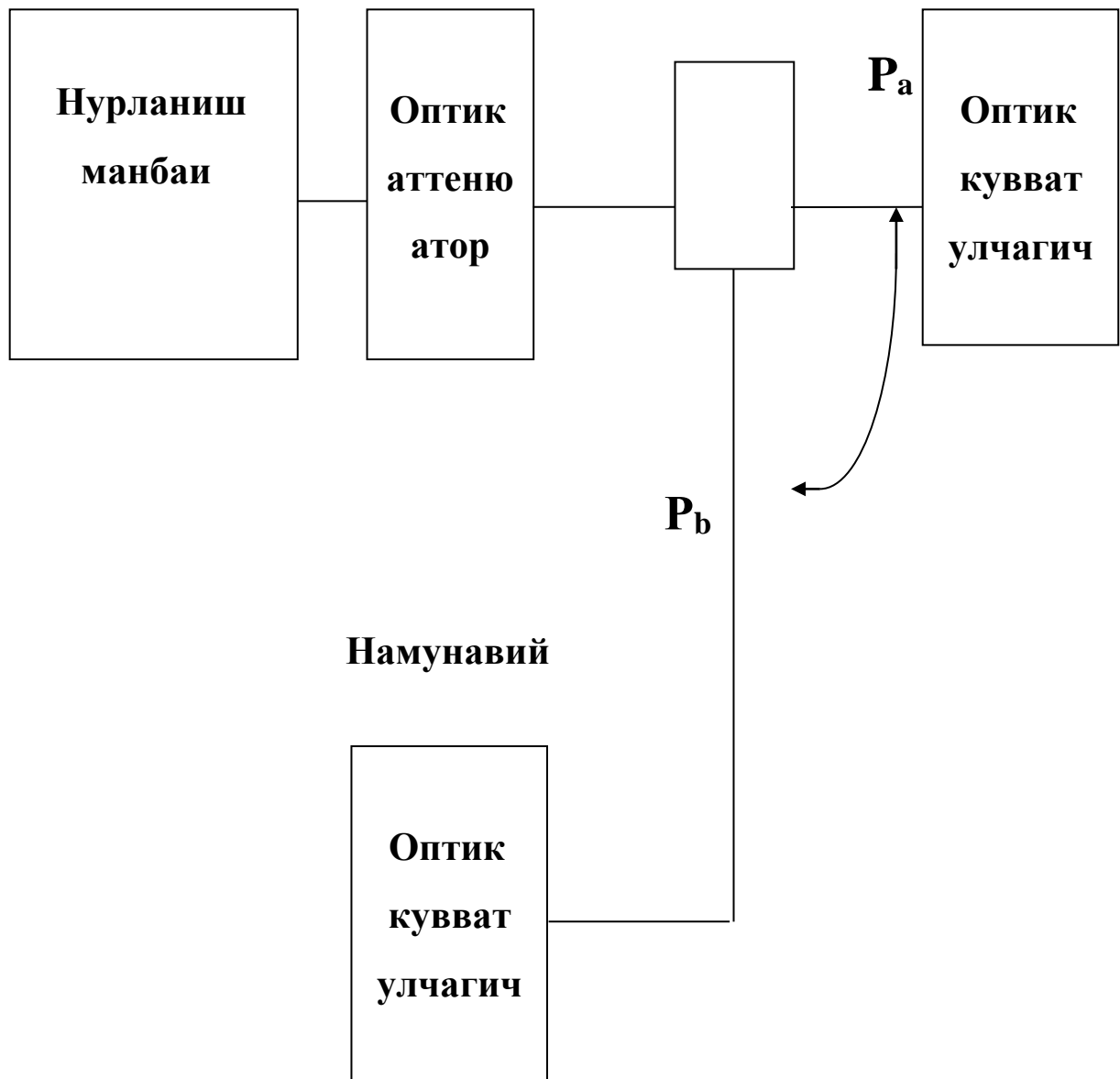
Бу манба нурланиш спектрининг монохроматори воситасида филтрланади (14.3-расм), намуна ўлчагичи сифатида термо ва фотодиодлардан фойдаланилади. Улар доимий равишда лабораторияларда калибрланиши керак. Бунда, қувват даражаси 10 мкВтга яқинроқ қилиб ўрнатилади, спектр кенглиги эса 5 нм дан ортмаслиги керак. Калибровканинг ушбу усули қиммат бўлгани ва эксплуатация ва техник хизматда мураккаб бўлгани учун 14.4-расмда калибрлашнинг бошқа амалий усули келтирилган. Ушбу усул намуна ўлчагичлари сифатида фойдаланилган махсус калибрланган оптик элемент ҳамда Фабри-Перонинг икки тўлқинли лазери нурланиш манбаи сифатида фойдаланилган.

Ушбу ҳолда 1400 ва 1550 нм берилган тўлқин узунликларни генерациялайди. Калибрлашнинг зарурий қувват даражаси аттенюатор ёрдамида ўрнатилади. Аттенюатор ундан ташқари нурланиш манбаининг оптик изоляциясини таъминлайди. Мониторингни амалга ошириш учун ҳамда оптик қувватни намуна ва калибрланувчи ўлчагичлар орасида тақсимлаш учун ушбу схемада оптик тармоқлагичдан фойдаланилади. Агар калибровка иккита тўлқин узунлигида етарли бўлмаса, масалан, абсолют қувватни бошқа тўлқинда ўлчаш зарурати бўлса, қайта созланувчан лазер манбаидан фойдаланиш мумкин. Ушбу ҳолда қайта созланувчан лазер энсиз линияси пайдо қиладиган оптик ҳалақитларнинг пайдо бўлмаслиги учун алоҳида эҳтиёткорлик керак.

Тармоқлагичнинг иккита шахобчасини намуна ва калибрланувчи қувват ўлчагичларига улашдан $K_{отв}$ бўлиш коэффициентини аниқлаш учун, тузатиш коэффициентини $\mathfrak{R}_{кор}$ ҳисоблаш учун фойдаланиш мумкин. P_i символ намуна қувват даражаларини белгилаш, $P^{(i)}$ символ эса калибровчи ўлчагичнинг кўрсатишларини белгилаш учун фойдаланилади.

$$k_{отв} = \frac{P_1}{kP^{(1)}} = k \frac{P^{(2)}}{P_2}, \quad (14.1)$$

Тармоклагич Калибрланувчи



14.4-расм. Икки тўлқинли лазерли манба бўйича сезгирликни калибрлаш схемаси.

$$k_{кор} = \sqrt{\frac{P_1 P_2}{P^{(1)} P^{(2)}}} \quad (14.2)$$

Берилган тенгламалар, бўлиш коэффициенти ва тузатиш коэффициентини қандай ҳисоблаш мумкинлигини кўрсатади. Бунда, манба қувватининг четланиши натижага таъсир кўрсатмайди. Тузатиш коэффициенти калибрланувчи ўлчагични коррекциялаш учун ҳамда калибрлаш натижаларини калибрлаш баённомасида келтириш учун фойдаланилиши мумкин.

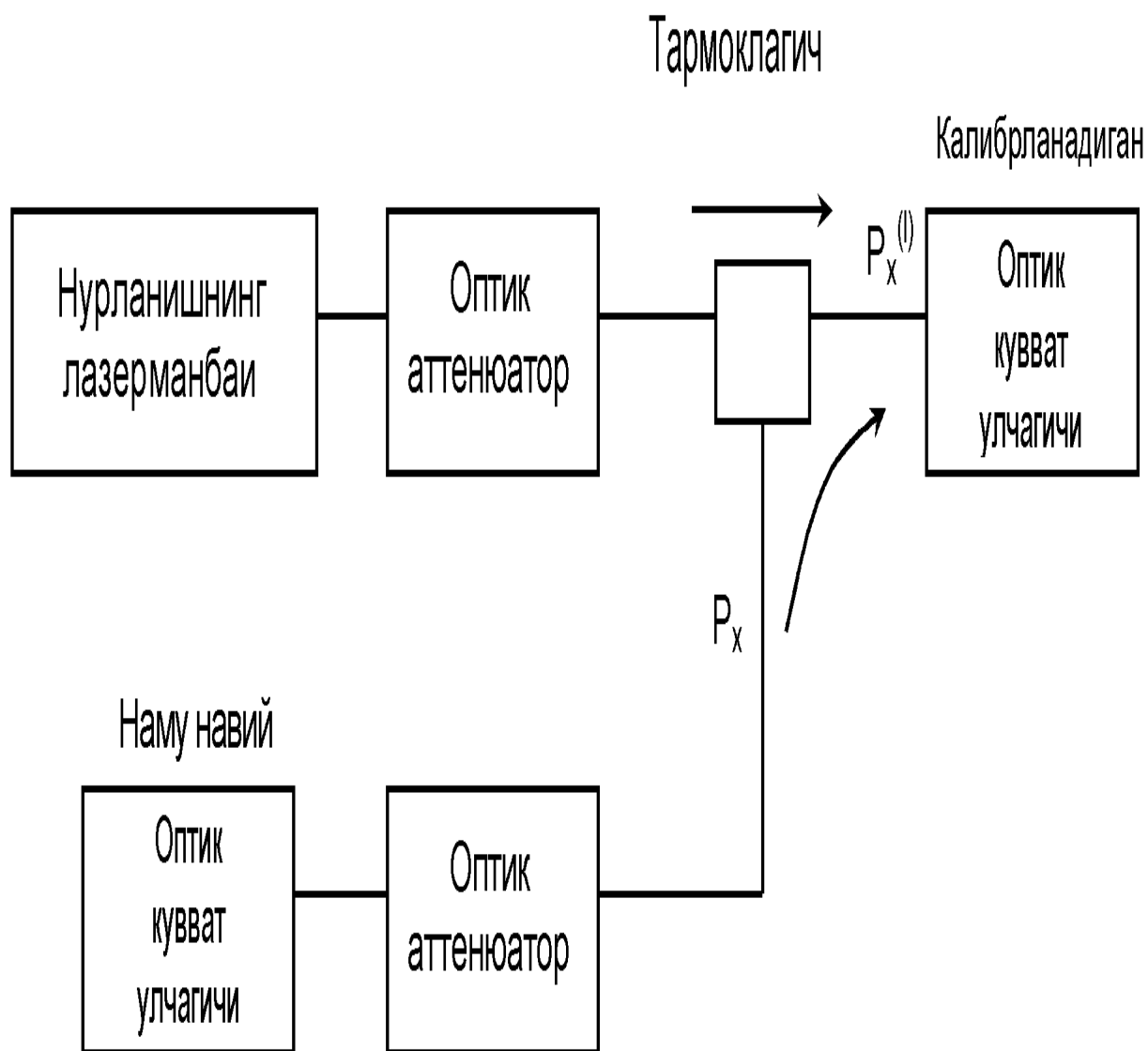
14.2. Оптик қувват ўлчагичнинг чизиқлилигини калибрлашни таққослаш ва суперпозиция усуллари

Оптик қувват ўлчагичнинг чизиқлилигини калибрлашни таққослаш ва суперпозиция усуллариининг таҳлилини келтираамиз.

Қувват ўлчагичнинг чизиқлилигини калибрлаш икки сабабга кўра зарурдир:

- биринчидан, абсолют қувватни қувватнинг барча диапазони бўйича калибрлаш учун;
- иккинчидан, йўқотишлар ва кучайтиришни юқори аниқлик билан ўлчаш учун, ушбу ҳолда, ўлчаш олти ва кўпроқ декададан ташкил топган диапазонни эгаллаши керак.

Чизиқлилиқ тўлқин узунлигига боғлиқ эмас, шунинг учун калибровкани фотодиоднинг спектрал сезувчанлиги соҳасида ўтказиш етарлидир. Маълумки, фотодиодлар шовқин даражасидан тахминан 1 мВтга тенг бўлган даражагача аъло чизиқлилиқни таъминлайди, шунинг учун, қувват ўлчагичининг ночизиқлилигини аниқлаш инструментнинг чизиқлилиги билан чегараланмайди, балки калибрлаш жараёнидаги созлаш билан чегараланади.

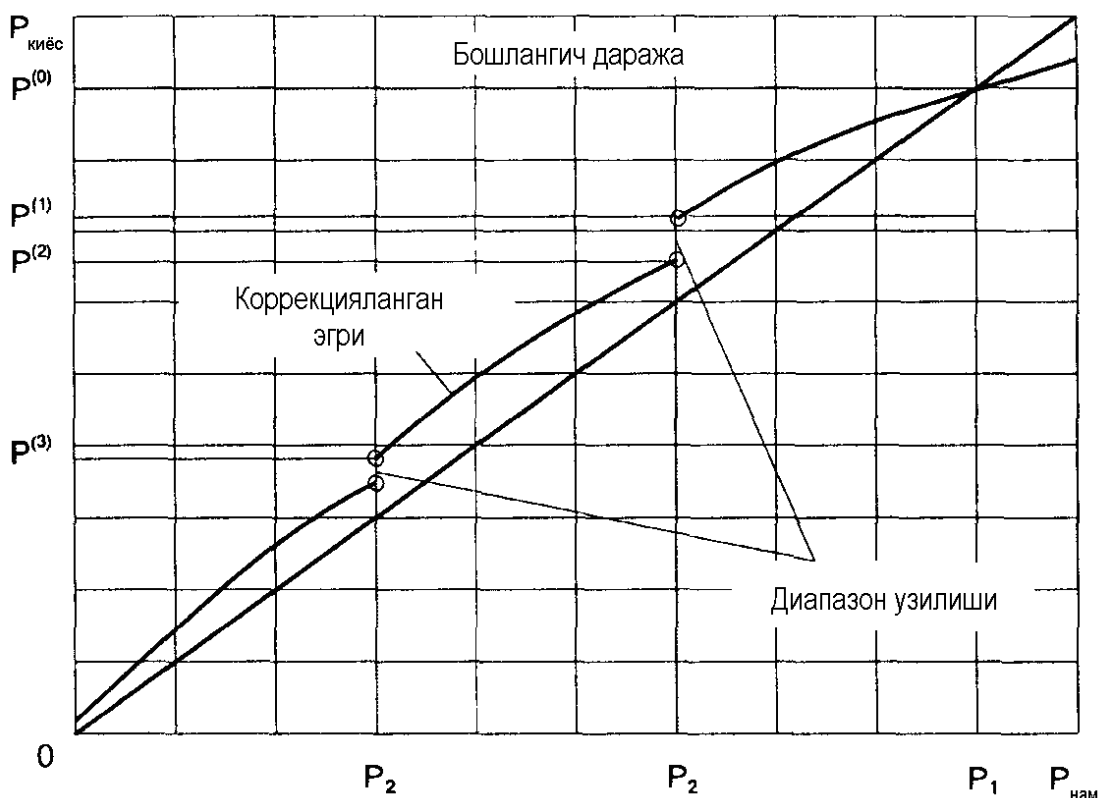


14.5-расм. Чизиқлилиқни таққослаш усулида калибрлаш схемалари

Қуйида калибрлашнинг икки усули тафсилоти келтирилган. Чизиқлилиқни калибрлашнинг энг оддий усули калибрланувчи ва намуна ўлчагичлари билан олинган ўлчаш натижаларини таққослаш орқали намуна нурланишни исталганча сусайтириш орқали амалга оширилади.

14.5-расмда чизиқлилиқни иккита аттенюатордан фойдаланиб калибрлаш схемаларидан бири келтирилган. Бу ерда биринчи аттенюатордан кувват даражасини сошлаш ва кувватни бўлиш учун фойдаланилади.

Иккинчи аттенюатордан ўлчаш диапазонини кенгайтириш учун фойдаланилади. Қувватнинг жуда кичик даражалари учун иккита ўлчагич ураниши мумкин, ушбу ҳолда иккинчи аттенюатордан қувватнинг паст даражаларини ҳосил қилиш учун фойдаланилади. Шуниси аҳамиятлики, сусайишнинг ихтиёрий иккита ўлчанган нуқтаси орасидаги фарқланиш ўлчагичнинг нозизиқлилигини билдиради ва бу чизиқлилиқ халқаро стандартларга мувофиқ ҳолда, йўқотишларни ўлчаш хатолигига мос келади.



14.6-расм. Чизиқлилиқни калибрлашдаги қувват даражалари

$$\Delta_n = \frac{A_m - A}{A} = \frac{P_x^{(i)} / P_x^{(0)}}{P_x / P_0} - 1, \quad (14.3)$$

бу ерда: A ва A_m – қувватнинг ҳақиқий ва ўлчанган қиймати,

$P_x^{(i)} / P_x^{(0)}$ – калибрланувчи ўлчагичнинг экранда тасвирланган қувват нисбати,

P_x / P_0 – қувватнинг ҳақиқий нисбати (намуна ўлчагичнинг кўрсатиши).

