

**O'ZBEKSTAN RESPUBLIKASI' BAYLANI'S,
INFORMACIYALASTI'RI'W HA'M TELEKOMMUNIKACIYA
TEXNOLOGIYALARI' MA'MLEKETLIK KOMITETI
TASHKENT INFORMACIYALI'Q TEXNOLOGIYALARI'
UNIVERSITETI
NO'KIS FILIALI'**

“KOMPYUTER INJINIRINGI” FAKULTETI

**“TELEKOMMUNIKACIYA INJINIRINGI”
KAFEDRASI'**

**“Optik talshi`qli` baylani`s uzati`w sistemalari` modulinde
qollani`latug`i`n fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`ni`n` texnikali`q sheshimlerin
islep shi`g`i`w” atli' temasi'ndag'i'**

PITKERIW QA'NIYGELIK JUMI'SI'

Wori`nladi':

“5522200-telekommunikaciya”
ta'lim bag'dari' pitkeriwshi 4 kurs
studenti
AjibaevaK. _____

Ilimiy basshi':

“O'zbektelekom” AK “TTT”
filiali'ni'n 6-bag'lamasi'ni'n
jetekshi injeneri
Axmetov S. _____

Pitkeriw qa'nigelik jumi'si' kafedradan da'slepki qorg'awdan wo'tti.
_____sanli' protokli' “_____” _____2014 ji'l

No'kis2014

**O'ZBEKSTAN RESPUBLIKASI' BAYLANI'S,
INFORMACIYALASTI'RI'W HA'M TELEKOMMUNIKACIYA
TEXNOLOGIYALARI' MA'MLEKETLIK KOMITETI
TASHKENT INFORMACIYALI'Q TEXNOLOGIYALARI'
UNIVERSITETI
NO'KIS FILIALI'**

“Kompyuter injiniringi” fakulteti

“Telekommunikaciya injiniringi” kafedrasi'

5522200 – Telekommunikaciya bakalavr ta'lim bag'dari'

“Tasti'yi'qlayman”
Telekommunikaciya injiniringi
kafedrasi' basli'g'i'
_____ K.O.Tleuov
«____» _____ 2014 j

Ajibaeva Kamila Maxsudovna

Qa'niygelik jumi's temasi': “Optik talshi`qli` baylani`s uzati`w sistemalari` modulinde qollani`latug`i`n foto qabi`llag`i`sh quri`lmasi`ni`n` texnikali`q sheshimlerin islep shi`g`i`w” atli' temasi`ndag`i' pitkeriw qa'niygelik jumi'si' natiyisli

TAPSI'RMA

- 1.** Tema TITU No'kis filiali'ni'n' 2014-ji'l 4-marttag'i' №122-sanli' buyri'g'i' menen tasti'yqlang'an
- 2.** Qa'niygelik jumi'si'n tapsi'ri'w mu'ddeti: 2014 ji'l “6” iyun
- 3.** Qa'niygelik jumi's ushi'n mag'li'wmatlar: Optik-talshi`qli` xabar uzati`w sistemalari`na tiyisli a'debiyatlar, internet mag'li'wmatlari' ha'm tarawg'a tiyisli ilimiy a'debiyatlar, amawli' a'debiyatlar ha'm internet saytlar tiykari'nda.
- 4.** Qa'niygelik jumi's bo'liminin' mazmuni' (islepshi'g'i'li'wi' lazi'm bolg'an sorawlar dizimi):
 1. Optiktalshiqlixabaruzati`wsistemalari` (OTXUS).
 2. Fotoqabi`llag`i`sh strukturali`q sxemasi`n tan`law ha'm tiykarlaw
 3. FQQda`slepiku`sheytirgishinin` principalsxemasi`ntanlawha`mtiykarlaw.
 4. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`ni`n` yesabati`.
 5. Wo`mir qa`wipsizligin ta`miyinlew.

5. Si'zi'lmalari dizimi (wori'nlani'wi' sha'rt bolg'an si'zi'lma ha'm grafikler): Pitkeriw qa'niygelik jumi'si'ndagrafikler, sxemalar ha'm su'wretleri bar.

6. Tapsi'rma berilgensi'ne _____

Ilimiy basshi' _____

Tapsi'rmani' aldii'm _____

7. Jumi'sti'n' ayi'ri'mbo'limleri boyi'nshama'sla'ha'tshi'lar:

Bo'lim atamasi'	Ma'sla'ha'tshi'	qoli', sa'ne	
		Tapsi'rma berildi	Tapsi'rma ali'ndi'
1. Tiykarg'i' bo'lim	Axmetov S.	04.04.2014	

8. Jumi'sti'ori'nlaw grafigi

q/s	Jumi's bo'limlerini' atamasi'	Wori'nlaw mu'ddeti	Basshi' (ma'sla'ha'tshi') qoli'
1.	Optik talshiqli xabar uzati'w sistemalari` (OTXUS)	18.04.2014	
2.	Foto qabi'llag'i'sh strukturali`q sxemasi`n tan'law ha'm tiykarlaw	25.04.2014	
3.	FQQ da'slepki ku'shey tirgishinin` principial sxemasi`n tanlaw ha'm tiykarlaw	12.05.2014	
4.	Foto qabi'llag'i'sh quri'lmasi`ni`n` yesabati`	22.05.2014	

Pitkeriwshi_____

2014ji'l «_____»_____

Ilimiy basshi'_____

2014ji'l «_____»_____

ANNOTACIYA

Bul jumi`sta talap yetiliwshi dinamik chastotali` diapazonlari`n ta`miynlewshi ha`m optik-talshi`qli` xabarlardi` uzati`w sistemalari`ni`n` tiykarg`i` elementi boli`p yesaplani`wshi` fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` islep shi`g`ari`ldi`. Bul fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`  $\geq 60$  dB dinamik diapazoni`na, kishi wo`z shawqi`mi`na ha`m signal xarakteristikalarin` pa`seytirmeytug`i`n qa`siyetlerine iye boli`p, texnik talaplarg`a juwap beredi. Quri`lmani` a`meliyatta paydalani`w maqsetke muwapi`q.