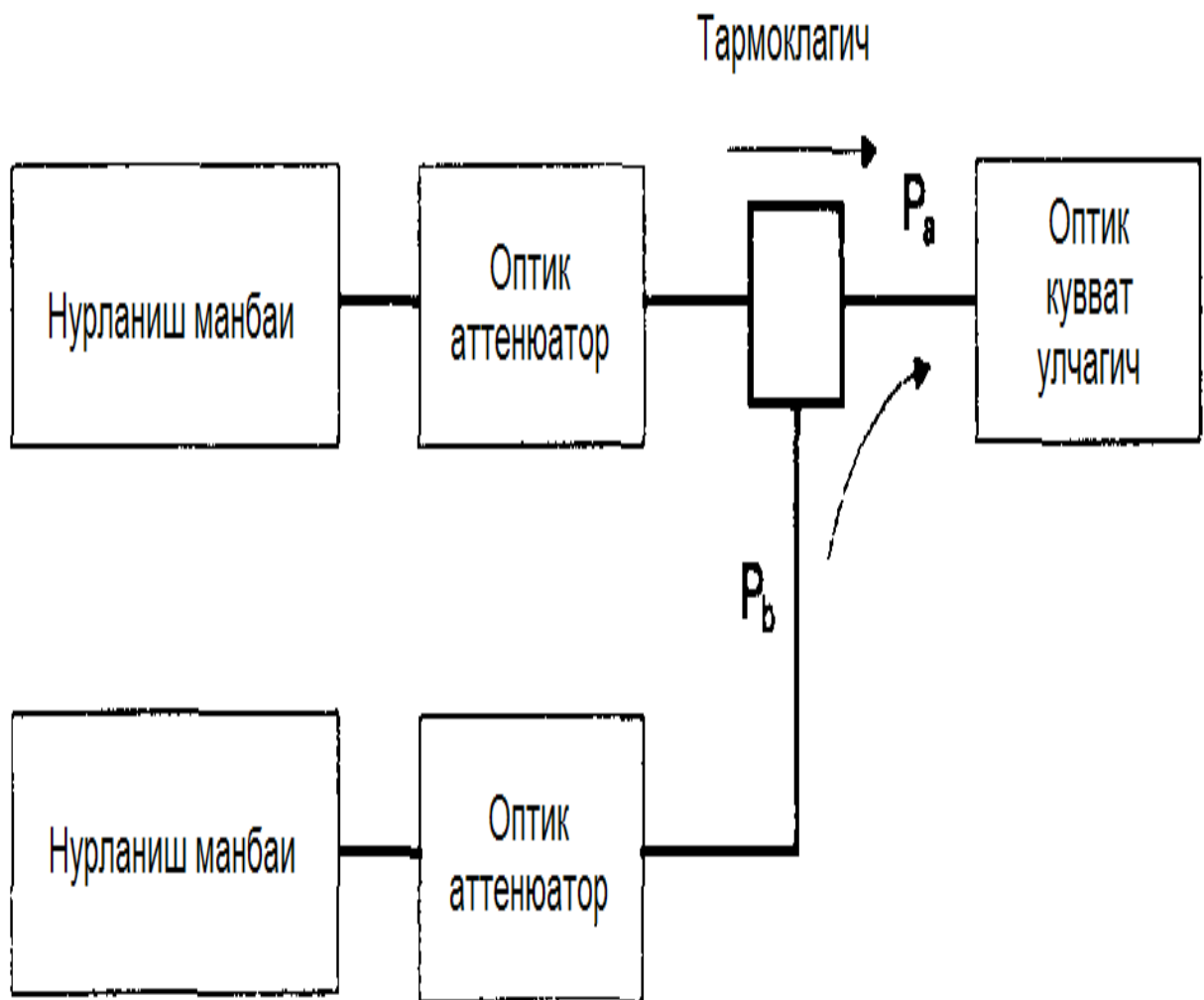
Чизиқлилиқни калибрлашнинг суперпозиция усули ҳам мавжуд бўлиб, қуйидаги тафсилотга эга. Чизиқлилиқни калибрлашнинг муқобил усули қувватни суперпозициялаш тамойилига асосланади. Уни ўзини-ўзи калибрлаш усули деб ҳам тушуниш мумкин. Ушбу усул намуна ўлчагични талаб қилмайди. Шунинг учун, миллий стандартга мувофиқ ҳолда ўлчашлар бирлиги мажбурий талаб эмас. 14.7-расмда суперпозиция усулида чизиқлилиқни калибрлаш схемаси келтирилган. Ушбу усул иккита аттенюатордан фойдаланишга асосланган. Бунда, калибрланадиган қувват ўлчагичига таъсир этувчи иккита оптик нур қувватлари тенг $P_A \approx P_B$ бўлади.

Ҳар бир аттенюатор алмашлаб улагич билан таъминланган. Ўлчаш жараёнида дастлаб иккита аттенюатордан бирининг алмашлаб улагичи ёпиқ ҳолатда бўлади. Кейин, бир вақтнинг ўзида иккала алмашлаб улагичнинг очилиши билан иккита нурнинг бирлашиши рўй беради. Натижада, калибрланувчи асбобнинг кўрсатиши, иккита олдинги кўрсатишлар йиғиндисига тенг бўлиши керак.

$$P_i = P_{A,i-1} + P_{B,i-1} \approx 2P_{A,i-1}. \quad (14.4)$$

$$\Delta_i = \frac{P_i}{P_{A,i-1} + P_{B,i-1}} - 1. \quad (14.5)$$

Кейинги цикл ҳар бир аттенюаторда қувватнинг алоҳида шаклланиши билан бошланади ва уларни бирлаштиргунча давом этади. Эталон сифатида ўлчанадиган қувват даражаси фойдаланилишини ҳисобга олиб (14.5) натижани худди олдинги усулга ўхшаб хусусий ночизиқлилиқ сифатида, сусайишнинг барча оралиқ қийматлари учун аниқланади.



14.7-расм. Суперпозиция усулида чизиклиликни калибрлаш схемаси

Якуний босқичда умумий ночизиклилик ҳисобланади. Натижада эталондан паст бўлган қувват даражалари учун умумий ночизиклилик ифодадан аниқланади:

$$\Delta_0(P_n) = -\sum_{i=-1}^n \Delta_i, \quad (14.6)$$

бу ерда: $n=-1, -2, \dots$ эталон нуқтадан паст бўлган даражани кўрсатади,
 $\Delta_i - i$ стадия учун хусусий ночизиклилик

Эталондан юқори бўлган қувват даражалари (14.7) ифода билан аниқланади.

$$\Delta_0(P_j) = -\sum_{i=0}^{n-1} \Delta_i, \quad (14.7)$$

Якуний натижа бўлиб, нозизиқлилиқ характеристикаларининг кириш қуввати учун бутун диапазон бўйича кадам 3 дБга тенг бўлган бирлашмаси ҳисобланади (қувват ўлчашининг ҳар бир қадами бўйича икки маротаба ортади).

Оптик қувват ўлчагичларини калибрлаш хатоларини баҳолаш:

Калибрлаш усулларининг хатоларини баҳолашдан олдин абсолют қувватни ўлчаш хатоларини баҳолаймиз. Абсолют қувватни ўлчашининг умумий хатолигининг ўртаквадратик қийматини аниқлаш учун қуйидаги ташкил этувчилар ҳисобга олиниши керак:

– тасодифий хато бўлиб, бу хато нурланиш манбаининг нобарқарорлиги оқибатида ёки ташқаридан қайтган нурнинг таъсирида пайдо бўлади. Шунинг учун хатонинг ушбу ташкил этувчиси ўлчаш схемасининг конкрет амалга оширилиши билан аниқланади ва 0,1% атрофида тебранади.

– мунтазам хато бўлиб, қувват ўлчагичининг калибровкаси билан аниқланади. Абсолют хато $\pm 2\%$ ни ташкил этади. Агар ўлчашининг реал шароитлари берилган шартларга мос тушса, у ҳолда хатолар таҳлилини яқунлаш мумкин бўлади.

Эксплуатацияда бўлган оптик қувват ўлчагичларининг метрологик таъминотини амалга ошириш учун қиёслашлар тенг вақт оралиқларида даврий равишда такрорланиб турилиши керак. Калибрланувчи ўлчагичнинг хатолигини аниқлаш учун калибрлашнинг ҳар бир босқичи учун ўлчаш воситалари билан таъминланганлиги, қувват даражалари, тўлқин узунлиги, нурнинг диаметри ва калибрлашнинг бошқа шартларини билиш зарур. Фақат шундагина ҳар бир даража учун хатони ҳисоблаш мумкин.

Калибровканинг қатор босқичларига мос ҳолда қуйидаги хатолар кузатилади:

- намуна ўлчагичнинг хатолиги бўлиб, бу хато қувватнинг стандарт ўлчагичини калибрлашнинг маълум шароитларида аниқланади;

- намуна ўлчагичнинг хатолиги бўлиб, унинг калибрланиши ва эксплуатацияси шароитлари турличалиги оқибатида ўлчаш натижаларининг ўзгариши. Ушбу хато ўрта квадратик хато сифатида аниқланиши керак ва бунда қуйидаги омиллар ҳисобга олинади: стандартнинг амал қилиш муддати, тўлқин узунлигининг ўзгариши, ҳароратлар, қайтиш шароитлари, қувват даражалари (ночизиклиликлар), нурнинг геометрияси ва манба спектрининг кенглиги;

- калибрланувчи ўлчагичнинг хатолиги билан, бу хато калибрлаш шартининг йўл қўйилиши жоизлиги билан ва тўлқин узунликларининг қийматлари, ҳарорат, қайтариш шартлари, қувват даражаси, нур геометрияси, спектр кенглиги ва нурланиш манбаининг қутбланиш ҳолати, берилган параметрларнинг жоизлик майдони асосида аниқланади.

- тасодифий хато билан. Ушбу хато кузатиш коэффициентининг бир хил инструментлардан фойдаланиб кетма-кет ўлчашлар натижасида ўзгариши натижасида пайдо бўлади.

Бунда эксплуатация шартларининг ўзгариши натижасида пайдо бўлган хато хатонинг ўрта квадратик қиймати билан ҳисобланиши мумкин. Ўлчашлар бирлигини таъминлаш занжирида, масалан учта юқори синф приборларида калибровка учта босқичли бўлиши керак. Ундан кейин учта рекурсив хатолар ҳисобланиши керак. Ушбу асосда ўтказилган қувват ўлчагичларини калибрлаш хатолари $\pm 2\%$ ни ташкил этади. Маълумки, калибрлаш жараёни ноцизиклиликлнинг минимал хатолигини таъминлаши керак, ундан ташқари ноцизиклиликл характеристикаси тушунчаси яхши тушунилиши зарур. Бунинг учун дастлаб ўлчашларнинг мунтазам ва тасодифий хатоларини қараб чиқамиз.

Мунтазам хатолар, ўлчашларнинг такрорланувчи хатолари бўлиб, уларнинг ёрқин вакили бўлиб намуна ўлчагичнинг нозизиқлиги ҳисобланади ва у ўзини калибрлаш технологияси асосида калибрланади.

Чизиқлиликни калибрлашда тасодифий хатолар ҳам мавжуд бўлади. Ушбу хатоларни аниқлашнинг иккита имконияти бор: ушбу турдаги хатоларнинг ташкил этувчиларини аниқлаш ва иккинчиси хатоларни ташкил этувчиларини танлаш асосида аниқлаш мумкин:

- манба барқарорлигининг тасодифий хатолиги;
- оптик ҳалақитлар (қувват флукуацияси) юзага келтирган тасодифий хатолар. Ушбу хатолар юқори қайтарувчанлик таъсирида намоён бўлади.

Калибровкада барча кабеллар маҳкамланиши керак. Бу эса кутбланишнинг барқарор ҳолатини ва қувватли ўлчаш натижаларини барқарорлайди. Маълумки, тасодифий хатоларни камайтириш усули бўлиб ўртачалаш ҳисобланади. Умумий хато деб номланган хато тури мавжуддир. Ушбу хатонинг қийматларига эга бўлиш учун, дастлаб сусайишнинг барча даражалари учун хатоларни барча ташкил этувчиларининг (мунтазам ва тасодифий) ўрта квадратик қиймати кўринишидаги хатолигини аниқлаш тавсия этилади, кейин умумий хато (14.8) ифодага мос ҳолда аниқланади:

$$\Delta = \pm 2\sigma_i \sqrt{i}, \quad (14.8)$$

бу ерда σ_i ва i – сусайишнинг битта босқичи учун ягона хато ва ушбу босқичдан эталон даражага нисбатан ўлчаш босқичи бошланади.

Калибрлашнинг ушбу турида камчилик бўлиб чизиқлилик стандартининг зарурлиги ҳисобланади. Ундан ташқари ҳар бир алоҳида босқич намуна ўлчагичнинг хатолигини ўз ичига олиши сабабли хато кам ҳолларда сусайишнинг 10 дБ одими учун $\pm 0,1\%$ ни ташкил этади. Ушбу муаммони бартараф этиш учун оптик қувват ўлчагичларини қиёслашда фойдаланиладиган суперпозиция усулидан фойдаланиш мумкин.

Қуйида таққослаш ва суперпозиция усуллари билан калибрлаш хатоларининг фарқланишининг таҳлилини келтирамиз. Дастлаб мунтазам хатоларни баҳолаймиз. Суперпозиция усулининг афзаллиги шундаки, унда чизиқлиликнинг намуна элементи йўқ ва шунга кўра улар юзага келтирадиган хатолар ҳам йўқ. Шунинг учун унча катта бўлмаган мунтазам хато қайтариш сабабида намоён бўлади, бунда асосий қайтишни кабел охири пайдо қилади. Ушбу қайтиш оптик қувват ўлчагичига таъсир қилади. Ўлчагич $R_a=3,5\%$ бўлган 14,7 дБга эквивалент бўлган қайтариш коэффициентига эга. Агар қайтган тўлқин ўз йўлида манбага қайтиб тушса, қайтариш коэффициенти R_b бўлган қайтишнинг иккинчи нуқтасига тушади, у ҳолда, қувват даражаси P_Σ ортади.

$$P_\Sigma = (1 + R_a R_b) P_i. \quad (14.9)$$

Ушбу масала оптик алмашлаб улагичларни активлаштирилганда ҳам унча таъсирли бўлмайди, агар иккинчи қайтиш коэффициенти кичик доимий қийматга (масалан, -40 дБга) эквивалент бўлган $R_b \leq 10^{-4}$ бўлса.

Ушбу усулнинг тасодифий хатолари таққослаш усулидан фойдалангандаги каби бўлади. Умумий хато қуйидагича баҳоланади. Бунинг учун дастлаб 3 дБ сусайиш учун стандарт хато ҳисобланади, бунда барча мувофиқ келадиган хусусий хатолар (мунтазам ва тасодифий)нинг ўрта квадратик қийматидан стандарт четланиш шаклида фойдаланилади. У ҳолда умумий хато қуйидагига тенг бўлади:

$$\Delta \Sigma = \pm 2 \sigma_{3\text{дБ}} \sqrt{n}, \quad (14.10)$$

бу ерда: $\sigma_{3\text{дБ}}$ – биргина 3дБ босқич учун стандарт хато;

n – эталон даражага нисбатан ҳисобланадиган 3 дБли босқичлар сони.

Бугунги кунда суперпозиция усулидан фойдаланиш натижасида чизиқлиликни калибрлаш хатолари $\leq 0,1\%$ ни 10 дБли қувват диапазонини ташкил қилади.

15. ТОЛАЛИ ОПТИК УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИДАГИ ХАТОЛАР ТАҲЛИЛИ

15.1. Толали оптик узатиш тизимларидаги хатолар таҳлили

Рақамли узатиш тизимларидаги халақитлар сигнал/шовқин нисбатининг ёмонлашувига олиб келади. Хусусан, бундай халақитларга линиядаги сўнишлар, символлараро халақитлар, тизимнинг эскириши ҳисобига шовқин даражасининг ортиши, тизим тактли частотасининг нобарқарорлиги, ўтувчан ва импульсли халақитлар, ташқи электромагнит майдонлар, вибрация ва зарбалар ҳисобига контактларнинг механик шикастланиши натижасида пайдо бўладиган халақитларни келтириш мумкин. Линия бўйлаб йиғиладиган халақитларни бартараф қилиш учун ҳар бир регенерацион участкада узатиладиган сигнал шакли тикланади. Халақитлар битларнинг хато қабул қилинишига олиб келади. Ҳозирги вақтда рақамли узатиш тизимларининг сифатини хато ва блокли хатоларни ўлчаш муҳим долзарблик касб этмоқда.

Рақамли узатишнинг аналогли узатишга нисбатан асосий устунлиги линия бўйлаб халақитларнинг йиғилмаслигидир. Бунга ҳар бир регенерацион участкада узатиладиган сигнал шаклини тиклаш ҳисобига эришилади. Участка узунлигига боғлиқ бўлган барча факторларни ички ва ташқи факторларга бўлиш мумкин. Асосий ички факторлардан бири бўлиб линиядаги сўнишлар, символлараро халақитлар, тизим тактли частотасининг нобарқарорлиги, кечиктиришнинг вариацияси, тизим эскириши ҳисобига шовқин даражасининг ортиши ҳисобланади.

Аҳамиятли бўлган ташқи факторларга одатда, ўтувчан ва импульсли халақитлар, ташқи электромагнит таъсирлар, вибрация ва зарбалар ҳисобига контактларнинг механик шикастланиши, ҳароратнинг кескин ўзгариши таъсирида узатувчи муҳит хоссаларининг ёмонлашувини киритиш мумкин. Юқоридагиларнинг барчаси одатда рақамли узатишнинг хато

параметрларига энг сезувчан бўлган сигнал/шовқин нисбатининг ёмонлашувиغا олиб келади. Ҳақиқатан ҳам, ушбу нисбат катталигининг 1дБ га пасайиши рақамли тизимларнинг умумлашган параметри бўлган сифатнинг яъни, битли хатолар коэффициентини камида бир тартибга ортишига олиб келади. Қоидага кўра, BER – сонлар нисбатини ифодалаб хато қабул қилинган битларни қабул қилинган битларнинг умумий сонига нисбатини ифодалайди. Унинг катталиги статистик жиҳатдан хатолар коэффициентининг ўрта қиймати атрофида вақтнинг давомли оралиғида тебраниб туради. Бевосита ўлчанган хато коэффициентини ва узоқ муддатли ўрта қиймати орасидаги фарқ назорат қилинувчи битлар сони ва ўлчаш давомийлигига боғлиқ. Вақт базаси иккита асосланиш ёрдамида шаклланади. Биринчи усулга мувофиқ қабул қилиш охирида кузатилаётган битларнинг қайд қилинган сони берилади ва мос келувчи хатоли битлар сони қайд қилинади.

Масалан, хато қабул қилинган битлар сони 20 га тенг бўлиб чиқса, қабул қилинаётган битларнинг берилган умумий сони – 106 бўлса, у ҳолда хато коэффициенти $20/106 = 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-5}$ бўлади.