АННОТАЦИЯ

В данной работе разрабатывается фотоприёмное устройство обеспечивающее заданные динамические частотные диапазоны и являющийся основным элементом волоконно-оптической системы передачи информации. Это фотоприёмное устройство имеющее динамический диапазон ≥ 60 dB, малые собственные шумы и не снижающее сигнальную характеристику соответствует техническим требованиям. Устройство приемлемо для использования.

THE SUMMARY

In this work the photointake providing the set dynamic frequency ranges and being a basic element of fiber-optical system of information transfers is developed. This photointake having dynamic range ≥ 60 dB, small own noise and not reducing the alarm characteristic conforms to technical requirements. The device is acceptable for use.

MAZMUNI`

KIRISIW.....	6
1. 1. OPTIK TALSHIQLI XABAR UZATI`W SISTEMALARI` (OTXUS).....	8
1.1. Optik talshi`qli` xabar uzati`w sistemelari`ni`n`du`zilis prinsipleri.....	8
1.2. Analog optik talshi`qli` xabar uzati`w sistemelari`nda signallardi`n` qa`teliklerin wo`lshew ha`m eksperimental baqlaw.....	16
1.3. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmalari` (FQQ).....	20
2. FOTOQABI`LLAG`I`SH STRUKTURALI`Q SXEMASI`N TAN`LAW HA`M TIYKARLAW.....	24
3. FQQ DA`SLEPKI KU`SHEYTIRGISHININ` PRINCIPIAL SXEMASIN TANLAW HA`M TIYKARLAW.....	32
3.1 Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`ni`n` kiriw kaskadi`.....	32
3.2. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`ni`n` shi`g`i`w kaskadi`.....	36
4. FOTOQABI`LLAG`I`SH QURI`LMASI`NI`N` YESABATI`.....	39
4.1. Shi`g`i`w ha`m da`slepki ku`sheytingishinin` yesabati`.....	39
4.2. Da`slepki ku`sheytingish shi`nji`ri`ni`n` xarakteristikasi`n optimallasti`ri`w..	49
5. WO`MIR QA`WIPSIZLIGIN TA`MIYINLEW.....	54
5.1. Proektleniw ob`ektinin` xarakteristikalari`n, islep shi`g`ari`w wortali`qti` analizlew.....	54
5.2. Texnikaliq ha`m o`rt qa`wipsizligin ta`miynlew boyinsha is-ilajlar.....	57
JUWMAQLAW.....	59
PAYDALANI`LG`AN A`DEBIYATLAR.....	60

KIRISIW

Ha`zirgi zaman baylani`s sistemalari`nda mag`li`wmatlardi` uzati`w ushi`n tez (qi`stawli`) polosali` baylani`s kanallari` ja`nede ko`birek talap yetilmekte. Uzati`latug`i`n xabarlar ko`leminin` bunday arti`wi`n tek signallardi` uzati`w wortali`g`i` si`pati`nda optikali`q talshi`qti` paydalani`w arqali` juwap beriw mu`mkin. Optikali`q talshi`q ha`zirgi waqi`tta xabardi` uzati`w ushi`n yen` quramali`, sonday-aq, jeterli tu`rde ali`s arali`qqa xabarlardi`n` u`lken ag`mlari`n uzati`w ushi`n yen` istiqbolli wortali`q dep yesaplanadi`. Optikali`q talshi`q wo`zine ha`zirde ku`nde ha`m keleshekte isenimli rawajlani`wi`n ta`miyinlep aldi`.

Regionlar arasi`ndag`i` masshtabta optikali`q talshi`qli` tarmaqlardi`n` sinxron sanli` ierarxiya tiykari`nda isleytug`i`n (SDH) tarmaq quri`li`si`n ayri`qsha ta`riyplep wo`tiwimiz tiyis. Optik talshi`qti`n` ekonomikali`q jaqtan na`tiyjeliligi ushi`n paydali`li`gi`n bildiredi. Optik talshi`q kvarctan islep shi`g`ari`ladi`, woni`n` tiykari`n ta`biyatta ken` tarqalg`an kremniy yeki oksidi SiO_2 quraydi`. Mi`s ha`m qorg`asi`nni`n` du`nya ju`zlik rezervleri shegaralang`an ha`zirgi waqi`tta tabi`wg`a bolatug`i`n wo`nimge wo`tiw na`tiyjesinde optik kabellerdin` baxasi` mi`s kabellerge sali`sti`rg`anda 2:5 qatnasta arzanlasadi`. Buni`n` na`tiyjesinde de sari`p ka`rejetleri de kemeyedi.

Ha`zirgi waqi`tta pu`tkil du`nya boyi`nsha baylani`s xi`zmetlerinin` barli`q usi`ni`wshi`lari` bir ji`lda bir neshshe won mi`n` kilometrli optik talshi`qli` kabellerdi wo`tkizbekte. Ju`da` u`lken kompaniyalar, solardan Lucent Technologies, Nortel, Siemens, Alcoa Fujikura kompaniyalari` optik talshi`qli` texnologiyalar tarawi`nda intensiv izleniwler ali`p barmaqta.

Optik talshi`q kabellerinin` iri islep shi`g`ari`wshi`larg`a Rossiyada «Перспективные Технологии» firmasi`, Yaponiyada –«Fujikura», Germaniyada «Simens» boli`p yesaplanadi`.

OTB sistemalardi` uzati`w wortali`g`i` si`pati`nda qollani`latug`i`n optik talshi`qlardi`n` abzalli`qlari` to`mendegishe keltirilgen:

- Shawqi`m joqari` da`rejede qorshalg`anli`g`i` ushi`n si`rtqi` elektromagnit shawqi`mlari`na ta`sirshen` yemes. Soni`n` ushi`n ko`p talshi`qli` optik kabellerde ko`p jupli` mi`s kabellerige sa`ykes elektromagnit nurlani`wlardi`n` wo`z-ara ta`siri si`yaqli` mashqalalar ju`zege kelmeydi.
- Wo`tkiziw arali`g`i`ni`n` ken`ligi. Bir optikali`q talshi`q boylap sekundi`na bir neshshe terabayt xabarlar ag`i`mi`n uzati`w imkaniyati` bar. Optikali`q talshi`qta jaqti`li`q signallardi`n` kem so`niwi. Ha`zirgi ku`nde ko`plegen kompaniyalar ta`repinen islep shi`g`ari`li`p ati`rg`an optik talshi`qlar 1 kanal kilometr yesabi`nda 1,55 mkm tolqi`n uzi`nli`gi`nda 0,2-0,3 dB/km so`niyage iye.
- Salmag`i`ni`n` jen`illigi ha`m ko`leminin` kishkeneligi.
- Ha`r tu`rli ruxsat yetilmegen kiriw imkaniyati` boyi`nsha joqari` qa`wipsizlikti ta`miyinlew mu`mkinshiligine iye ekenligi (wonnan uzati`li`p ati`rg`an xabardi` uzati`p- qabi`llawdi` buzbastan ruxsatsi`z si`rtqi` jalg`ani`wlarg`a yesitiw ju`da` qi`yi`n).
- Paydalani`w mu`ddetinin` uzaqli`g`i`. OTB liniyalai`ni`n` degradaciya processleri pa`siytirilgen, sonli`qtan paydalani`w mu`ddeti shamalap 25 ji`ldi` quraydi`.

OTB ko`plegen bir qansha abzalli`qlarg`a iye boli`wi`na qaramay kemshiliklerge de iye:

- Interfeys u`skeneleri bahasi`ni`n` joqari`li`g`i`. Ja`ne optic- talshi`qli` baylani`s liniyasi` sistemasi`n jarati`wda joqari` si`patli` arnawli` passiv kommutacion u`skeneler, kishi so`niwge iye bolg`an, ha`mde jalg`aw ha`m uzati`wda u`lken resursli` optik jalg`ag`i`shlar, optik tarqatqi`shlar ha`m attenyuatorlar za`ru`r boli`p yesaplanadi`.

- Optik talshiqli baylani's liniyalari montaji ha'm xi'zmeti qi'mbatli'g'i'.
- Talshiqti' arnawli' qorg'aw talap yetiledi.

1. OPTIK TALSHIQLI' XABAR UZATI'W SISTEMALARI' (OTXUS)

1.1 Optik talshiqli' xabar uzati'w sistemelari'ni'n`du`zilis prinsipleri

Optik talshiq'lar ha'r tu'rli usi'lda islep shi'g'ari'li'p, wolar boyi'nsha ha'r tu'rli tolqi'n uzi'nli'qlari'nda optik signallar uzati'ladi'. Bunnan basqa ha'r tu'rli xarakteristikalg'a iye boli'p, ha'r tu'rli wazi'ypalardi' wori'nlaydi'. Barli'q tarmoqlarda tiykari'nan yeki topardag'i' optik talshiq'lar qollani'ladi': ko'pmodali' MMF ha'm bir modali' SMF.

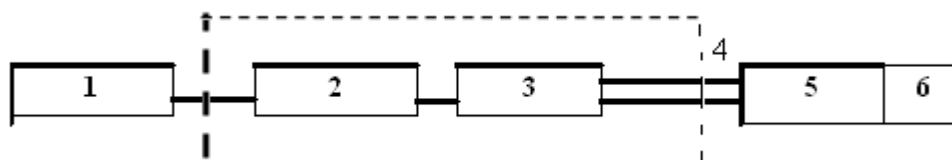
Optik talshiq' tarmagi'ni'n xabar ko'lemin ko'beytiriwdin' joli' boli'p spektral wo'tkizgish arali'g'i'nan bir qansha toli'q paydalani'w yesaplanadi'. Derlik hamme ha'zirgi zaman baylani's tarmoqlari' $\lambda=1.3$ mkm ha'm $\lambda=1.55$ mkm bolg'an diapazon arali'g'i' tolqi'n uzi'nli'g'i'nda isleydi.