Бундай ёндошувнинг афзаллиги бўлиб, ўлчашнинг аниқ маълум бўлган вақти, камчилиги бўлиб эса, кичик сонли хатоларда ўлчаш ишончилиги юқори бўлмаслиги ҳисобланади.

Иккинчи усулга мос ҳолда, ўлчаш вақти берилган хатолар сони билан аниқланади. Ўлчаш, масалан, 100 хатолик қайд қилгунга қадар давом эттирилади. Кейин, битларнинг мос сони асосида хато коэффициенти ҳисобланади. Ушбу усулнинг камчилиги бўлиб ўлчаш вақтининг номаълумлиги ҳисобланади, хатонинг кичик коэффициентларида ўлчаш вақти жуда катта бўлиб қолиши ва ундан ташқари маълумотларнинг бит ҳисоблагичи тўлиб қолиши ва бунинг натижасида ўлчашлар тўхтатилиши мумкин. Шунга кўра, ушбу усулдан кам ҳолларда фойдаланилади.

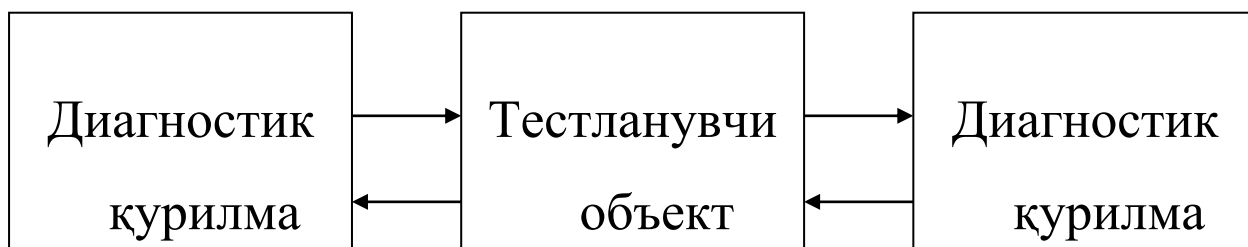
Рақамли сигналдаги хато канал демодулятори киришидаги АИМ сигнал катталигининг тез ўзгаришига олиб келади, бунинг натижасида

абонент ИКМ канали чиқишида ёқимсиз товушни эшитади, бундай эшитиладиган ёқимсиз товушлар фақат кодли гуруҳнинг символлар вазни бўйича кўпроқ бўлган биринчи иккитасидаги хатолар эвазига пайдо бўлиши экспериментал аниқланган бўлиб АИМ сигнал ўзгаришига (мусбат ёки манфий) мувофиқ келади.

Агар ҳар бир каналда бир минутда биттадан ортиқ бўлмаган чирсиллаш кузатилса, ушбу ҳолда алоқа сифати қониқарли ҳисобланади. Дискретизация частотаси 8 кгц га тенг бўлганда канал орқали $8000 \times 60 = 480000$ кодли гуруҳ узатилиши назарда тутилса, чирсиллашлар бўйича 960000 катта разрядлар хавfli ҳисобланади. Агар, хато эҳтимоллиги код гуруҳининг ихтиёрий разряди учун бир хил бўлса ва бир минутда битта чисирлашга йўл қўйилган бўлса, линия трактидаги хато эҳтимоллиги $1/960000 = 10^{-6}$ дан ортиқ бўлмаслиги керак.

Маълумотларни узатиш ҳисобга олинган ҳолда ва унинг узатиш хатолигига ўта сезгирлигига кўра, узунлиги 275000 км бўлган халқаро эталон уланишда BER катталиги 10^{-7} дан ортмаслиги керак. Хатоларни иккита асосий усул билан аниқлаш мумкин.

Биринчидан, алоқа линиясини қабуллаш ва созлаш вақтида нуқсонлар қидирилганда ва таъмирлашда ўлчашлар алоқани узиб бажарилади, ушбу ўлчашлар учта уланиш схемаси асосида амалга оширилади (15.1-расм): нуқта-нуқта, тлейор ва транзит.

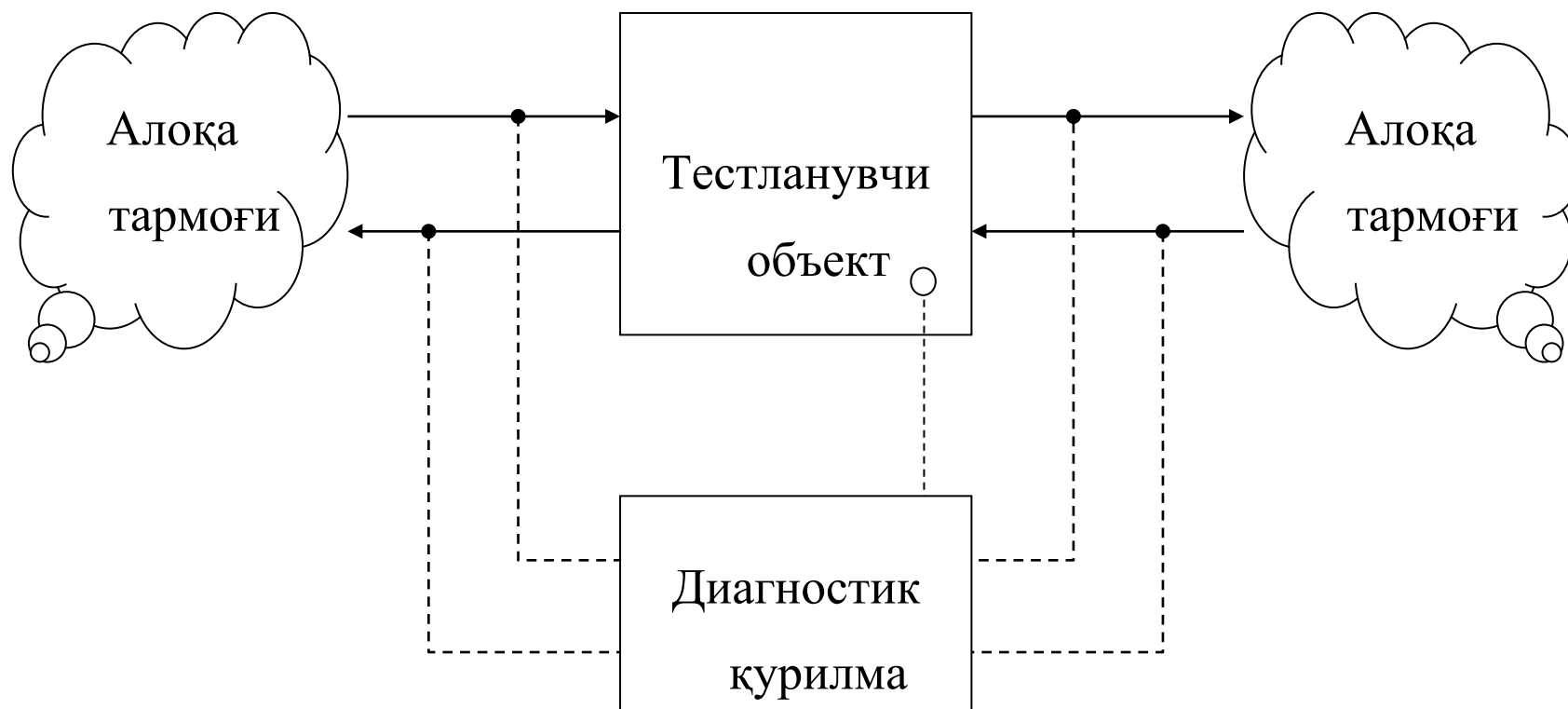


15.1- расм. Алоқани узиб ўлчаш

Иккинчидан, тармоқни мониторинги ва унинг ҳолати сифатли баҳолаш, нуқсонларни аниқлаш ва бартараф қилиш учун алоқани узмасдан ўлчашдан фойдаланилади (15.2-расм). BER – ни алоқани узмасдан ўлчаш рақамли сигналнинг структурасини аниқ билишни талаб этади. Цикл таркибидаги бундай сигнал, масалан, E1 – рақамли бирламчи сигнал бўлиб цикли синхросигнал ҳисобланади, ушбу сигнал E1-сигналнинг нолинчи канал интервали (КИ) да 7 битни эгаллайди.

Цикли сигнал E1-сигналнинг ҳар бир иккинчи циклида узатилади, бунда, E1-нинг ҳар бир цикли 32 КИ-канал интервалига эга, шунга кўра, $32 \times 8 = 256$ бит. Шундай қилиб, E1-сигналдаги циклик синхросигналнинг нисбий улуши $7/(256 \times 2) < 1,4 \%$ ни ташкил қилади.

Шунинг учун BER–ни цикли синхросигнал ёрдамида баҳолашнинг ишончлилиги жуда ҳам паст.



15.2- расм. Алоқани узмасдан ўлчаш.

Рақамли узатишнинг сифатини баҳолашнинг яна бир маълум бўлган усули код хатолигини аниқлашга асосланган. Ушбу усулдан T-1/E-1 рақамли трактда фойдаланилади. Лекин, хато ўлчагичдан фойдаланиб бит хатолиги коэффициентининг асл қийматини аниқлаб бўлмайди. Код хатолигини ўлчаш натижалари ва хато битлар бўйича таққослаб оддий ўлчаш натижалари айниқса, хато коэффициентлари 10^{-3} бўлганда сезиларли бўлади. Ундан ташқари, кодлаш қодалари кўпинча бир нечта хато битдан кейин турган бир нечта битга ҳам таалуқли бўлади. Бунинг натижасида сигналнинг ушлаб турилишига боғлиқ бўлган силжиш ва хато, катта хато коэффициентларида хатолар тақсимотини аниқ таҳлил қилишга йўл қўймайди.

Шундай қилиб, BER ни амалий баҳолаш алоқани узилишли режимда ва эталон синаш сигналларини узатишдаги ўлчаш орқали амалга оширилиши мумкин. BER ни ўлчашда синов сигнали имкон даражасида реал сигнални имитация қилиши, яъни, тасодифий характерга эга бўлиши керак. Бундай синов сигнали сифатида, одатда, ҳақиқий ахборотли сигналга яқин бўлган берилган структурали битларнинг псевдотасодифий кетма-кетлигидан фойдаланилади. Бундай кетма-кетликлар тескари алоқали силжитувчи тактланувчи регистрлар билан шакллантирилади.

Рақамли синов сигнали одатда, узатиладиган ахборотли сигнални алмаштиради ва хато ўлчагичи билан қабул охирида баҳоланади.

Шундай қилиб, нормал эксплуатация шароитида BER – усули асосида рақамли узатиш хатолигининг узлуксиз мониторингини алоқани узмасдан амалга ошириш амалий жиҳатдан мумкин эмас.

Ҳозирги вақтда рақамли узатиш тизимларининг сифатини баҳолаш учун эксплуатация шароитларида блокли хатоларни ўлчаш усули қўлланилмоқда. Ушбу усулнинг асосий афзаллиги шундаки, усул ахборотли сигналнинг ўзидан фойдаланишга асосланган бўлиб ва алоқани узмасдан бажарилади. Блокли хатоларни ўлчашнинг барча усуллари ахборотли сигналга тўйинганликни киритишни ҳамда ушбу ёрдамчи сигналга маълум алгоритм бўйича ишлов беришни ва ишлов натижасини қабул қилувчи

томонга узатишни, қабул қилинган сигнал айнан узатишдаги ўша алгоритм бўйича ишланишини ҳамда, натижа, узатган томондан олинган натижа билан солиштиришни назарда тутди. Уларнинг фарқига кўра, узатилган блок хатоли ҳисобланади. Блокли хатоларни аниқлашнинг бир нечта услублари маълум. Жуфтликни ва контрол суммани блокли контрол қилиш услублари барча турдаги хатоларни топиб олишга имкон бермаганлиги учун уларнинг амалий қўлланилишини чеклайди. Алоқани узмасдан хатоларни ўлчашнинг ягона универсал усули бўлиб циклик тўйинган код (Cyclical Redundancy Check CRC) ёрдамида назорат қилиш ҳисобланади.

15.2. Телекоммуникацион BER - анализаторлари иш таъйинлининг таҳлили

BER – тестер иш таъйинлининг тафсилотини, бит хатоларини ўлчаш тўғрисида умумий тасаввурга эга бўлиш учун дастлаб, тест кодларини паст тезликли генератор ва хатолар детектори мисолида киритамиз.

Алоқада қўлланиладиган BER – тестер, тест кодларининг генератори ва хатолар анализаторидан ташкил топган. Ушбу тестер юқори бўлмаган (200 Мбит/с) гача тезликлар учун мўлжалланган бўлиб, максимал тезлик 44,736 Мбит/с (DS3-PDH нинг америка иерархияси) ва 139,264 Мбит/с (E4 – PDH нинг европа иерархияси) ҳисобга олинган.

Генератор чиқишидаги псевдотасодифий кодли кетма-кетлик (ПККК) фиксацияланган частотали тактли сигнал манбасидан ёки синтезатордан синхронлашади, бу эса синхронизация частотасини ўзгартириш имкониятини беради. Хатолар тестли кодга махсус логик элемент асосида қўшилади ва у синхросигнал генераторидан келувчи якка ёки даврий импульслар билан назорат қилинади, декадали бўлгич эса BER нинг зарурий даражасини 10^{-N} кўринишида ўрнатади. Стандарт кодланган сигнални хатолар анализатори олгач, генераторни тиклайди, кодли кетма-кетлик алгоритмининг ҳар қандай

нуқсонларини аниқлайди ва сигналларни хатолар ҳисоблагичига юборади бу эса хатоларни аниқлашнинг биринчи даражасини ташкил этади.

Фреймоли (цикли) синхросигналлар билан ишланганда приёмник кетма-кетликнинг ихтиёрий элементини эгаллаб олади, хатоларнинг мавжудлигини текширади ва авариявий сигнализациянинг ихтиёрий созланган сигналларнинг ёки CRC битларни декодлаштиради ва бунинг асосида ўлчаш процедурасини таъминлайди. Ниҳоясида, иккилик маълумотлар ва синхросигнал хатолар детекторига ва эталонли тестли кодлар генераторига юборилади, улар олинган битлар кетма-кетлигида олинган тестли кодни логик хатоларни аниқлаш учун текширади.

Вақт базаси узлуксиз, даврий, кўл режими учун ўлчашлар ўтказилишини назорат қилади. Йиғилган хатолар сонига BER қийматини ва хатолар мавжуд ҳолдаги иш фаолиятини таҳлили учун ишланади.

Қуйида, юқори тезликли тестли кодлар генератори ва хатолар детекторининг иш тамойилини қараб чиқамиз. Юқори тезликли тестли кодлар генераторидан фойдаланилганда, масалан, 3 Гбит/с тезликда, кетма-кетли ПТКК ва кодли гуруҳларни генерациялаш юқори тезликка кўра мақсадга мувофиқ эмас. Ушбуга кўра тестли кодлар 16-битли кодли гуруҳлар каби 200 Мбит/с максимал тезликда генерацияланади. Бундай генераторларнинг схемалари GaAs – ли логик схемалар асосида бажарилиб, улар, параллел берилганларни кетма-кет 3 Гбит/с гача бўлган оқимга айлантиради. Хатолар детектори оддий параллел уланишга эга бўлиб, унинг эвазига синхросигнал ва маълумотлар кириши, дискрет ва текис тўхтатиш схемасидан ўтиб, синхросигнал берилганларнинг ихтиёрий фазаси учун оптимал созлашни (шу жумладан автоматикни ҳам) таъминлайди. Юқори тезликли демультиплексор маълумотларининг кетма-кетли оқимини 16-битли параллел кодли гуруҳларга айлантириб беради. Эталон тестли кодлар генератори параллел уланган бўлиб кириш маълумотлари билан синхронлашади ва битларни солиштиришни амалга оширади, шунинг учун ихтиёрий хато иккита ҳисоблагичнинг бирида қайд этилади,

ҳисоблагичлардан бири хатолар сонини санайди, иккинчисига эса битларнинг умумий сонини ҳисоблайди.

15.3. Хато кўрсаткичлари турларининг таҳлили

Маълумки, бит хатолари алоқа сифатини ёмонлаштирувчи асосий манбалардан ҳисобланиб, телефон каналларида нутқнинг бузилишига ҳамда маълумотларнинг узатишнинг ноаниқлигига олиб келади ва маълум статистик параметрлар билан характерланади.

Хато кўрсаткичларининг турларига оид тушунчалар таҳлилини келтирамиз. Амалда хато кўрсаткичларининг кўплаб турлари ва уларни ташкил этувчи параметрлари мавжуд бўлиб, улардан толали-оптик узатиш тизимларининг (ТОУТ) самарадорлиги ва сифатини баҳолашда фойдаланилади. Қуйида ТОУТ тармоқ трактларидаги оптик рақамли канал (ОРК) ва бошқа турдаги каналларини регламентлашдаги стандарт кўрсаткич ва параметрлар тафсилоти келтирилган.

1. BER – Bit Error Ratio – битлар бўйича хатолар коэффиценти – хатолар билан қабул қилинган битлар сонининг стандарт псевдотасодифий кетма-кетликда (ПТКК) юборилган битларнинг умумий сонига нисбати бўлиб, T-вақтнинг аниқ даври учун ҳисобланган. Ушбу параметр реал алоқа сеанслари вақтида эмас, балки, ўчирилган сервисда (Out of Service - OoS), фақатгина тестлаш режимида ўлчаниши мумкин. BER-тестер стандарт ПТКК узатади (64 кбит/с учун $2^{11}-1$ бит ва 2 Мбит/с учун $2^{15}-1$ бит узунликда) ва уни қабул қилиб олади ва бунда дастлабки ПТККни қабул қилингани билан таққослайди. BER-тестерлари учун T-давр – бу давомийлиги 10 секундга тенг бўлган тест оралиғидир. Бошқа услубда ўлчанган канал хатолари ўлчаш шароитлари кўрсатилган ҳолдагина BER деб номланиши мумкин.