Optik talshiqti'n` spektral wo'tkizgish arali'qtan bir qansha toli'q paydalani'w kanallari'n spektr boyi'nsha ti'g'i'zlang'an optik talshiq' baylani's sistemasi'ni'n` xabar ko'lemin keskin asi'radi'. Optik talshiq' texnologiyalari'ni'n` keyinshelik progresslerin yesapqa alg'an halda tek g'ana 1,2-1,7 mkm spektr intervali'n paydalani'w arqali' keleshekte bir dana optik talshiq' boyi'nsha bir neshe terabit/sek. xabar ag'i'mi'n uzati'wg'a boladi'. Bunday xabar tarmag'i'n isletiw ushi'n jan'a element bazalari'n tekseriw ha'm islep shi'g'i'w talap yetiledi.

Elektr signal ko'rinishinde uzati'li'wi' kerek xabar jaqti'li'q ag'i'mi' – tasi'wshi' chastotani'n` elektromagnit terbelislerin modulyaciyalaydi', optik kanal yamasa atmosfera arqali' tarqaladi'. Optik nurlani'w dereklerinin` shawqi'mg'a turaqli'li'g'i' modulyaciyani'n` basqa tu'rlerin qollani'wdi' shegaralaydi' ha'm optik nurlani'wdi'n` intensivlik boyi'nsha modulyaciyalaw tu'ri ko'birek

qollani`ladi`. Uzati`lg`an xabarlar optik qabi`llang`a shekem demodulyatori`nda demudolyaciyalanadi`.

OTXUS uli`wmalasqan du`zilis sxemasi` bloklardan (elementlerden) quralg`an ha`m 1.1 – su`wrette keltirilgen.



1.1- su`wret. Optikali`q baylani`s sistemasi`ni`n` uli`wmalasqan du`zilis sxemasi`:

1-xabarlar deregi;

2-optik modulyator;

3-optik wo`tkizgish;

4-optik kanal;

5-fotodiod;

6-optik qabi`llag`i`sh

Uzati`w optik moduller:

ROM-3155 uzati`w optik moduli, differencial PECL kiriwge iye basqari`w sxemasi` menen integraciyalangan import MQW InGaAsP/InP Fabri Pero lazer diodlari` tiykari`nda islep shi`g`ari`ladi`. Moduller TTL- lazer nurlani`wi`n qoyi`w kiriwi ha`m avariya`li`q jag`daydan shi`g`i`wg`a (ashi`q kollektor)g`a iye. Tsifrlı` optik talshi`q baylani`s liniyalari`nda xabardi` uzati`w tezligi 2...55 Mbit/s. penen islew ushi`n mo`lsherlengen. Texnik xarakteristikalari` 1.1. tablicasi`nda keltirilgen.

1.1-tablica

Parametrleri	ROM – 3155
Nurlani`w tolqi`n uzi`nli`g`i`	1290..1330
Uzati`w tezligi Mbit/s.	2..155
Nurlani`w quwati` dBm	-3..0

Optik talshi`q tu`ri	Birmodali
Raz`em tu`ri	FC/PC
Korpus tu`ri	DIL – 14
Energiya deregi ku`shleniwi	4,75..5,25

**Texnikali`q mag`li`wmat.** Uzaq arali`qqa uzati`wda yeger signal, shawqi`m qatnasi`n qabi`llag`ang`a shekem shi`g`i`wi`nda jeterli bolmasa traktqa retranslyator qosi`ladi`. Signaldi` uzati`w ushi`n a`dette jaqti`li`q impulslari` paydalani`ladi`. Bunda yeki tu`r modulyaciya isletiledi: analog, xabar amplitudasi`, ken`ligi yamasa impuls jag`dayi` wo`zgeriwi menen uzati`lg`anda, ha`m cifrli` – xabardi` impulslar topari` kombinაციyasi` menen kodlaydi`. Bul diplom joybari`nda analog modulyaciyasi`n paydalani`wshi` OTXUS ushi`n foto qabi`llag`i`sh quri`lmasi` (FQQ) islep shi`g`i`ladi`. Analog uzati`wda xabar signali` a`dette JJCH diapozonni`n` tasi`wshi` chastotasi`n modulyaciyalaydi`, wol wo`z na`wbetinde ku`shleniwin basqaradi`.

Barli`q jag`daylarda qabi`llaw optik diapozoni` terbelis energiyasi`n elektr energiyasi`na wo`zgartiriwshi nurlani`wdi`n` fotoelektrik yari`m yao`tkizgishli qabi`llag`i`sh ja`rdeminde a`melge asi`ri`ladi`.

Elektr signali` za`ru`r da`rejege shekem chastota ku`sheytirgishi menen ku`sheytiriledi. Analog OTXUS da isletiletug`i`n, analog fotoku`sheytirgish (AFK) ha`m DcV diapozoni` qabi`llag`i`sh kiriwi arasi`ndag`i` optik baylani`s liniyasi` boli`p yesaplani`wshi` radiooptik wo`zgertkish islep shi`g`i`wda, tiykarg`i` yeki talapti` wori`nlawi` tiyis:

1. Qabi`llawshi` ha`m analog fotoku`sheytirgish arasi`na optik liniyani` kiritgende, uli`wma sistemani`n` elektr da`rejesin seziwshenligi pa`seymewi kerek, yag`ni`y signal, shawqi`m/qatnasi` aldi`n`g`i`day qali`wi` kerek.

2. Uzati`li`wshi` paydali` radiosignali`ni`n` wo`zgeriwinin` dinamik diapazoni` 60 dB dan kishi bolmawi` kerek. KV diapazoni` ushi`n 40-45 dB dan kishik, DcV diapazoni` ushi`n da.

OTXUS da bul talaplardi`n` wori`nlani`wi` ushi`n OTXUS ni`n` ha`r bir elementinin` bul talabi`n` wori`nlawdi` ta`miyinlewi za`ru`r: UM, lazer nurlandi`ri`wshi`, optik talshi`qli` kabel`, fotoqabi`llag`i`sh.

Analog OTXUS da AFK ha`m fotoqabi`llag`i`sh arasi`nda yeki radiooptik wo`zgertkish isletiledi: uzati`wshi` radiooptik wo`zgertkish, AFK di`n` wo`zinde jaylasqan ha`m signaldi` tuwri` radiooptik wo`zgertiriwdi wori`nlawshi`, qabi`llaw radiooptik wo`zgertkish, OTXUS di`n` qabi`llani`w aqi`ri`nda radioqabi`llaw kiriwinin` aldi`nda jaylasqan ha`m optik signaldi` radiosignalg`a qayta wo`zgertiriwdi wori`nlawshi`. Tuwri` radiooptik wo`zgertkish si`pati`nda, wol AFK radiosignali`nan qozg`ali`wshi` ha`m bul ku`sheytirilgen radiosignal menen lazer nurlandi`rg`i`shti`n` togi`n modulyaciyalawshi`, modulyator-ku`sheytirgish xi`zmet yetedi.

Optik talshi`qli` baylani`s liniyalari` ushi`n lazer modulleri:

Optik talshi`qli` modulleri import MQW InGaAsP/InP Fabri Pero lazer diodlari` tiykari`nda islep shi`g`ari`ladi`, suwi`ti`lmag`an halda jiberiledi, ha`m DIL-14 korpusi`nda wornati`lg`an Pelte elementi menen ha`m «optik rozetka» tipindegi korpusta. Texnikali`q xarakteristikalari` 1.2.-tablicada keltirilgen.

1.2.-tablica

Parametrleri	LFO-14-i	LFO-17-i	LFO-17m-i	LFO-18-i
Nurlani`w quwati`li`g`i`	1.0	2.0	1.0	1.0
Nurlani`w tolqi`n uzi`nli`g`i`	1310	1310	850	1550
Optik talshi`q tu`ri	SM	MM	MM	SM
Raz`em tu`ri	FC/PC	FC/PC	FC/PC	FC/PC

*-raz`em tu`ri buyi`rtpashi` menen kelisiw tiykari`nda wo`zgeriwi mu`mkin.

LFO-xx-ip- 4pin suwi`ti`lmaytug`i`n

LFO-xx-ir –optik rozetka

LFO-xx –i-DIL-14 Pelte elementi menen.

Radiooptik wo`zgeratkish, optik signaldi` radiosignalg`a qayta wo`zgertiriwdi wori`nlawshi`, fotodiod ha`m ku`sheytirgishten turadi`, yag`ni`y fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` boli`p yesaplanadi`.

Optik talshi`qli` baylani`s liniyalari` ushi`n fotoqabi`llag`i`sh modulleri: 1100 ... 1650 nm spektral diapazoni` ushi`n PD-1375-ip/ir seriyali` fotoqabi`llag`i`sh modulleri import InGaAsPIN –fotodiodlari` tiykari`nda tayarlanadi`. Suwi`ti`lماغ`an halda islenedi, ha`m bir modali` talshi`q penen jalg`aw ushi`n «FC/PC» raz`emlari` menen tamamlang`an «optik rozetka» tipindegi korpusta.

PD-1375-ir seriyali` fotoqabi`llag`i`sh modulinin` optik ha`m elektrik xarakteristikalarini`n` bayanlamasi` usi` punkttin` son`i`nda 1.3-tablicasi`nda, 1.2-su`wrette elektr jalg`ani`wlari` sxemasi` keltirilgen.

OTXUS da jog`alti`wlar ha`m qa`telikler. Xabardi` uzati`w ushi`n paydalani`wshi` optik talshi`qli` baylani`s liniyalari` elektr signallari`ni`n` xarakteristikalarin` pa`seytirmew kerek, yag`ni`y berilgen dinamik ha`m chastota diapazoni`n` qanaatlandi`ri`w kerek.

Barli`q OTXUS da bul talaplardi`n` qanaatlandi`ri`li`wi` ushi`n OTXUS ni`n` ha`r bir elementinin` bul talaplari`n` wori`nlawi`n ta`miyinlewi za`ru`r.

OTXUS:

- Modulyator ku`sheytirgish
- lazer nurlandi`rg`i`sh (ILPN)
- optik kabel`
- fotoqabi`llag`i`sh quri`lma

Bul sistemani`n` grafiginen kelip shi`qqan halda uzi`nli`gi` 1,3 Mkm tan`lang`an. Dispersiya u`lkenligi talshi`qti`n` spektral parametrlerinin` asi`g`i`wi`na baylani`sli` a`dette 2-5 ns/m.km ge ten`. Soni`n` ushi`n toli`q dispersiya tiykari`nda signaldi`n` sezilerli pa`seyiwi ku`tilmeydi.