2. N_{ES} – the Number of Errored Seconds [ES] – берилган T-даврдаги хатоли секундлар сони. Ушбу сонга нормаланган (нисбий) эквивалент кўрсаткич $ESR = N_{ES}/T$ мувофиқ келади ва бунда хатоли секунд учун иккита

таърифдан фойдаланилади. ES, яъни, бу таърифлар иккита стандарт асосида юзага келган: G821(ES-OPK) ва G826(ES-E1), ушбуга биноан:

– ES – Errored Second – хатоли секундлар – икки маънода аниқланади:

– ES – OPK – бир секундли давр бўлиб, унинг давомида биттагина хато кузатилган бўлса;

– ES – E1 – давр бир секундли бўлиб, унинг давомида хатоли биттагина хатоли блок ёки нуқсон кузатилган бўлса, блок дейилганда куйидагилар тушунилади:

– блок бу битнинг логик кетма-кетлиги бўлиб (физик жихатдан узлуксиз бўлиши шарт эмас) сервиснинг ўчирилмаган режимида ишчи характеристикаларнинг мониторинги жараёнида фойдаланилади. Блок узунлиги ихтиёрий эмас, балки фойдаланилган кодга боғлиқ ва хатолар аниқланган ҳолда танланади (Error Detection Code - EDC), масалан, E1-оқим учун блок узунлиги 2048 битга, унга эквивалент бўлган SDH виртуал VC-12 контейнерда – 1120 битга тенг.

– нуқсон, бу, сервис узилмаган ҳолдаги мониторинг жараёнидаги ишчи параметрларнинг характерли ўзгариши, масалан, PDH-каналлари учун: (LOS)сигналнинг йўқолиши, авария ҳолатининг индикация (AIS)сигнали, фреймали синхронизациянинг (LOF)йўқолиши ёки (фақат SDH тизимларида бартарафланган нуқсоннинг RDL)индикация сигнали;

3. ESR – Error Seconds Ratio – секундлар бўйича хатоли хато коэффициентлари – бу ўлчашларнинг фиксацияланган вақт оралиғида тайёргарлик давридаги (узлуксиз вақт бўлаги деб қараладиган) ES сонининг секунднинг умумий сонига нисбатидир.

4. N_{SES} – the Number of Severely Errored Seconds (SES) – кўрсатилган T-даврдagi хатоли секундлар сони ёки унга эквивалент бўлган нормаланган кўрсаткич $SESR = N_{SES}/T$, бу ерда SES шундай аниқланади:

5. SES – Severely Errored Second – хатока эга бўлган секундлар сони бўлиб спецификацияланиши учун стандартларга кўра иккита таърифга эга:

G821(SES OPK) ва G826(SES-E1) шунга кўра: SES-OPK-1 секунддаги давр бўлиб, унинг давомида хатолар коэффициенти $BER > 10^{-3}$ бўлади.

– SES-E1 – 1 секунддаги давр бўлиб, хатока эга бўлган $>30\%$ блокларни ўз ичига олади ёки унинг давомида аҳамиятли бузилишга эга бўлган SDP битта давр кузатилган бўлса, бу ерда SDP шундай аниқланади:

– SDP – Several Disturbed Period – жиддий бузилишга эга бўлган давр – хабар бўлаги 4 та кетма-кет блокли узунликда бўлиб, уларнинг ҳар бирида (ёки ўртача 4 та блок давомида) ёки хатолар коэффициенти 10^{-2} га тенг ёки ундан катта, ёки ахборотли сигналнинг йўқотилиши кузатилиши керак.

– SESR – Severally Errored Seconds Ratio – бу жиддий хатоли секундлар бўйича хато коэффициенти, яъни SES сонининг тайёргарлик давомидаги секундлар сонига нисбати (вақтнинг узунлик бўлаги деб қаралади).

6. N_{BBE} – the Number of Background Block Errors (BBE) – бу T-кўрсатилган даврдаги фонли хатоларга эга бўлган блоклар сони, ёки нормаланган эквивалент $BBE R = N_{BBE}/T$ (нисбий) кўрсаткич, бу ерда BBE тушунилади:

- BBE – Background Block Errors – фонли хатока эга бўлган блок бўлиб, SES нинг қисми эмас.

7. BBER – Background Block Error Ratio – фон хатоли блоклар бўйича хатолар коэффициенти бўлиб, бу BBE сонининг тайёргарлик давридаги блокларнинг умумий сонига бўлган нисбатидир.

8. Availability – кўрсатилган T-давр ва фоизлардаги хизматнинг фойдалилиги (тармоқнинг хизмат кўрсатишга бўлган тайёргарлиги, баъзи келишувларда ушбу кўрсаткич “хатосиз ишлаш даври, хизматнинг яроқлилиги, номинал ишлаб чиқарувчанлик” деб қаралади ва ушбу фарқ асосида ҳисобланади (100%-фоизли хизматнинг фойдаланилмаслиги), қуйидагича аниқланади:

- Unavailability – хизматдан фойдаланиб бўлмаслик ёки тармоқнинг тайёр эмаслиги – 10 та SES кетма-кетликдан бошланувчи (ушбу тайёр бўлмаган даврга киритилган) ва SES сиз 10 та кетма-кет секундлар аниқланиши билан яқинланувчи вақт оралиғи, келишувларда ушбу кўрсаткич канал бўйича узатиб бўлмаслик деб тушунилади ёки тушириб қолдирилади.

9. DM – Degraded Minutes – сигнал деградациясининг минутлари, яъни минутларнинг умумий сони бўлиб, улар учун BERL 10^{-6} ўрта қиймати (минутига) тенг бўлади. Ушбу параметр ўлчаниши қийин бўлгани учун янги тахрирдан олиб ташланган ва BER-тестер билан қайд қилинади.

Ушбу кўрсаткичлардан фойдаланилганда қуйидаги чекланишларни эътиборга олиш керак. Келишувда T-давр стандарти катталиклар қаторидан танлаб олиниши керак: 15 минут ва 24 соат (сутка) ва 2 соат ва 7 сутка; ушбу интерваллар каналларни қабуллаш ва техник хизмат кўрсатиш нормаларида келтирилган. 1-кўрсаткич рухсат берилган воситалар билан ўлчаниши мумкин (масалан, BER – тестерлар билан) ва узатиш муҳитининг сифатини характерлайди. Ушбу кўрсаткич биринчидан сервиснинг йўқ бўлган режимида (OoS)ўлчанади, лекин амалий жиҳатдан сервиснинг мониторинг режимида (ISM)ўлчаниши мумкин эмас, у иккинчидан халқаро уланишлар учун (узоқ алоқа тракти) хатолар кўрсаткичи учун эксплуатацион норма бўлиб, бевосита фойдаланилмайди. Учинчидан, BEK ни ES га ёки SES га қайта ҳисоблаш учун детерминалланган формула мавжуд эмас. SDH технологияли ОТАЛ – оптик толали алоқа линиясининг нормал участкасида BER 10^{-9} - 10^{-10} дан ёмон бўлмаган ҳолда амалга оширилади, WDM технологияси билан эса 10^{-10} - 10^{-12} дан ёмон эмас. Бироқ алоқа сифати сифатида у PDH/SDH ли ОТУТни баҳолаш учун фойдаланилмайди. BER ўлчанган қиймати (масалан 10^{-9} - 10^{-12} диапазонда) хатонинг каналдаги асл даражаси тўғрисида кам гапирилади. $BER < 10^{-12}$ бўлган ОТАЛ BER 10^{-7} бўлган йўлдошли алоқа тизимидек бўлган алоқа каналининг истеъмол сифатига тенг. Шунинг учун, тасодифан эмас BER эксплуатацион норма сифатида халқаро уланишлар ва узоқ алоқанинг таркибий канали учун

бевосита фойдаланилмайди, BER нинг ушбу каналларда ўлчанган қиймати алоқа сифатининг кўрсаткичи бўлиб хизмат қила олмайди.

2,4,5 кўрсаткичлар норма ва стандартларда кенг фойдаланилади ва келишувларда ҳам кўрсатилади. Улар олдиндан алоқа каналидаги сифатни характерлаб “хатоли секундлар” тушунчасига асосланиб уларни фақат ўчирилган (OoS)сервисда эмас балки иш жараёнида (ISM)ўлчаш мумкин. Оператив нормалар учун ўлчашлар танланган 4 та стандарт қийматдан: 15 мин, 2 соат, сутка ёки 7 суткада T-интервали давомида ўтказилади.

Аммо, қабуллаш нормалари каналларнинг техник хизмат кўрсатилишида 15 мин ва суткалар кўрсатилади ва келишувларда кўрсатилиши тавсия этилади. ТОАЛ да, масалан, SDH ва WDM тизимларида NMS (Network Management System) тармоқли бошқариш тизимига хатони секундни назорат қилувчи қурилма ва юқорида тавсифланган кўрсаткичлар мавжуд. Агар NMS бўлмаса, у ҳолда ушбу кўрсаткичларни ўлчаш учун махсус қурилмалар керак. Алоқанинг йўлдошли тизимлари учун (ер усти участкаларини қўшган ҳолда) ушбу кўрсаткичлар стандартларда асосланган нормалардан олинади. N_{ES} кўрсаткичлар асосан кам сонли хатоларни ифодалайди, хатолар пачкасини эмас. Шунга кўра N_{ES} – кўрсаткич етарли эмас. Гурухий хатолар N_{SES} – параметрни ҳисобга олади. Тенг сонли хатоларда вақт бўйича уларнинг локализацияси турлича бўлиши мумкин.

Масалан, мисли АЛ – алоқа линияларида асосан якка хатолар СКС да эса пачкали хатолар иштирок этади. Шунини таъкидлаш жоизки, N_{es} , N_{ses} параметрларни (ва уларга эквивалент бўлган) T-ўлчам даври тайёрлик даврига тўлиқ мос тушиши керак, яъни, даврлар ўлчанганда тайёр бўлмаслик бўлмаслиги керак.

6 ва 7 кўрсаткичлар тармоқда кам фойдаланилади ва асосан келишувларда кўрсатилмайди (ТОАЛ фойдаланувчи SDH тармоқларидан ташқари) чунки, уларни ўлчаш воситалари мавжуд эмас. Йўлдошли тармоқларда ушбу кўрсаткичлар бирламчи рақамли каналдан – БПК бошлаб

нормаланади (2МБиТ/с, ушбу канал БРЙК – бирламчи рақамли йўлдошли тракт) деб номланади.

8-кўрсаткич (фойдаланиш мумкинлиги). Йўлдошли канал (ЙАК) иккита участкага эга: йўлдошли ва абонент бўлиб уларнинг ҳар бири каналнинг фойдаланиладиган хизматнинг кўрсаткичига эга.

Шунга кўра, фойдаланишнинг умумий кўрсаткичи – A энг яхши ҳолда ($A_{сп} * A_{аб}$) ортиқ бўлмайди.

Мулоҳаза ва рақамларни келтирамиз. Йўлдошли алоқа канали статистикаси катта узунликдаги хатолар пачкасининг камлиги билан характерланади, шунга кўра $BER=10^{-7}$ бўлганда ҳам $A_{сп}$ канал рухсатини суткалик тестда 99,95-99,97 дан ёмон бўлмаган ҳолда олиш мумкин. Абонент (мисли) линиясининг статистикасида аксинча, нисбатан тез якка хатолар тўғрисида айтилади. Ушбуга кўра айнан ўша BER да канал рухсати BER – тескари қайта ҳисоблагандаги катталиқка яқин бўлади, бу эса оптик рақамли канал ДРК учун $A_{аб}=99,36$. Ушбу мисолдан кўришиб турибдики, умумий (2 та участкадан ташкил топган) каналнинг рухсати 99,31-99,33 дан афзалроқ бўлмайди. Шунга кўра амалда “ўртача”ланган муҳим берилганларни олиш мумкин. Каналнинг тайёр бўлмаган даври – бу SES нинг 10 та кетма-кетли секундида бошланувчи ва SES сиз 10 кетма-кетли секунднинг кириб келишигача яқунланадиган даврдир ва бунда SES – бу 1 секундли давр бўлиб, унинг давомида хато коэффиценти 10^{-3} дан ортиқроқ бўлган бўлади. SES ни аниқлашда хатонинг бошқа (10^{-4} ёки 10^{-5}) даражаларини қараб чиқиши эътиборга молик эмас (уларни стандарт ўлчаш асбоблари ёрдамида ўлчаб бўлмайди).

16. ХАТО КЎРСАТКИЧЛАРИ ВА КОЭФФИЦИЕНТИ

16.1. BER асосида хатолар кўрсаткичларини баҳолаш методикаси

Хатолар параметрларини баҳолаш учун кўрсаткичларни ҳисоблашнинг (ўлчаш) иккита методикасидан фойдаланилади:

- биринчи методика – ўчирилган сервисда (OoS) канал хатолигининг мониторингига асосланган ва секунддаги блоклар сони билан ўлчанадиган маълум узунликдаги блоклар псевдотасодифий кетма-кетлиги ва узатиш тезлигидан фойдаланишга асосланади (ушбу усулга BER – деб номланувчи кўрсаткич асосланган ва у махсус приборлар BER-тестерлари билан ўлчанади).

Иккинчи методика – уланган (ISM) сервисда канал хатоларининг мониторингига асосланади ва хатоларни аниқлаш процедурасига ва узатишнинг номинал тезлигига боғлиқ бўлган, сервис билан аниқланадиган (ушбу усулга ES, SES, BBE кўрсаткичларини ўлчаш ва ҳисоблаш асосланган) блок узунлигига эга бўлган реал блоклар кетма-кетлигидан фойдаланилади. Алоқа тизимларидаги хато параметрларининг самарадорлик кўрсаткичларини баҳолашда қатор муаммолар мавжуд бўлади.

Биринчи методика – хатолар параметрларини тестлашни осонроқ ўтказиш имконини беради ва бунда нисбатан арзон бўлган восита BER-тестеридан фойдаланиш мумкин бўлади. Ушбу усуллардан йўлдошли алоқа каналларида ва радиорелейли линиялардан фойдаланувчи алоқа каналларида кенг фойдаланилади (улар учун, масалан, $BER \leq 10^{-6}$ кўрсаткич канал функционал иш қобилиятининг амалий ўлчови бўлиб ҳисобланади). Лекин, шунга қарамасдан ушбу усулдан фойдаланилади.

Толали оптик узатиш тизимлари учун битлар бўйича хато коэффициенти тушунчаси тааллуқлидир. Ушбу коэффициентни турли шовқин манбаларига эга бўлган реал приёмниклар учун аниқлашимиз мумкин. Ушбу ҳолда, приёмник фототокни строблаш йўли орқали қайси бит

(0 ёки 1) ҳар бир бит интервалида узатилганлиги тўғрисида қарор қабул қилади. Лекин, шовқинлар туфайли ушбу қарор нотўғри бўлиши мумкин, бу эса хато битларнинг пайдо бўлишига олиб келади. BER-ни аниқлаш учун узатилган битни приёмник қандай қабул қилаётганлигини тушуниш керак. Хатоларнинг пайдо бўлиши қатор сабаблар ва узатиш шароитларидан келиб чиқади. Узатиш шартлари тасодифий характерга эга бўлганлигига кўра ҳамда, хатоларнинг тақсимот қонуни тўғрисидаги маълумотларнинг йўқлиги сабабли унинг айрим элементлари етарли даражадаги ишончлилик билан давомли ўлчашлар натижасида аниқланиши мумкин. Амалиётда эса, ТООТ ни эксплуатацияга киритиш ва унга техник хизмат кўрсатиш учун хатоларнинг параметрларининг қийматлари вақтининг етарли даражадаги кичик интервалларига асосланиши зарур.

Хатолар коэффициентини ўлчаш учун махсус BER-тестерлар ишлаб чиқилган бўлиб улар ўз ичига ушбу коэффициентини ўлчовчи псевдо тасодифий генераторларни ва доимий иккилик кетма-кетликларни ҳамда, қабул қилувчи қурилмаларни олади. Кодларни битлар бўйича солиштиришда ўлчашлар битга охириги станцияда ўлчаш йўли билан бажарилиши мумкин ва бунда қарама-қарши томонига тлейор ўрнатилади. Бошқа усул фойдаланиладиган кодларнинг кўплигига асосан хатоларни ажратишга асосланган. Ушбу усулдан узатувчи томондан тракт ёки линия участкасининг қабул қилувчи томонигача бўлган ўлчашларда фойдаланилади, бунда хатоларнинг ажратилиши ёки фиксацияланиши қабул охирида амалга оширилади.

16.2 Хато коэффициентини ўлчаш

Хато коэффициенти – линияли трактнинг зарурий характеристикаси бўлиб ҳисобланади. Ушбу коэффициент регенерациянинг алоҳида участкалари ва тўлиқ тракт учун ўлчанади. Хато коэффициенти $k_{\text{хато}}$ куйидаги ифодадан аниқланади:

$$k_{\text{хато}} = N_{\text{хато}} / N, \quad (16.1)$$

бу ерда N – вақт интервалида узатилган символларнинг умумий сони;

$N_{\text{хато}}$ – вақт интервали ичидаги қабул қилинган хато символлар сони.

Хато коэффициентини ўлчаш статистик характерга эга, чунки, олинган натижа тасодифий катталиқ бўлиб ҳисобланади.

Хатолар сонининг, $N \geq 10$ бўлганда, нормал тақсимоти қонунига кўра ўлчашнинг нисбий хатолигини қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин:

$$\eta = \frac{t_{\beta}}{\sqrt{N_{\text{хато}}}}. \quad (16.2)$$

Бунда: t_{β} – коэффициент бўлиб, ўлчаш натижасининг ишонч эҳтимоллигига боғлиқ:

$$t_{\beta} = \frac{1 + \beta}{2} \Phi^*(x), \quad (16.3)$$

бу ерда $\Phi^*(x)$ – эҳтимолиятлар интегралли $\Phi(x)$ нинг тескари функциясидир.