-Optik talshi`qli` kabel`lerinin` wo`tkiziwshen`lik qa`siyetinin` waqi`t wo`tiwi na`tiyjesinde so`niwin yesapqa ali`p 1 dB u`lkenlik aji`rati`ladi`.

- optik arali`qti` qadag`alaw ushi`n 0,2 dB rezerv kiritiledi.

-aqr`g`i` qur`lmalardi`n` jalg`ani`wi` o`wtiwlerindegi jog`alti`wlar 3 dB u`lkenlikte bahalanadi`.

-optik talshi`qti`n` kiriwindegi qayti`wi`nan basqa barli`q jalg`ani`wlari`ni`n` tolqi`nlari`ni`n` qayti`wlari` da qosi`msha shawqi`m beredi. Soni`n` ushi`n signaldi`n` ku`shleniwi pa`seyiwine ekvivalent halda 0,8 dB g`a say keledi.

-basqa yesapqa ali`nbag`an jog`alti`wlar 3 dB g`a ten` dep ali`nadi`. Optik izolyatorg`a iye lazerdin` shi`g`i`wdag`i` optik quwatli`gi` 3 dB ni` quraydi`.

Bul parametrlar OXTUS ni`n` quwatli`gi`ni`n` rezervin du`zgende isletiledi. Islep shi`g`ari`li`p ati`rg`an OXTUS elektr signaldi`n` uzati`li`wi` mu`mkin yamasa mu`mkin bolmag`an da`rejeleri qa`telikler menen ta`miyinlewi kerek. Tiykarg`i` payda boli`wshi` qa`teliklerge si`zi`qli` ha`m si`zi`qli` yemes qa`telikler kiredi. Bizin` sharayati`mi`zda si`zi`qli` yemes ka`telikler signal/shawqi`m qatnasi`ni`n` pa`seyiwine yag`ni`y seziwshen`liginin` pa`seyiwine ha`m jalg`an signallardi`n` payda boli`wi`na aldi`p keledi. Si`zi`qli` qa`telikler de tap sonday signal/shawqi`m qatnasi`ni`n` pa`seyiwine ali`p keledi. Qa`wiplisi boli`p si`zi`qli` yemes ka`telikler yesaplanadi`, sebebi wol OXTUS di`n` dinamikali`q diapazoni`n` ani`qlawshi`, a`sirese intermodulyacion qa`telikler (mfi+nfj) chastotasi`nda shawqi`m payda yetedi. Soni`n` ushi`n OXTUS ni`n` strukturasi`n tan`lawda quramli` tu`yinlerinin` sxematik sheshiminde yao`zinin` shayaqi`mlari`ni`n` ha`m si`zi`qli` yemes kateliklerdin` minimal da`rejesin ta`miyinlewge qarati`lg`an. Optik talshi`q kabellerine talap juda` u`lken.

Bir modali` analog OTXUS da signallardi`n` qa`telikleri. Bul jag`dayda OTXUS ni`n` strukturali`q du`zilisi to`mendegi variantqa tuwri` keledi: bir modali` optik talshi`qli` kabelinin` lazer` nurlandi`rg`i`shi`. Bul strukturada qa`teliklerdin` payda boli`wi` sonday, sebebi bir zatli` talshi`qti` bir modali` a`sirese bir chastotali` lazer menen qozg`alti`wda, bunday lazerdin` islew rejimi ju`da` ha`m talshi`qti`n` tegis yemesliginen optik signaldi`n` qayti`w u`lkenligine baylani`sli` (optik raz`emlari`, qabi`llani`w aqi`ri`ndag`i` fotodiod optik maydani`, jalg`ani`wlari`). Bul keriyettirilgen optik signali` lazer nurlani`wi`nda qosi`msha shawqi`m payda boli`wi`na ali`p keledi, lazer modi`ni`n` sekirip wo`tiwine,

jumi'sti'n` realaksaciya rejimine, na'tiyjede lazerdin` vatt/amper xarakteristikasi'ni'n` si'zi'qli` yemesliginin` asi'wi'na ali`p keledi.

OXTUS ni'n` qi'sqa uzi'nli'gi'nda, bizin` jag`dayda bul ta'biyy ha'm talshi`qta optik signaldi'n` pa`s so'niwinde bunday qa'telikler ju'da` sezileri boladi`. Lazer shi'g'i'wi'na tu'siwshi qayti`w optik signali'ni'n` quwatli'g'i` ruxsat beriledi. Optik talshi`qli` uzati`w sistemalari` optik quwatli'g'i'ni'n` jog`ali'wi` tiykari`nan optik talshi`qti'n` ha'm jalg`ani`wlari'ni'n` bir tekli yemesliginde. Wonnan basqa wolarg`a xarakteristikalari'ni'n` pa'seyiwine tu'rli mu'mkinshiliklerdin` bar boli'wi` boli`p yesaplanadi`.

Wolardi'n` OXTUS parametrlerine ta'sirin ko`rip shi'g`ami`z.