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x t^{2/2} dt. \quad (16.4)$$

$k_{\text{хато}}$ қиймати, $P_{\text{хато}}$ – ҳалақитга бардошлилик миқдорий баҳосининг эҳтимолий хатолигини баҳолаш имкониятини беради.

Баҳолашнинг мумкин бўлган қийматлар соҳасида берилган ишонч эҳтимоллиги билан $P_{\text{хато}}$ – қиймати ётади, бу қиймат юкори ($P_{\text{ю}}$) ва паст ($P_{\text{паст}}$)

ишонч чегаралари билан аниқланади. Хатолар сонининг нормал тақсимот қонунида $P_{ю}$ ва $P_{наст}$ қийматлари қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$P_{ю} = k_{хато} + t_{\beta} \sqrt{\frac{k_{хато}(1-k_{хато})}{N}}, \quad (16.5)$$

$$P_{наст} = k_{хато} - t_{\beta} \sqrt{\frac{k_{хато}(1-k_{хато})}{N}} \quad (16.6)$$

Ажабланарлики, N – ортиб бориши билан хато эҳтимоллиги аниқлик баҳоси ва хато коэффиценти ўсади. T ўлчаш интервалидаги узатилган рақамли сигналдаги умумий символлар сони, узатиш тезлигига $B : N = TB$ боғлиқ. Бундан шундай хулоса келиб чиқадики, узатиш тезлиги қанча катта бўлса, хато коэффиценти шунча тез ва аниқроқ баҳолаш мумкин бўлади.

$k_{хато}$ нинг ишончли қиймати барча хатолар аниқлангандагина ва қайд қилингандагина олинishi мумкин. Бунга, қабул қилинган ва узатилган кодли комбинацияларнинг кетма-кетлигини символлар бўйича солиштириш йўли билан эришилади. Хатоларни бундай усулда ажратиб олишдан ўлчашларни “шлейф бўйича” ташкил қилинганда фойдаланилади. Ушбу ҳолда трактнинг хато коэффиценти битта охириги станциядан ўлчанади, трактнинг қарама-қарши охирига эса шлейф ўрнатилади. Хатоларни ажратишнинг бошқа усули линияда кодларни узатиш учун фойдаланиладиган хоссаларига асосланади, ушбу хоссалар кўпайганлик ҳисобига хатони аниқлаш имконини беради. Ушбу ҳол хато коэффиценти “йўналиш бўйича” ўлчаниши мумкин, ушбу ҳолда хатолар сонини ажратиш ва қайдлаш трактнинг қабул қилувчи охирида амалга оширилади. Хато коэффиценти ўлчаш учун махсус ўлчагичлар – хато коэффиценти ўлчагичи (ИКО) ишлаб чиқилган. Унинг таркибида псевдотасодифий ёки код ва линиядаги символларнинг доимий кетма-кетлиги генераторлари, хато коэффиценти ўлчовчи хусусий қабул

килувчи қурилма мавжуд. Хато коэффициентини “шлейф бўйича” ўлчаш битта комплектни, хато коэффициентини “йўналиш бўйича” ўлчаш иккита ўлчагичлар комплектини талаб этади. Биринчи ҳолда битта охириги пунктда ИКО комплекти жойлаштирилади, қарама-қарши бўлган охириги пунктда шлейф ўрнатилади. Хато коэффициентининг ўлчанган қиймати рақами сигналнинг икала йўналишидан ўтгандаги сифатини баҳолайди. Иккинчи ҳолда ИКО нинг биттадан комплектини чизиқли тракт ёки регенерацион участканинг қарама-қарши бўлган охирига жойлаштирилади. Хато коэффициентининг баҳоланиши ҳар бир йўналиш учун алоҳида амалга оширилади.

Қуйида, хато коэффициентини ўлчаш техникасига доир маълумотларни келтирамиз. Хато коэффициентини символлар бўйича таққослаш йўли билан ва хато қабул қилинган импульсларни ҳисобга олинишини қараб чиқамиз. Бунинг учун ўлчашлардан олдин узатувчи станцияда оптик аттенюатор ёрдамида линияли тракт аппаратурасининг (T_y) техник шартида кўрсатилган оптик нурланиш даражаси ўрнатилади. Кейин, узатиш охирига синов сигналларининг генератори, қабул қилиш қисмига – хато коэффициенти ўлчагичи уланади ва ўрта қувват даражасининг қиймати ўзгартирилиб, хато коэффициенти ўлчанади. Ўлчаш вақти узатиш тезлигига, ахборот ҳажмига ва BERj хато коэффициенти қийматига боғлиқ ҳолда аниқланади.

Оптик нурланишнинг ўрнатилган даражасидаги хато коэффициенти ифодадан ҳисобланади.

$$K_{\text{хато}} = K \pm \Delta K_{\text{хато}} \alpha , \quad (16.7)$$

бу ерда:

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\text{хато}_i} , \quad (16.8)$$

$$\Delta k_{xamo} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{K} - K_{xamo_i})^2}. \quad (16.9)$$

Бунда Δk_{xato} ва k – хато ва 3 минутли интервали 5та ва кўпроқ ўлчашлардаги хато коэффициентининг ўрта қиймати, мос ҳолда, α – коэффициент, ўлчашларни бажаришдаги ўлчаш хатоларини ҳисобга олувчи коэффициентдир.

16.3. Хато коэффициентини техник воситалар билан ўлчаш ва баҳолаш

Толали оптик узатиш тизимлари (ТОУТ)нинг асосий интеграл параметрларидан бири хатолар коэффициенти бўлиб линияли тракт хатолар эҳтимолиятининг экспериментал баҳоси бўлиб ҳисобланади. Хатоларнинг асосий сабаблари бўлиб фото қабул қилувчи қурилманинг флуктацион шовқинлари ва унинг кириш оптик сигнали билан ўта юкланишидир. Фото қабул қилувчи қурилманинг шовқинлари унинг схемаси, фото қабул қилгич тури ва ТОУТ да маълумотларни узатиш тезлиги билан аниқланади ҳамда ушбу шовқинлар фото қабул қилувчи қурилманинг чиқишидаги сигналнинг шовқинга бўлган нисбатини камайтиради ва чизиқли трактда берилган нурланиш қувватида сўнишнинг, яъни максимал йўл қўйиладиган сўнишни аниқлайди. Фото қабул қилувчи қурилманинг ўта юкланиши символлараро бузилишларнинг пайдо бўлишига ва хатолар эҳтимоллигининг ортишига олиб келади. Символлараро бузилишлар чизиқли трактда берилган нурланиш қувватида минимал йўл қўйиладиган сўнишни аниқлайди. “Бир” ва “нол” ларни тенг эҳтимолли узатишдаги хатолар эҳтимоллигини қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$P_{xamo} = 0,5 \cdot [P(0/1) + P(1/0)], \quad (16.10)$$

бу ерда $P(0/1)$ -“1” ни узатишдаги “0” ни қабул қилиш эҳтимоллиги (бирни ўтказиш эҳтимоллиги);

$P(1/0)$ -“0” ни узатишдаги “1” қабул қилиш эҳтимоллиги (ортиқча “бир”ни қабул қилиш эҳтимоллиги).

Хато коэффициентини, ўлчаш вақти оралиғида қайдланган хато символлар сони – “ m ” нинг қабул қилинган “ n ” – умумий символлар сонига бўлган нисбати билан аниқланади.

$$k_{\text{хато}} = \frac{m}{n}. \quad (16.11)$$

Узунлиги 2500 км бўлган линияли алоқанинг рақамли телефон каналларида, халқаро (ITU-T G 821-Тавсия) стандартга мувофиқ 10^7 битли ахборотни узатишда иккитадан ортиқ бўлмаган хатока йўл қўйилади. Замонавий ТООУТ даги хатолар коэффициентини 10^{-9} – 10^{-12} бўлади.

Фото қабул қилувчи қурилма ва ТООУТ параметрларини ўлчашда хато коэффициентини ўлчаш ёки унинг қийматини назорат қилиш зарурий ҳолдир.

Рақамли ТООУТ хато коэффициентини ўлчаш ва баҳолаш иккита усул билан амалга оширилади.

1. Битлар бўйича таққослаш усули. Ушбу усулда қабул қилинган сигналнинг кам сонли элементлари псевдотасодифий генератордан юборилган рақамли ўлчов сигналнинг кам сонли элементлари билан таққосланади.

2. Қабул қилинган рақамли сигналдаги кодни шакллантириш алгоритмидаги бузилишларни аниқлаш усули.

Хатоларни, узатилган ва қабул қилинган сигналларни элементлари бўйича таққослаш орқали аниқлайдиган ўлчагичлар биринчи турдаги хато коэффициентини ўлчагичлари, ИКО-1 деб номланади (биринчи усул). Ушбу усулда алоқа узилади. Қабул қилинган сигналдаги код алгоритмининг

бузилишлари аниқланганда юзага чиқадиган хатоларни ўлчайдиган ўлчагичлар, хато коэффициентини ўлчовчи иккинчи турдаги ИКО-2 ўлчагичлари бўлиб ҳисобланиб улар рақамли узатиш тизимларининг аппаратураси тартибига киради ва хатолар коэффициентини ўлчашни алоқани узмасдан бажарилишини таъминлайди. ИКО-2 ўлчагичнинг иш тамойили линиявий коднинг тузилишини бузувчи импульслар сонини аниқлашга асосланган. Чизиқли тракт орқали ўтган импульсларнинг умумий сонига нисбатан саналган бузилишлар сони хатолар коэффициентини аниқлайди. Берилган ишонч эҳтимоллиги β ва ўлчаш аниқлигига эга бўлган маълум катталикнинг $k_{\text{хато}}$ – хато коэффициентини ўлчаш учун зарурий бўлган вақт қуйидаги ифода билан аниқланади.

$$T_{\text{улч}} = \frac{t_{\beta}^2}{\alpha^2 \cdot F \cdot k_{\text{хато}}}, \quad (16.12)$$

бу ерда: F – ахборотни узатиш тезлиги, бит/с;

t_{β} – нинг β -га боғлиқ ҳолдаги қиймати 16.1 жадвалда келтирилган.

t_{β} – қийматининг β -га боғлиқлиги

16.1-жадвал

β	0,8	0,9	0,9
			5
t_{β}	1,28	1,6	1,9
	2	43	60

ИКО-1, аттенуатор билан биргаликда оптик қувватни назорат қилмасдан туриб регенерацион участкадаги энергетик захирани аниқлаш учун ишлатилиши мумкин. Ўлчаш схемаси 16.1-расмда келтирилган. Энергетик захира (запас) аттенуатордаги сўниш билан аниқланади, ушбу ҳолда, хато коэффициентининг қиймати йўл қўйиладиган катталikka тенг бўлади.



16.1-расм. Энергетик захирани ўлчаш схемаси

17. АХБОРОТ-ЎЛЧАШ ТИЗИМЛАРИГА ОИД АТАМАЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИГА ДОИР ТУШУНЧАЛАР ТАФСИЛОТИ

17.1. Ахборот-ўлчаш тизимларига оид атама ва тушунчалар тафсилоти

Замонавий ахборот ўлчов тизимлари аппаратуравий ва дастурий воситаларга эга бўлганлиги сабабли ҳамда ўлчанадиган катталикларнинг номрўйхатининг кенгайиши, ўлчашларни кескин ташқи омиллар (юқори харорат, юқори босим, ионловчи нурланиш ва б.к.) таъсирда ҳам амалга оширилишини таъминлаши ҳисобига ўлчов тизимларининг метрологик таъминоти муҳим аҳамият касб этмоқда. Баъзан, объект параметрлари тўғрисидаги маълумотни олиш учун комплекс ўлчашларни бажариш зарур бўлади. Кўрсатилган масалалар ахборот ўлчов тизимлари (АЎТ) ёрдамида муваффақиятли ечилиши ҳисобига ушбу тизимлардан радиотехник қурилмаларда ҳам кенг миқёсда фойдаланилмоқда. Юқоридагиларга асосан, “Радиотехника” таълим йўналиши битирувчилари АЎТни ишлаб чиқиш ва фойдаланишда уларга доир илмий-ташкилий ва техник масалаларни еча оладиган малакали мутахассис бўлишларида ушбу тизим ишини билишлари ёрдам беради. Маълумки, АЎТ таркибини ташкил этувчиларидан бири бўлиб ўлчов тизимлари (ЎТ) ҳисобланади.

Дастлаб, ўлчов тизимларига таъриф берамиз:

Ўлчов тизими (ЎТ) дейилганда, ўлчаш, боғловчи, ҳисобловчи компонентлар, ўлчаш каналларини ташкил этувчилари, ёрдамчи қурилмалар (ЎТ компонентлари) мажмуаси тушунилиб, улар ягона, яхлит тарзда қуйидаги мақсадлар учун мўлжалланган:

- ўлчаш ўзгарткичлари ёрдамида объектнинг ҳолати тўғрисида ахборот олиш;
- ўлчаш натижаларига ишлов бериш;

- қайд қилиш ва ўлчаш натижаларини индикацияси ва улар ишловининг натижалари;

ЎТ-1 тайёрловчи томонидан тугалланган комплектланган ускуна сифатида ишлаб чиқарилади. Уларни фойдаланиладиган жойга ўрнатиш учун эксплуатацион ҳужжатларда етарлича кўрсатмалар берилиб уларда ЎТ ўлчов каналларининг (ЎК) метрологик характеристикалари меъёрланган бўлади.

ЎТ-2 конкрет объектлар учун лойиҳаланади ва тугалланган ускуна сифатида фойдаланиш объектида қабул қилинади.

ЎТни эксплуатация жойида ўрнатиш, лойиҳавий ҳужжатларга унинг компонентлари ҳужжатларига мувофиқ ҳолда амалга оширилиб, уларда ЎТ, ўлчов каналларининг ва компонентларининг метрологик характеристикалари (МХ) меъёрланган бўлади. Санаб ўтилган ЎТнинг турлари автоном равишда ҳамда, анча мураккаб бўлган тузилмалар (ахборот ўлчов тизимлари; назорат тизимида; диагностикалаш, синаш қурилмаларида ҳамда технологик жараёнларни бошқаришнинг автоматик тизимларида) таркибида фойдаланилиши мумкин. Энди, ЎТнинг ўлчов каналига (ЎК) изоҳ берамиз.

ЎТнинг ЎК конструктив ёки функционал ажраладиган қисми бўлиб, тугалланган функцияни яъни, ўлчанадиган катталиқни қабул қилишдан тортиб ўлчаш натижаси олингунча, бажариши тушунилади.

ЎТнинг объект билан ўзаро таъсирлашуви 17.1-расм ёрдамида тасвирланади.

ЎК-2 киришнинг ўлчов каналлари объектнинг ҳолати тўғрисидаги маълумотни олиш учун мўлжалланган.

ЎК-1 чиқиш каналлари объектга таъсир кўрсатишни шакллантириш учун мўлжалланган. Электрон ҳисоблаш машиналари-ўлчаш натижаларига ишлов бериш, қайдлаш ва ўлчаш натижаларини индикациялаш учун ҳизмат қилади.

ЎК – компонентлардан ташкил топган бўлиб, қуйидаги техник қурилмалар тушунилади, улар ЎТ таркибига кириб, ўлчаш жараёнида кўзда

тутилган функциялардан бирини бажаради. Ушбу функцияларга мувофик ҳолда компонентлар қуйидагиларга бўлинади:

- ўлчовчи;
- боғловчи;
- ҳисобловчи;
- комплекс;
- ёрдамчи.

ЎТ компонентларининг вазифаси ва қурилмаларнинг намуналари 17.1-жадвалда келтирилган.

17.2. Ўлчаш тизимларининг классификацияси

ЎТнинг классификацияланиш белгиларидан бири бўлиб лойиҳалашнинг ҳусусияти ҳисобланади:

- объектга боғлиқ бўлмаган ЎТ-1 (намуна ЎТ);
- конкрет объект учун (объектлар гуруҳи) ЎТ-2 (ягона нусхадаги ЎТ).