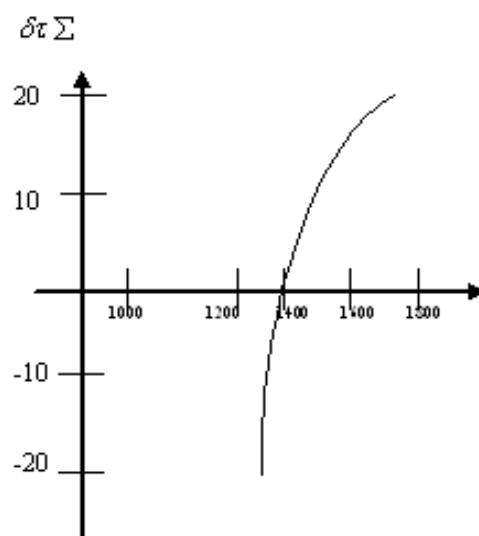
A'dette yari`m yao`tkizgishli lazeri ha'm OTK raz`emi` arasi`na, talshi`qtan keriyettirilgen signaldi` pa'seytiriyashi optik izolyator qoyi`ladi`. Bul so'niyaden basqa tuwri` jo`neliste de pa'seyiw kiritedi. Bul so'niyadin` u`lkenligi 1 dB qa jaqi`n.

Waqi`t wo'tiwi menen lazer diodi'ni'n` degradaciyasi` ju`z beredi ha'm shi'g'i`wdag'i` optik quwati` pa'seyedi. Sistema yao`zinin` normal islewinin` toqtamasli'g'i` ushi`n, pa'seyiw u`lkenligine rezerv qaldi`ri`li'wi` kerek. Yari`m wo'tkizgishli lazer ushi`n wortasha halda 0,8 dB ni` quraydi`.

Qabi'llag'i`shda parametrlar degradaciyasi` da ju`z beredi, woni'n` rezervi 0,7 dB.

Belgili optik talshi`qta dispersiya bar- tolqi`n tarqali`wi` fazali`q tezliginin` qanday da basqa parametrge baylani`slgi` (uli`wma haldi`). Birmodali` talshi`qta yeki tu'rli dispersiya bar: tolqi`n uzati`w menen baylani`sli` ha'm material dispersiyasi` – terbelistin` materialda tarqali`wi`nda modani` faza tezliginin` chastotag`a baylani`sli`li'g'i`. Bunday bir modalit` talshi`qti'n` summar dispersiyasi` yeki tu'rli dispersiya ji`yi`ndasi` si`pati`nda ani`qlanadi`:

Bul qurawshi`lardin` u`lkenligi bir qi`yli` ta`rtipke iye, tolqi`n uzi'nli'g'i`na funksional qatnasi` ha'r qi`yli` belgige iye. Na'tiyjede qanday da chastotada bul yeki qosi`ndi'ni'n` summasi` nol`di beredi – dispersiya joq. Tolqi`n uzi'nli'g'i`na baylani`sli` dispersiyani`n o`zgeriwi grafigi 1.3. su`wrette erilgen.



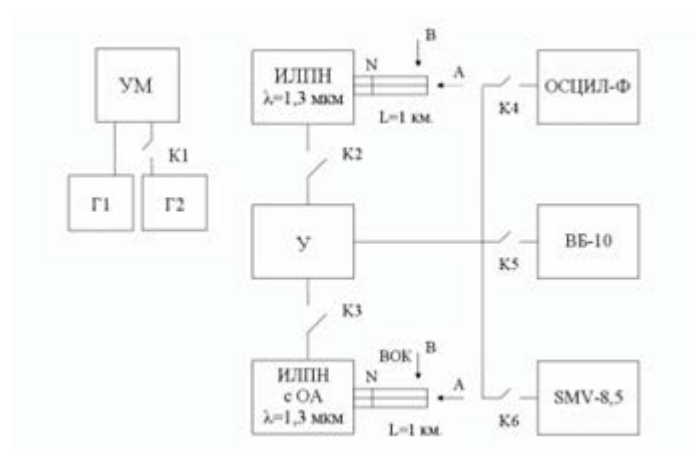
1.3 su`wret. Dispersiyanin` tolqin uzi`nli`g`i`na baylani`sli` o`zgeriwi grafigi.

Optik signaldi`n` tarqali`w wortali`g`i` qa`teliklari ha`m lazer nurlandi`rg`i`shti`n` jumi`s rejimlari optik talshi`qli` kabelin (VOK) paydalani`w jag`dayi`na ju`da` baylani`sli`. Paydalani`w processinde kabel`di mexanikali`q terbetiw ju`z berilse optik signaldi`n` so`niwinde wo`zgeris, jaylasi`w tegis yemes boli`wi`na baylani`sli` halda ha`m na`tiyjede optik signaldi`n` kerisinshe keriyettiriliwi jedelliginin` wo`zgeriwine, wol wo`z na`wbetinde lazerdin` jumi`s rejiminin` wo`zgeriwine ali`p keledi. Bul quwati` boyi`nsha Drazv. > 30-40 dB razvyorkasi`na iye optik izolyatori` menen wori`nlani`wi` kerek.

1.2 Analog OTXUS lari`nda signallardi`n` qa`teliklerin wo`lshew ha`m eksperimental baqlaw.

Signalni ka'teliklerin eksperimental tekseriya bir modali ha'm yeki modali usillari menen a'melge asiri'ladi. Jazip qoyiw qurilmasi si'patinda oscillograf, selektiv mikrovol'tmetr V6-10, ha'm signallardi'n qa'teliklerinin gu'zetiliwi ha'm wo'lshevlari KV ham DcV diapazonlarinda wo'kiziledi. Bunda optik talshiqli kabel'di (OTK) ha'm lazer nurlandi'rg'ishlari'ni'n radiosignallar qa'telikleri si'patli ha'm sanli ko'rinisine ta'siri de tekseriledi.