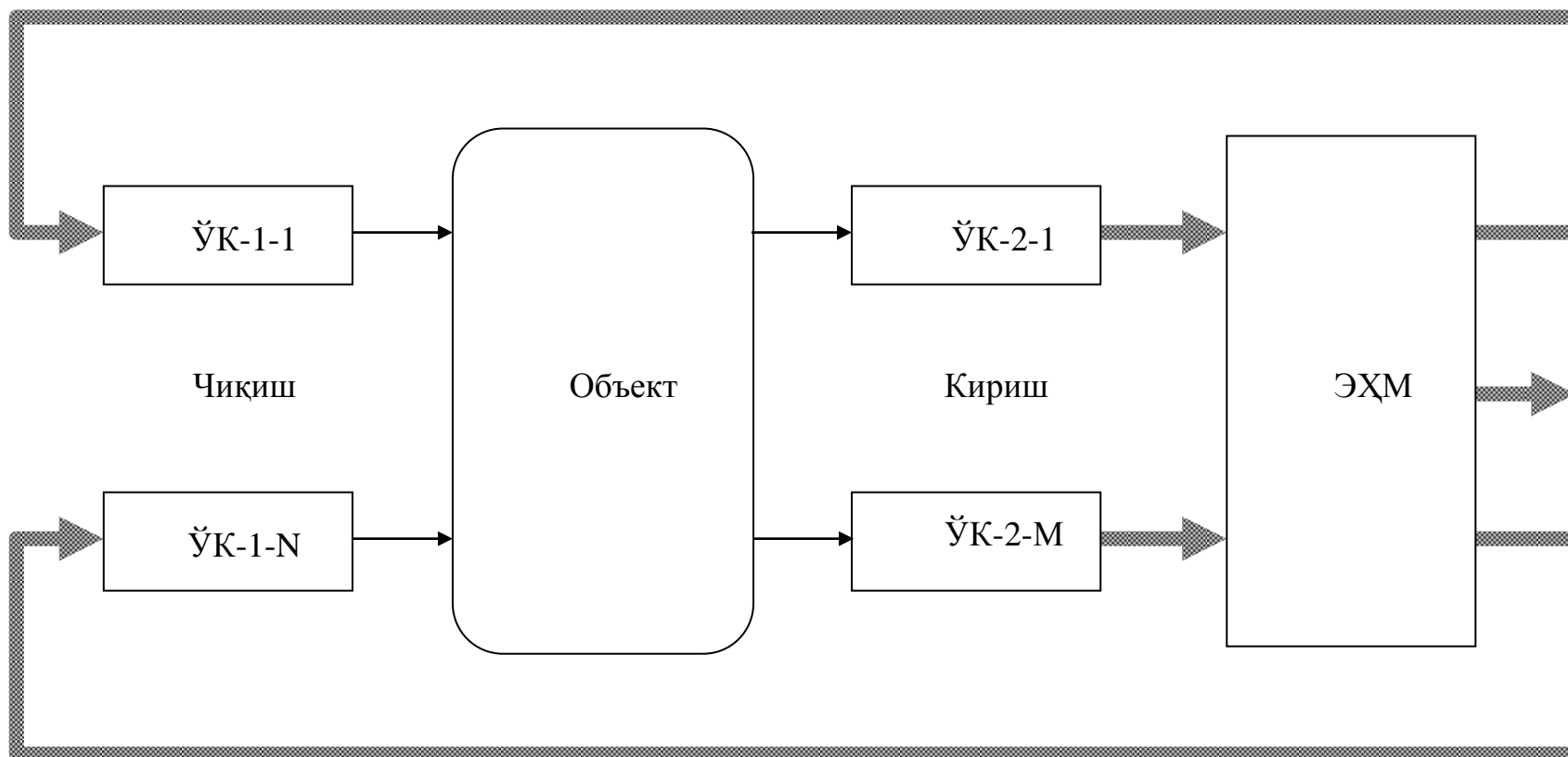
ЎК оддий ва мураккаб бўлиши мумкин.

Оддий ЎКда кетма-кетли ўлчаш ўзгарткичлари йўли билан бевосита ўлчаш усули амалга оширилади.

Мураккаб ЎК бирламчи қисмида бир нечта оддий ЎКнинг мажмуаси бўлиб, уларнинг чиқишидаги сигналлар билвосита, биргаликда ва бирлаштириб ўлчаш натижаларини олиш учун фойдаланилади.

ЎТ бошқа классификацион белгилари хизмат кўрсатиш характеридир (хизмат кўрсатиладиган, хизмат кўрсатилмайдиган). Хизмат кўрсатиладиган ЎТ класси учун бир ёки бир нечта кўп маротаба бажариладиган (даврий) тадбирларнинг мавжудлиги характерлидир:

- техник хизмат кўрсатиш;
- таъмирлаш;
- даражалаш;
- қиёслаш (ёки калибрлаш).



17.1-расм. Ўлчов тизимининг объект билан ўзаро таъсирлашиши.

ЎТ компонентларининг вазифаси

Номи	Вазифаси	ЎТ компонентини амалга оширувчи қурилма
ЎТнинг ўлчаш компонентлари	Ўлчашлар ва катталикларни ўлчаш ўзгартиришлари учун	Метрологик характеристикалари алоҳида нормаланган ўлчаш воситалари: ўлчаш асбоби, ўлчаш ўзгарткичи (бирламчи, оралик, ўлчаш коммутатори, аналог филтър ва б.қ.), ўлчов
ЎТнинг боғловчи компоненти	ЎТнинг бир компонентидан бошқа компонентига ўлчанаётган катталик тўғрисида ахборот элтувчи сигналларни минимал бузилишлар билан узатиш учун	Техник қурилма, алоқанинг симли линияси, радиоканал, алоқанинг телефон линияси, ўтиш қурилмалари
ЎТнинг ҳисоблаш компоненти	Бевосита, билвосита, биргаликда, бирлаштириш ўлчаш натижаларини ҳисоблаш учун ҳамда логик операциялар ва ЎТ ишини бошқариш	Дастурий таъминотли рақамли ҳисоблаш қурилмаси
ЎТнинг комплекс компоненти	Ўлчаш ўзгартиришларини,	Ўлчов-ҳисоблаш комплекси, контроллер,

	хисоблаш ва логик операцияларни яқунлаш ҳамда ЎТнинг чиқиш сигналларини ишлаб чиқиш учун	дастурий – техник комплекс.
ЎТнинг ёрдамчи компоненти	ЎТнинг нормал ишлаши учун, лекин, ўлчаш ўзгартиришларида иштирок этмайди	Таъминлаш манбаи, ЎТни бошқариш ва фойдаланиш қулайлигини таъминловчи қурилма

Хизмат кўрсатилмайдиган ЎТ классификацияси учун даражалаш ва бирламчи қиёслаш (ёки калибрлаш) тайёрлангандан кейин бир маротабагина бажарилади. Бунда, техник хизмат кўрсатиш, таъмирлаш ва даврий қиёсланиши (ёки калибрланиши) хизмат кўрсатилмайдиган ЎТда назарда тутилмаган, чунки бундай ЎТнинг хизмат кўрсатиш муддати катта эмас.

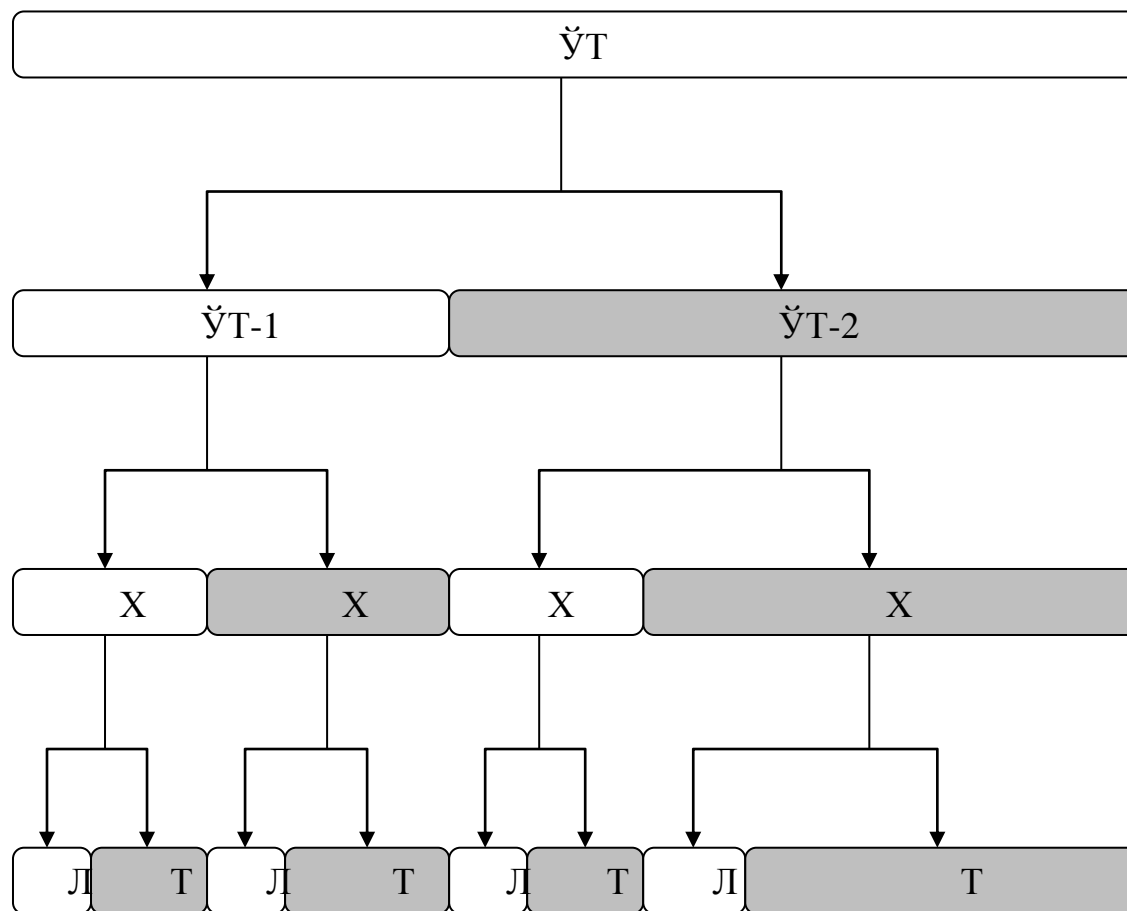
Локаллашган ЎТ учун метрологик текширув кўпчилиқ ҳолларда битта мутахассис томонидан бажарилади. Ундан ташқари бошқа классификацион белгилар ҳам фойдаланилиши мумкин, масалан, резерв ЎТнинг мавжудлиги, ЎТнинг ишида вақтли танаффуслар бўлиши мумкин.

Иллюстрация сифатида ЎТ классификацияси 17.2-расмда келтирилган бўлиб, ҳар бир қараб чиқилган белгилар бўйича 17.2-расмга мувофиқ ҳолда территориал тақсимланган хизмат кўрсатиладиган ЎТ кўпроқ тарқалган бўлиб, улар конкрет объект учун лойиҳаланган, территориал локалланган хизмат кўрсатилмайдиган ЎТ – энг кам тарқалгандир. Классификациялаш белгилари асосида ЎТнинг метрологик таъминоти бўлган талаблар ва хусусиятларни ифода қиламиз.

Лойиҳалаш бўйича
 ЎТ-1 – объектга боғланмаган
 ЎТ-2 – конкрет объект учун

Хизмат кўрсатиш характери бўйича
 ХК – Хизмат кўрсатилмайдиган
 ХКН – Хизмат кўрсатиладиган

Объектда тақсимланганлигига кўра
 Л – локалланган
 Т – тақсимланган



17.2-расм. ЎТнинг классификацияси.

ЎТ метрологик таъминотининг хусусиятлари ва талаблари

№	Классификация белгиси	ЎТ класслари	
1	ЎТни лойиҳалаш бўйича	ЎТ-1	ЎТ-2
	ЎТнинг хусусиятлари		
	1. ЎТнинг сони ва ном рўйхати	Турнинг тафсилоти чегарасида ўзгариши мумкин	Турнинг тафсилоти билан регламентланган
	2. ЎТнинг таркиби	Турнинг тафсилоти билан регламентланган	
	3. Модернизация	Турнинг тафсилоти чегарасида ўзгариши мумкин	Эътиборга олинмаган
	ЎТнинг метрологик таъминот тадбирлари		
	1. Қабул-топшириш синовлари	Тайёрловчида ёки объектда	Объектда ўтказилади
	2. Турни тасдиқлаш мақсадида синаш	ЎТ-1 нинг бир ва бир нечта нусхалари учун ўтказилади. Ном рўйхати ва таркиби бўйича ЎК нинг барча турларини ўз ичига олади.	ЎТ-2 нинг ҳар бир нусхаси учун ўтказилади.
	3. Тасдиқланган турга мувофиқлигини текшириш мақсадида синаш	Қуйидаги ҳолларда ўтказилади: а) ЎТ сифатининг ёмонлашувида; б) Метрологик характеристикаларга	Эътиборга олинмаган

№	Классификация белгиси	ЎТ класслари	
		таъсир кўрсатувчи ўзгаришлар киритилганда; в) Тури тасдиқланганлиги тўғрисидаги сертификатнинг амал қилиш муддати тугаганда (5 йил)	
	4. Эксплуатацияга кириштишдаги бирламчи қиёслаш	ЎТ ҳар бир нусҳаси учун тайёрловчида ёки объектда ўтказилади	Қиёслаш тўғрисидаги гувоҳнома кўзда тутилмаган, турни тасдиқлаш мақсадида синаш натижалари бўйича расмийлаштирилади
	5. Таъмирлангандан кейинги бирламчи қиёслаш	Объектда ўтказилади	
	6. Даврий қиёслаш	Объектда ўтказилади	
2	Хизмат кўрсатиш характери бўйича	Хизмат кўрсатилмайдиган	Хизмат кўрсатиладиган
	ЎТ метрологик таъминоти тадбирлари		
	1. Қиёслаш	Эксплуатацияга кириштишдаги фақат бирламчи қиёслаш	Эксплуатацияга кириштишда бирламчи сифатида ҳамда даврий
	2. Техник хизмат	Кўзда тутилмаган	Бўлиши мумкин

№	Классификация белгиси	ЎТ класслари	
	кўрсатиш, созлаш, таъмирлаш		
3	Объектда тақсимланганлигига кўра	Локаллашган	Тақсимланган
	ЎТ метрологик таъминотининг хусусиятлари		
	1. Фойдаланиладиган ходимлар сони	Битта мутахассис етарли	Камида иккита мутахассис
	2. Ходимнинг алоқа воситалари билан таъминланганлиги	Шарт эмас	Шарт
3. Эталонларга кўйиладиган талаблар	Ўлчамларга, массага, мобилликка алоҳида талаблар кўйилмайди	Кичик ўлчамли, енгил, мобил, ишга тайёрлашга бўлган вақтнинг камлиги. Эксплуатациянинг ишчи шароитларида метрологик характеристикаларни кенг диапазонда сақловчи	
4	Эксплуатация шароитларининг назоратига бўлган талаблар	Битта бинодаги шароитлар назорати етарли	Бир нечта бинолардаги шароитларни назорат қилиш талаб этилади

17.3. Ўлчаш тизимларининг характеристикалари ва умумлашган схемалари

Ўлчаш тизимларининг зарурий характеристикалари бўлиб, самарадорлиги, функцияларни бажаришнинг ишончилиги, тезкорлиги, кириш ва чиқиш характеристикалари ҳамда метрологияси ҳисобланади.

Ўлчов тизимларининг самарадорлиги.

Дастлаб, ўлчаш тизимларининг зарурий характеристикаларидан бири иқтисодий самарадорлик тўғрисидаги маълумотларни таҳлил қиламиз. Самарадорлик дейилганда тизим ишлатилганда объект ишининг яхшиланиши тушунилади. Иқтисодий самарадорликнинг ўсиши қуйидаги ифода билан берилади.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 \quad (17.1)$$

бу ерда, \mathcal{E}_2 – ўлчаш тизими қўлланилган берилган вақт оралиғидаги объектдан кўрилган иқтисодий эффект, \mathcal{E}_1 – ўлчаш тизимсиз берилган вақт оралиғидаги объектдан кўрилган иқтисодий эффект

Иқтисодий эффектни умум тан олинган тўлиқ харажатлар мезони бўйича ҳисоблаш мақсадга мувофиқ бўлади. Турли ўлчаш тизимларини солиштириш учун самарадорликнинг нормаланган кўрсаткичи, самарадорлик коэффициентидан фойдаланиш қулайроқдир.

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_n - \mathcal{E}}, \quad (17.2)$$

бу ерда, \mathcal{E}_n – идеал ўлчаш тизимидан фойдаланилгандаги объектдан кўрилган иқтисодий самара.

Бажариладиган функцияларнинг тўлиқлиги, яъни назоратдаги ёки бошқариладиган объект ўлчаш тизимининг қамраб олинишидир.

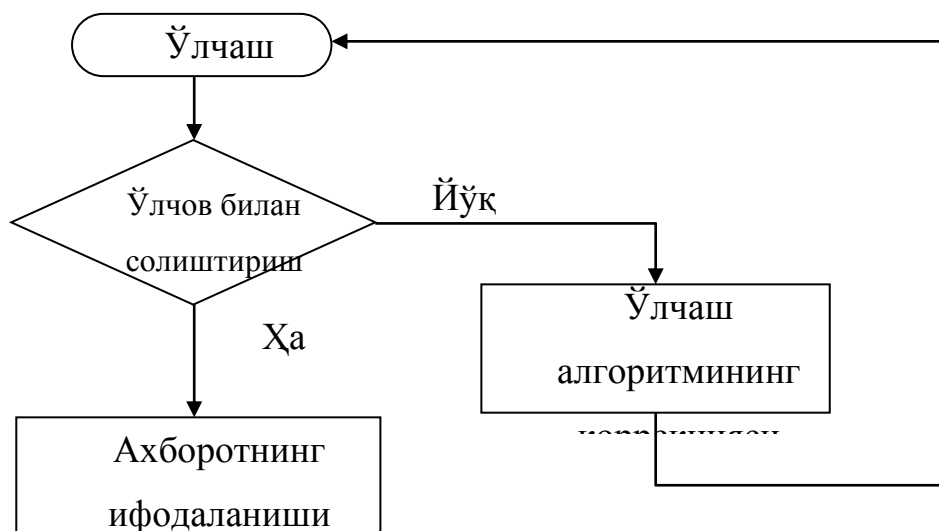
Тўлиқликни характерловчи коэффициент

$$P = \frac{N_k}{N}, \quad (17.3)$$

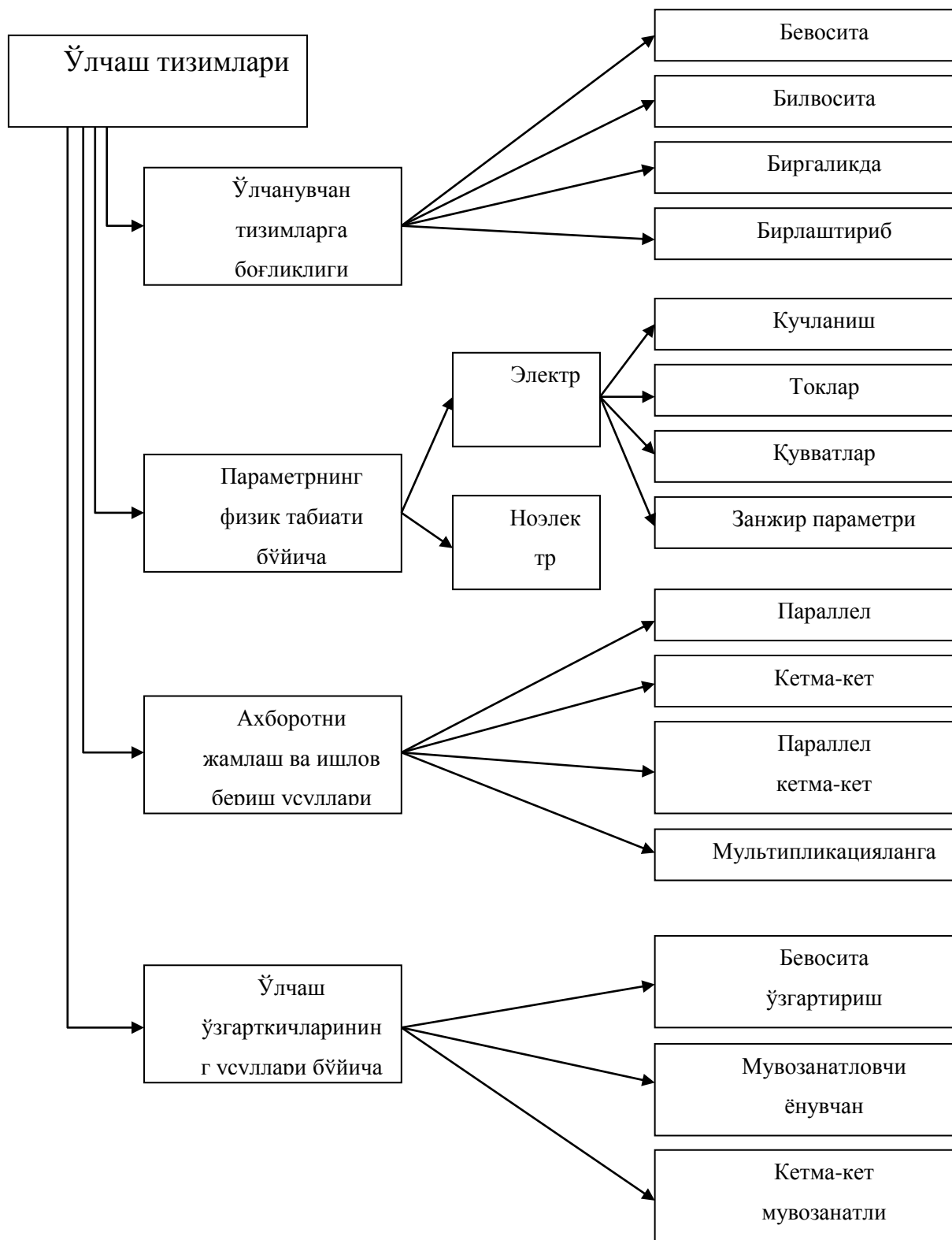
бу ерда, N_k – ўлчаш тизими қамраб олган объект параметрларининг сони, N – объект параметрларининг умумий сони (масалан, назорат, ўлчаш, бошқариш).

Ҳақиқийлик умумлашган характеристикалардан ҳисобланади. Ҳақиқийлик аҳамиятли омилларидан бўлиб назорат қилинувчи параметрларнинг ўлчаш аниқлиги бўлиб ишончлилик ва бутун қурилманинг халақитбардошлиги ҳисобланади.

Алгоритмик тузилмаларнинг энг содда ва кенг тарқалган шакли бўлиб, 17.3-расмда келтирилган блок схема ҳисобланади.



17.3-расм. Катталиқни ўлчаш алгоритми блок-схемаси



17.4-расм. Ўлчаш тизимларининг содалаштирилган классификацияси

Ўлчаш тизимлари яқиндан ва узоқдан таъсирлашиши мумкин. Тизимнинг киришига вақт бўйича ўзгарувчан ва фазода тақсимланган катталиклардан берилиши мумкин. Ўлчаш тизимларининг соддалаштирилган классификацияси 17.4-расмда келтирилган.

18. АХБОРОТ-ЎЛЧАШ ТИЗИМЛАРИ МЕТРОЛОГИК ТАЪМИНОТИ

18.1 Ўлчаш тизимларининг метрологик характеристикалари

Амалдаги стандарт талабларига кўра ҳар бир ўлчов тизимларининг (ЎТ) ўлчаш каналлари (ЎК) учун метрологик характеристикалари меъёрланган бўлиши керак. Норматив ҳужжатларга мувофиқ ҳолда ЎТ ЎК меъёрланадиган метрологик характеристикаларининг рўйхати 18.1-жадвалда келтирилган. Таҳлил шуни кўрсатадики, ЎТ ЎК нинг метрологик характеристикаларини қатор гуруҳлар учун меъёрлаш, масалан ўзгартириш функциясининг характеристикаси (1-гуруҳ), динамик характеристикалар (4-гуруҳ) ва объект билан таъсирлашувчи характеристикалар ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикаларини меъёрлаш билан баробардир. Шу билан биргаликда ЎТ ЎК нинг хатолар характеристикаси (2-гуруҳ) ва таъсир этувчи катталикларга бўлган сезгирлик характеристикаси (3-гуруҳ) айрим хусусиятга эга бўлиб, меъёрлаш қуйидаги ҳолатлар ҳисобга олинган ҳолда ўтказилиши керак.

Биринчидан, ташкил этувчиларга бўлинган хатолар характеристикалари (18.1-жадвалнинг 2.1-пункти) ўлчаш натижалари хатоларининг чегараларини ҳисоблашнинг анча аниқроқ усулларини таъминлайди, шунинг учун, регламентация, ўлчаш хатоларини ташкил этувчига бўлмайдиган регламентациядан афзалроқ ҳисобланади (18.1-жадвалнинг 2.2-пункти).

Иккинчидан, хатолар характеристикалари ЎТ ЎКнинг нормал ёки қўлланилишининг ишчи шароитларида меъёрланиши мумкин.

Учинчидан, ЎТ ЎКнинг метрологик характеристикаларини регламентлаш, ЎТ ЎК компонентларининг метрологик характеристикаларини меъёрланишини инкор этмайди.

ЎТ ЎК метрологик характеристикаларининг рўйхати

№	Метрологик характеристика	Меъёрлаш усуллари
1	Ўзгартириш функциясининг характеристикаси	Номинал ўзгартириш функцияси
		Чиқиш коди
		Код разрядларининг сони
		Энг кичик код разряди бирлигининг номинал қиймати
2	Хатолар характеристикаси	
2.1.1	Хатони систематик ташкил этувчисининг характеристикалари	Хатони систематик ташкил этувчисининг йўл қўйиладиган (ёки ишонч чегаралари) чегаралари
		Хатони систематик ташкил этувчисининг йўл қўйиладиган (ёки ишонч чегаралари) чегаралари, математик кутилмаси ва хатони систематик ташкил этувчисининг ўрта квадратик четланиши.
		Хатони систематик ташкил этувчисининг йўл қўйиладиган (ёки ишонч чегаралари) чегаралари, берилган вақт интервалида хатонинг систематик ташкил этувчисининг (ёки ишонч чегаралари) йўл қўйиладиган ўзгариш чегаралари.
2.12	Хатони тасодифий ташкил этувчисининг характеристикалари	Хатони тасодифий ташкил этувчиси ўрта квадратик четланишининг йўл қўйиладиган чегараси

		18.1-жадвал давоми
		<p>Хатони тасодифий ташкил этувчиси ўрта квадратик четланишнинг йўл қўйиладиган чегаралари, ЎТЎК хатолиги тасодифий ташкил этувчисининг номинал нормалланган автокорреляцион функцияси ва ундан четланишнинг йўл қўйиладиган чегараси.</p>
		<p>Хатони тасодифий ташкил этувчиси ўрта квадратик четланишнинг йўл қўйиладиган чегараси, ЎТЎК хатолиги тасодифий ташкил этувчисининг номинал спектрал зичлиги ва ундан четланишнинг йўл қўйиладиган чегараси.</p>
2.2	<p>Ташкил этувчиларга ажратилмаган хато характеристикалари</p>	<p>Хатонинг йўл қўйиладиган (ёки ишонч чегаралари) чегаралари</p> <p>Хатонинг йўл қўйиладиган (ёки ишонч чегаралари) чегаралари, математик кутилмаси ва ўрта квадратик четланиши</p> <p>Хатони систематик ташкил этувчисининг йўл қўйиладиган (ёки ишонч чегаралари) чегаралари, берилган вақт интервалида хатонинг систематик ташкил этувчисининг (ёки ишонч чегаралари) йўл қўйиладиган ўзгариш чегаралари</p>

18.1-жадвал давоми

3	Таъсир катталикларга сезгирлик характеристикалари	этувчи бўлган	Номинал таъсир функцияси ва ундан йўл қўйилган четланишлар (ишонч чегаралари) чегаралари
			ЎТ ЎК метрологик характеристикалари ўзгаришларининг йўл қўйиладиган чегаралари, бу ўзгаришлар, ташқи таъсир этувчи катталикларнинг ва кириш сигнали ноинформатив параметрларнинг номинал қийматларидан четланиши ҳисобига пайдо бўлади
			Таъсир кўрсатишнинг динамик характеристикалари, масалан: а) вақт бўйича ўзгарувчи таъсир этувчи катталик ва ЎТ ЎК нинг чиқиш сигнали орасидаги боғланишнинг номинал функцияси ҳамда ундан четланишининг йўл қўйиладиган чегараси б) Кўрсатишларни ёки ЎТ ЎК нинг чиқиш сигналининг ўрнатиш вақти
4	Динамик характеристикалар		
4.1	Тўлиқ характеристикалар	динамик	Ўтиш характеристикаси
			Импульсли ўтиш характеристикаси
			Амплитуда-фазавий характеристика
			Амплитуда-частотавий ва фаза-частотавий характеристикалар бирлашмаси
			Қайтиш функцияси

		18.1-жадвал давоми
4.2	Хусусий динамик характеристикалар	ЎТ ЎК нинг ўлчаш (ёки чиқиш сигналини ўрнатиш) вақти
		Натижалар берилишини тўхтатиш вақти
		Ҳисобни муддатлаш хатолиги
		Ўлчашларнинг максимал частотаси (тезлиги)
5	Ўлчаш объекти билан ўзаро таъсирлашиш характеристикалари	ЎТ ЎК нинг кириш ёки чиқиш импеданси

Стандартлар РЎКнинг ўлчаш имкониятларининг метрологик характеристикаларини меъёрлаш, РЎК ҳисоблаш компоненталарининг метрологик характеристикаларини маъёрлашни назарда тутди.

Бажарилган таҳлиллар шуни кўрсатадики, ЎК нинг метрологик характеристикаларини меъёрлаш, мураккаб кўп вариантли масала бўлиб ҳисобланади. Меъёрлашнинг у ёки бу вариантини танлаш ЎТ ёки ЎК ни юқорида эслатилган классификацион белгилари ва қуйидаги баён қилинадиган тасдиқлаш усуллари билан аниқланади (18.1-расм). Билвосита (биргаликда, бирлаштириб) ўлчашларни амалга оширувчи мураккаб ЎК характеристикаларини меъёрлаш алоҳида кўриб чиқилишини талаб қилади. Стандартларнинг талабларига мувофиқ ҳолда, хатоларнинг йўл қўйиладиган чегаралари бирга тенг бўлган эҳтимоллик билан регламентланиши керак. Шунга кўра мураккаб ЎК хатоларининг йўл қўйиладиган хатоларини топиш учун, оддий ЎК йўл қўйиладиган хатоларининг чегаралари модулларининг йиғиндисини олиш керак.

18.2. Ўлчаш тизимлари метрологик характеристикаларнинг меъёрларга мувофиқлигини тасдиқлаш усуллари

ЎТ ЎК метрологик характеристикаларининг ўрнатилган меъёрларга мувофиқлигини тасдиқлаш усуллари (18.2-расм) учта белгига асосан классификацияланади. Классификациялашнинг аҳамиятли белгиси бўлиб ЎТ ЎК метрологик характеристикаларининг ўрнатилган меъёрларга мувофиқлигини баҳолаш (миқдорий ва альтернатив) ҳисобланади. Шунга мувофиқ ҳолда усуллар қуйидагиларга бўлинади:

- метрологик характеристикаларни назорат усуллари;
- метрологик характеристикаларни аниқлаш усуллари.

Ушбу усулларнинг типик вакиллари бўлиб қиёслаш (ЎК қўлланилишга яроқлилиги) ва калибровка (ЎТ ЎК метрологик характеристикаларини аниқлаш) ҳисобланади. Иккинчи классификацион белги – бу ЎК компонентларини экспериментал текширувга қамраб олиниши методларни иккита классга бўлади:

- элементлар бўйича текширув усуллари;
- комплектли текширув усуллари.

Биринчи ҳолда ЎК ҳар бир алоҳида компонентини унга ўрнатилган меъёрларга мувофиқлиги текширилади. Иккинчи ҳолда ЎК ёки унинг қисмининг мувофиқлиги текширилади, у учун экспериментал текширув амалга оширилиши мумкин.

Учинчи классификацион белги – бу экспериментал тадқиқотларнинг мавжудлиги усулларни иккита классга бўлади:

- ҳисоблаш усуллари;
- экспериментал усуллар.

Таҳлилни, дастлаб, экспериментал усуллардан бошлаймиз. Экспериментал усулларни амалга ошириш учун қуйидагилар зарур:

- ЎК киришидан фойдаланиш мумкинлиги;

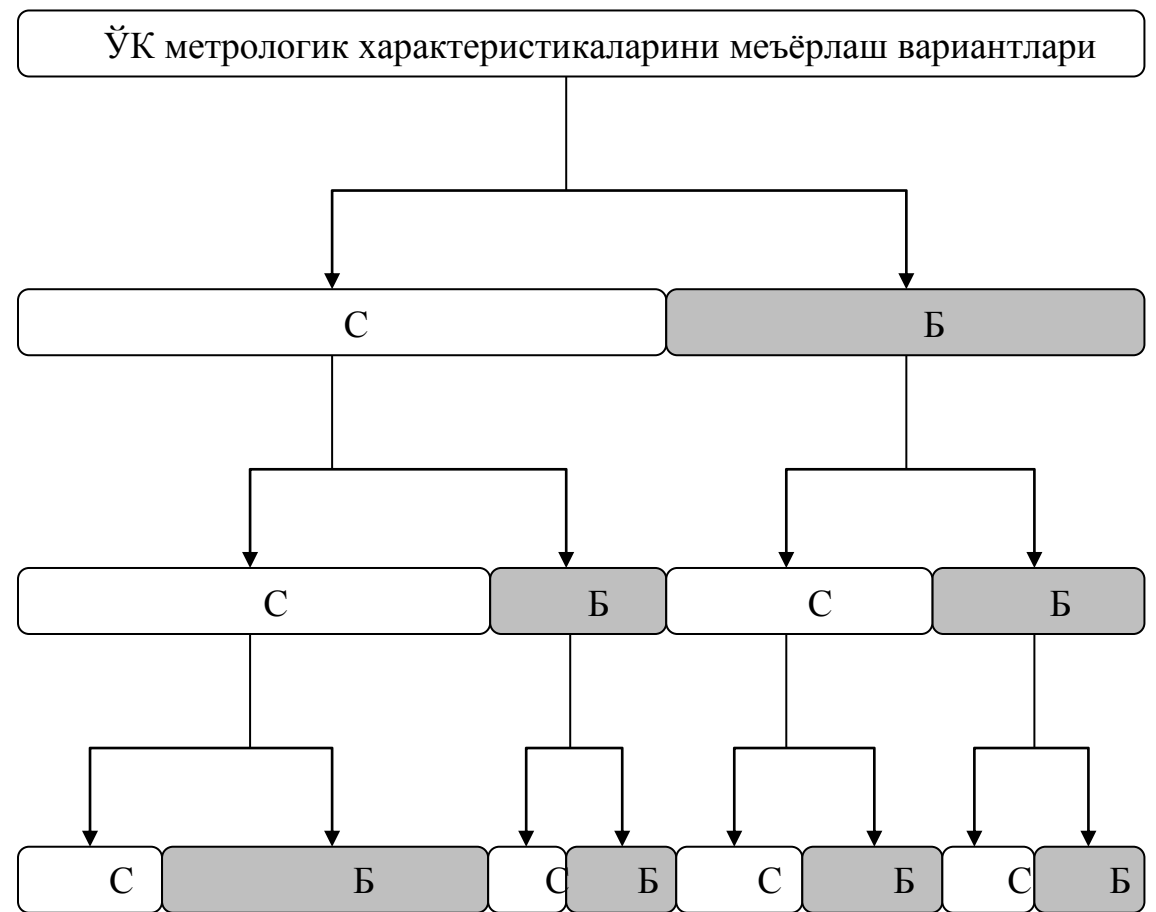
- эталонларнинг ва ўлчанадиган катталикларни берувчи воситалар.

Синаш ва ЎТ эксплуатацияси шароитлари учун характерли бўлган таъсир этувчи катталиклар қийматлари зарурий тўпламини бериш имкониятининг мавжудлиги.

Компонентларнинг метрологик характеристикалари бўйича
С – меъёрлаш билан
Б – меъёрламасдан

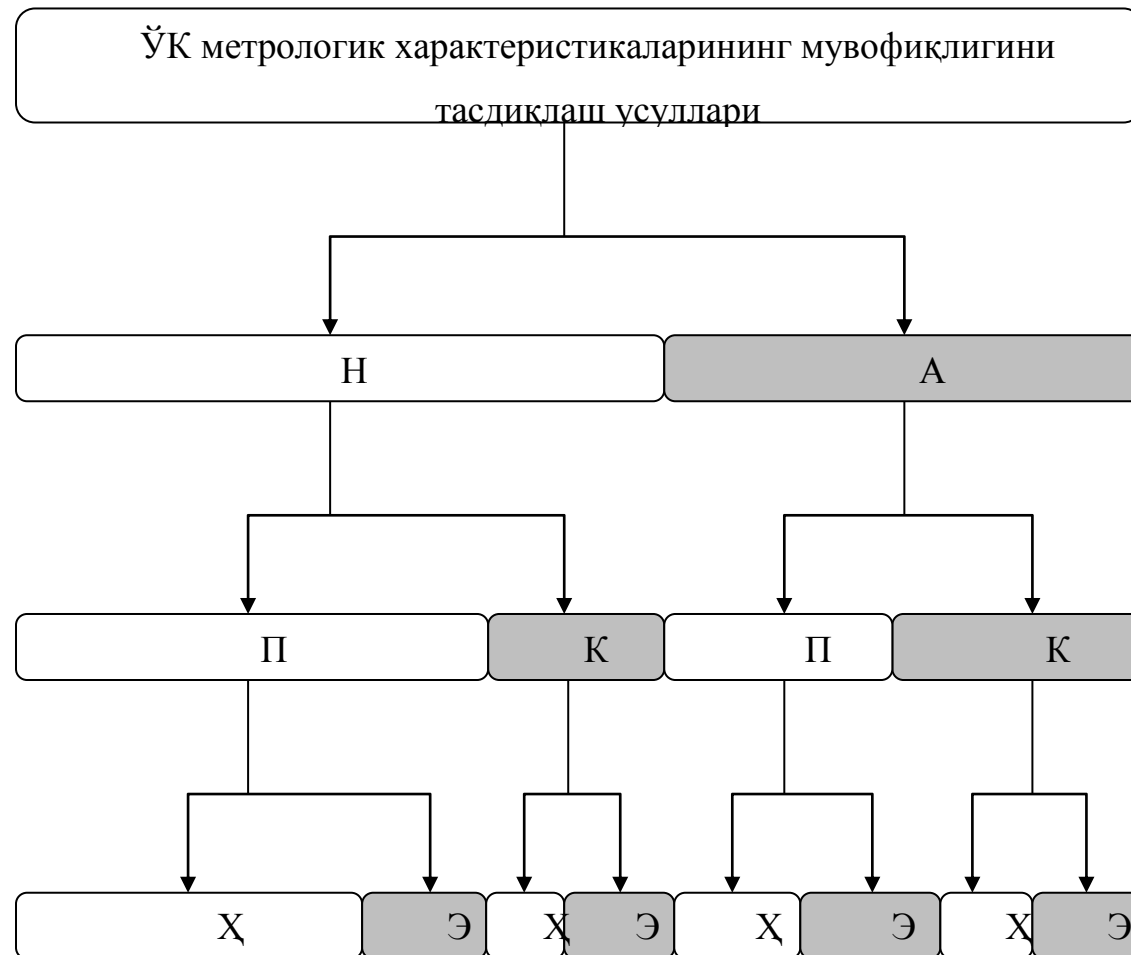
Нормал шароитлар бўйича
С – меъёрлаш билан
Б – меъёрламасдан

Хатони ташкил этувчилари бўйича
С – меъёрлаш билан
Б – меъёрламасдан



18.1-расм. ЎТ ЎК метрологик характеристикаларини меъёрлаш вариантларининг классификацияси.

Микдор бўйича альтернатив
Н – назорат
А – аниқлаш
ЎК компонентларини қамраб олиш бўйича
П – элементлар бўйича
К – комплектли
Экспериментнинг мавжудлиги бўйича
Ҳ – ҳисоблаш
Э – экспериментал



18.2-расм. ЎТ ЎК метрологик характеристикаларининг меъёрларга мувофиқлигини тасдиқлаш усуллари таҳлили.

Экспериментал тадқиқотларни амалга оширишда қуйидаги тадбирларни бажариш мақсадга мувофиқ бўлади:

- ташқи кўрик;
- ишлашини текшириш;
- ЎК компонентларининг эксплуатация шароитларини текшириш;
- дастурий таъминотининг тўлиқлигини текшириш;
- ахборот алмашинуви хатоларининг йўқлигини текшириш.

Шуни алоҳида таъкидлаш жоизки, эксперимент шароитларига бўлган талаблар назорат усуллари ва аниқлаш усуллари учун кескин фарқ қилиши мумкин.

ЎТни назорат қилишда нормал эксплуатация шартлари сақланиши керак. Шунга биноан қиёслашдаги муҳим тадбирлардан бири – катталиклар бирликларининг ўлчамларини эталонлардан қиёсланадиган ЎТнинг ЎКга узатилиши айнан, нормал шароитларда амалга оширилиши керак.

Назорат қилиш тадбирларининг хусусиятларига, назорат жоизлигини (метрологик захира коэффиценти деб номланадиган) қиёслашнинг талаб қилинган ишончлилигини таъминлаш учун киритиш мумкин. Ушбу ҳолда, қиёсланаётган ЎК қўлланилишга яроқли деб, фақат асосий хатони текширишда унинг қийматлари йўл қўйиладиган чегаралардан ортиб кетмаса, топилади.

$$\Delta_{\text{йўл}} = \pm kx / \Delta_{\text{асос}},$$

бу ерда, $\Delta_{\text{асос}}$ – қиёсланаётган ЎТ ЎК учун регламентланган асосий хатонинг йўл қўйиладиган хатоларининг чегараси; k – коэффициент бўлиб, назоратнинг жоизлигини ва қиёслашнинг ишончлилигига бўлган талабларига ҳамда эталон хатоларининг чегаралари ва қиёсланувчи ЎТнинг ЎК орасида муносабатни аниқлайди; x – ўлчанаётган катталик.

$$k \leq 1.$$

Шуни ёддан чиқармаслик керакки, k – коэффициентнинг камайиши билан қўлланилишга яроқли ҳолдаги ЎТ ЎК яроқсиз ҳолатга тан олиниши эҳтимоллиги ортиб боради. Айнан, шунинг учун ЎТ ЎКнинг назорат қилинишини, ушбу назорат шароитларининг нормал шароитдан сезиларсиз четланишдагина ўтказиш мақсадга мувофиқдир. Акс ҳолда қуйидагилар тўғри келади:

- ёки k -коэффициентни шундай қийматгача камайтириш керакки, амалда ЎТ ЎКнинг барча назорат қилинувчилари яроқсиз деб тан олинади;
- ёки назоратнинг ишончлилиқ қийматини камайтириш, яъни, амалда қўлланилишга яроқсиз бўлган ЎТ ЎКни қўлланилишга яроқли деб тан олиниши эҳтимоллигини ошириш керак бўлади, маълумки, бунга йўл қўйиб бўлмайди.

Экспериментал тадқиқотлар дастурини яратишда (синаш, қиёслаш, калибрлар) ЎКнинг ўлчаш диапазонидаги текшириладиган нуқталарни ва ушбу текшириладиган нуқталардаги ўлчашлар сонини белгилаш зарур бўлади. Норматив ҳужжатларнинг талабларига кўра ўзгартириши чизиқли номинал функцияли бўлган ЎК учун унинг ўлчаш диапазонидаги текшириладиган нуқталар сони қуйидагича танланади:

- агар, ўлчанадиган катталиқнинг нолинчи қиймати ЎК ўлчаш диапазонидаги ўртасида жойлашган бўлса, текшириладиган нуқталар сони 11 та тенг деб олинади (5 тадан нуқта ўлчаш диапазонидаги мусбат ва манфий қисмларида ва битта нолинчи қиймат яқинида бўлади);
- агар, ўлчанаётган катталиқнинг нолинчи қиймати ЎК ўлчаш диапазонидаги четида жойлашган бўлса, у ҳолда, текширилаётган нуқталар сони 5 га тенг деб олинади.

ЎКнинг ўлчаш диапазони текшириладиган нуқтадаги умуман ўлчашларнинг тавсиявий сони 3.2-жадвалда келтирилган ва хатони тасодифий ташкил этувчисининг ва вариациянинг аҳамиятлилигига доир априор маълумотларга боғлиқ. Мураккаб ЎК учун метрологик

характеристикаларнинг ўрнатилган меъёрларга мувофиқлигини экспериментал тасдиқлаш ҳозирча норматив ҳужжатлар билан регламентланмаган.

18.2-жадвал

ЎК ўлчаш диапазони нуқтасидаги ўлчашларнинг тавсиявий сони

Хатони ташкил этувчилари		Тавсия этиладиган ўлчашлар сони
Тасодифий	Вариация	
Аҳамиятсиз	Аҳамиятсиз	1
Аҳамиятсиз	Аҳамиятсиз	2
Аҳамиятли	Аҳамиятли	8-10
Аҳамиятли	Аҳамиятли	16-20

Вариация мавжуд бўлганда эксперимент икки мартаба амалга оширилади: дастлаб ЎК ўлчаш диапазонининг текшириладиган нуқтасига кам қиймат томонидан, кейин, катта қиймат томонидан (ёки аксинча).

Мураккаб ЎК текшириш учун бирламчи ўлчаш ўзгарткичларининг (БЎЎ) чиқиш сигналларини имитациясига асосланган ёндошувдан фойдаланилиши мумкин. Метрологик характеристикаларни алоҳида текшириладиган БЎЎ ўрнига эталонлар уланади, яъни ЎТ ЎК метрологик характеристикаларининг “қисман комплект” текшируви амалга оширилади. Бунда, ҳар бир текшириладиган нуқтага ҳар бир БЎЎ чиқиш сигналининг минимал $x_{min}=x_{ном}-\Delta$, ва максимал $x_{max}=x_{ном}+\Delta$ қиймати кетма-кет имитацияланади.

Δ – БЎЎ хатолигининг йўл қўйиладиган чегаралари. Мураккаб ЎК бир нечта БЎЎ фойдаланилиши инobatга олиниб, эталонларнинг минимал ва максимал қийматларининг мумкин бўлган комбинациялари учун ЎК нинг хатолари аниқланади. ЎК нинг текширилаётган нуқтадаги хатолигининг баҳоси сифатида олинган қийматларнинг максимали олинади.

ЎТ ЎК метрологик характеристикаларини ҳисоблаш усулларидадан ЎТ ЎК метрологик характеристикаларини уларни яратиш босқичидаги лойиҳавий баҳолашда, ҳамда ЎТни эксплуатацияга киритишда фойдаланиш мумкин. ЎТ ЎК хатоларини аниқлашда ҳисоблаш усулларида қўлланилиши ЎТнинг хусусиятларига асосланади. Ушбу хусусиятлар, уларга текширишнинг анъанавий усулларида, яъни ЎТ ЎК метрологик характеристикаларини ўрнатилган меъёрларга мувофиқлигини аниқлаш усулларида қўллаш имкониятини бермайди.

ЎТ метрологик характеристикаларини, компонентларининг метрологик характеристикалари бўйича ҳисоблаш учун қўллаш мумкин:

- ҳужжатларда келтирилган метрологик характеристикаларнинг нормаланган қийматлари;
- метрологик характеристикаларнинг эксперимент натижалари бўйича олинган натижалар.

18.3. Ўлчаш тизимларининг метрологик таъминоти

ЎКнинг таркиби ва характеристикалари уни ташкил этувчи компонентлари билан аниқланади ва лойиҳавий ва эксплуатацион ҳужжатларда тур тафсилоти бўйича регламентланади.

18.3-жадвал

ЎТ ЎК таркиби ва характеристикаларининг регламентланишига бўлган талаблар

ЎК бўлган талаблар/ЎК классификацияланишининг белгилари	ЎТ класслари	
ЎТ лойиҳаланиши бўйича	ЎТ-1	ЎТ-2

18.2-жадвал давоми			
.1	ЎК таркиби ўлчаш воситаларининг тури, уни ҳосил қилувчилари регламентланиши керак	ЎК нинг ҳар бир тури учун	ЎК нинг ҳар бир нусхаси учун, уни ўрнатиш жойи кўрсатилган ҳолда
.2	Компонентларнинг эксплуатация шароитлари регламентланиши керак:	ЎК нинг ҳар бир тури ёки ЎТнинг ҳар бир компоненти учун	ЎК нинг ҳар бир нусхаси, ЎК гуруҳи ёки ЎТнинг ҳар бир компоненти учун
.3	Ўлчашлар диапазони, меъёрланадиган метрологик характеристикалари ва уларни ўрнатилган меъёрларга мувофиқлигини текшириш усуллари регламентланиши керак:	ЎК нинг ҳар бир тури учун	ЎК нинг ҳар бир нусхаси ёки ЎК гуруҳлари учун
	Хизмат кўрсатиш характери бўйича	Хизмат кўрсатиладиган	Хизмат кўрсатилмайдиган
.1	Компонентларнинг ишончлилиқ характеристикалари ўрнатилган метрологик характеристикаларни ва ЎТ ишончлилиқ характеристикаларини таъминлаши керак:	Қиёслаш орасидаги интервал давомида	ЎТ хизмат қилиш муддати давомида
.2	Компонентларни резервлаш таъминлаши зарур	Техник хизмат кўрсатиш ва ЎТни таъмирлаш мумкинлигини	ЎТ ишончлилигининг талаб қилинадиган характеристикалари

18.1-жадвал давоми			
	Объектда тақсимланганлиги бўйича	Тақсимланган	Локаллашган
.1	Компонентларнинг эксплуатация шароитлари регламентланган бўлиши керак, назорат ва таъминотга тортилади	Бир неча биноларда	Битта бинода
.2	Боғловчи компонентларга алоқа линиялари (симсизни кўшган ҳолда) орқали санкцияланмаган фойдаланишлардан химоялаш бўйича талаблар ҳамда, ўтиш қурилмалари ва таъминот бўйича талаблар регламентланиши керак	Электромагнит халақитлари шароитларида ҳаққоний ахборотларни (шу жумладан симсиз) ишончли узатилиши	Ҳаққоний ахборотларни ишончли узатиш, шу жумладан ўлчов сигналларни минимал бузилишлар билан

Регламентлаш, ЎК компонентлари мажмуаси ва уларни ўлчаш диапазони бўйича эксплуатацияси шартлари ва нормаланадиган метрологик характеристикаларга ва шунга кўра метрологик характеристикаларнинг ўрнатилган меъёрларга мувофиқлигини текшириш усулларига мослигини акс эттириши керак. ЎК таркибининг регламентланишини таҳлил қиламиз. ЎК таркиби ва характеристикаларини ЎКнинг классификацион белгилари билан солиштиришни регламентлаш талаблари 18.3-жадвалда келтирилган.

Хусусан, ЎК таркиби, ЎТ-1 ва ЎТ-2 учун турлича регламентланиши керак. Масалан, ЎТ-1 учун ЎК ҳар бир турининг компонентлари ўлчаш воситасининг тури ва уни ҳосил қилувчилари регламентланиши керак. Ундан ташқари ЎК нинг ҳар бир тури учун ўлчаш диапазони ва метрологик

характеристикалари, ЎК нинг компонентлари учун эса уларнинг эксплуатация шароитлари регламентланиши керак. Шу билан бир қаторда, ЎТ-2 учун ЎК нинг ҳар бир нусҳаси ўлчаш воситасининг тури, уни ҳосил қилувчилари ва уларни ўрнатиш жойи регламентланиши керак.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения – М.: Компания Сайрус Системс, 1999. 671 с.
2. Иоргачев Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи. М.: Эко-трендз, 2002, 276 с;
3. А.А.Абдувалиев, П.Г.Авакян, А.Б.Содыков, А.С.Умаров, О.Ш.Хахимов. Основы обеспечения единство измерений. Кн. 1 Ташкент-2005, 230 стр.
4. Исаев Р.И., Каримова У.Н. Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш. Дарслик – Т.: “Fan va texnologiya”, 2011, 496 б;
5. Метрология и измерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов/ Б.П.Хромой – М.: ИРИАС, 2007
6. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебное пособие/ С.И.Боридько, Н.В.Дементьев, Б.Н.Тихонов, И.А.Ходжаев.; Под ред. Б.Н.Тихонова – М.: Горячая линия – Телеком, 2007
7. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов/ В.И.Нефедов, В.И.Хахин, Е.В.Федорова и др.; Под ред. В.И.Нефедова. – М.: Высш.шк., 2005
8. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи. Учебное пособие для вузов/ Б.П.Хромой, А.В.Кандинов, А.Л.Сенявский и др.; Под ред. Проф. Б.П.Хромого – М.: Радио и связь, 1986 – 424 с.
9. Мунаваров А., Перепада Н. (пер. Ахмедова Ё., Туляганов Ш.) Алоқа линиялари ва узатиш тизимларига оид атамаларнинг русча-ўзбекча изоҳли лугати. Т.: 2008, 255 б.
10. Парпиев М.П. Метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаштириш. Маърузалар матни. Т.: ТАТУ, - 2014, 147 б;
11. Парпиев М.П. Электррадиоўлчашлар. Ўқув қўлланма. Т.: “Aloqachi”, 2011, 186 б;

12. Парпиев М.П., Рахмонова Г.С., Иногамова Н.С. Ўлчаш хатоликлари. Ўқув қўлланма. Т.: “Алоқачи”, 2014, 125 б;
13. Под ред. Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы – М.: ООО “Волоконно-оптическая техника”, 2005 – 576 с.
14. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация. Учебное пособие для вузов/ Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. – М.: ЛОГОС, 2005 – 196 с.
15. Технологии измерений в первичной сети. Части 1 и 2. И.Г.Бакланов, М.: Радио и связь. ИТЦ «Эко-Тренз», 2000 г.
16. Ўзбекистон Республикасининг «Метрология тўғрисида»ги қонуни 1993й. 28 декабр (ўзгартиришлар киритилган)
17. Ўзбекистон Давлат стандарти О'з DSt 8.12:2010, ЎДТ. “Катталиклар”
18. Ўзбекистон Давлат стандарти О'з DSt 8.003:2005, Ўлчаш воситаларини қиёслаш. Умумий талаблар.