Analog OXTUS da ha'm bir modali` optik talshiqli` kabelinde (OTK) radiosignallardi`n` qa`teliklerin tekseriw. Lazer nurlandi`rg`i`sh si`pati`nda akademik A.f. Ioffe ati`ndag`i` FTI da islep shi`g`i`lg`an  $\lambda=1.3$  mkm da lazer nurlandi`rg`i`sh, nurlani`wi` bir modali` talshi`qqa na`tiyjesi menen, ha'm yari`m wo`tkizgishli lazer nurlandi`rg`i`sh NPO «Полюс» islep shi`g`ari`lg`an, bir modali`, optik izolyatorli` bir chastotali` ha'm bir modali` talshi`qqa nurlani`wi` na`tiyjesi menen. Blok sxemasi` 1.4 su`wrette keltirilgen. OTK si`pati`nda $L=1$ km. Uzi`nli`qqa iye bir modali` talshi`q paydalani`ladi`. (s pogonni`m) optik so`niyaine iye $\alpha=0,7$ dB/km. $\Lambda=1.3$ mkm da. Lazer nurlandi`rg`i`shti`n` jumi`s rejimine mexanikali`q ha'm barli`q si`rtqi` ha`reketlerinin` ta`sirlerin gu`zetiw, ha'm sa`ykes ra`wishte signal ka`teliklerine lazer nurlandi`rg`i`shqa wornati`lg`an «U» ku`sheytirgishte islewshi fotodiod paydalani`ladi`.



1.4-su`wret. Lazer nurlandi`rg`ishi`ni`n` blok-sxemasi`.

1.4. su`wrettegi blok-sxema elementlerinin` sha`rtli belgilewleri sa`ykes rawishte:

G1- generator G4-107

G2-generator G5-158

UM- modulyator ku`sheytirgish

U- ku`sheytirgish.

ILPN -109- ko`p modali` lazer nurlandi`rg`i`sh

ILPN – 206 – bir modali` lazer nurlandi`rg`i`sh

OTK- optik talshi`qli` kabeli

OA- optik attenyuator

K1 ... K6 – klyuchlari`.

G4-107 ha`m G5-158 generatorlari` radiosignallar generatorlari` si`pati`nda paydalani`ldi`.

Lazer islewine optik quwati`ni`n` kerisinshe keri yettiriwinin` ta`sirin jog`alti`w ushi`n OTK qa tu`siyashi signaldi` (16-20) dB g`a pa`seytirgen optik attenyuator paydalani`ladi`.

N kesiminde bir modali` talshi`q lazer nurlandi`rg`i`shti`n` birmodali` shi`g`i`wi` menen svarka ja`rdeminde jalg`ang`an.

A strelkasi` boyi`nsha talshi`q (torca)si`nan keri yettirilgen ko`rinishinin` wo`zgeriwi menen lazer jumi`si` rejiminin` wo`zgeriwi ju`z berdi, ham to`mendegi ko`rinishlerge ali`p keldi6

1. Lazer nurlani`wi`ni`n` yao`zinin` shayaki`mlari` wo`zgerdi.
2. Nurlani`wshi` signal da`rejesi wo`zgerdi.
3. Si`zi`qli` yemes qa`telikler wo`zgerdi.

1-3 punktleri boyi`nsha wo`zgerisleri menen u`sh ma`rte intervali`nda a`melge asti`, yeger talshi`q toreci A strelkasi` boyi`nsha FQQ fotodiodi`na qosi`lsa yamasa azat bolsa, yag`ni`y OTK din` qabi`llaw son`i`nan optik signal

keri yettiriliw sha'rtleri wo'zgergen. Sog'an uqsas processler 1-3 punktlerinin VOK Ge V strelkasi' boyi'nsha wozgerisler guzetilmekte.

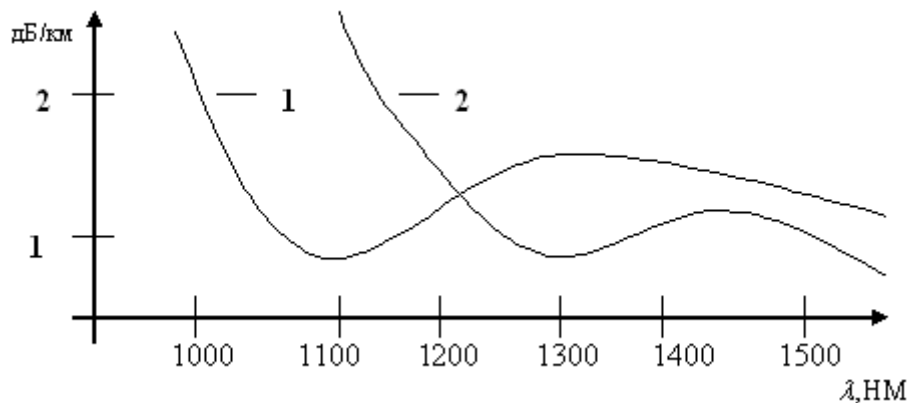
Fotoqabi'llag'i'shlardi'n' ha'm optik nurlandi'rg'i'shlari'ni'n' tiykarg'i' xarakteristikaları'n' ani'qlaw. Analog OXTUS da joqari'da keltirilgen ka'teliklerinen basqa fotoqabi'llag'i'sh kuri'lmada fotodiod si'pati'nda yaozinin' kishi shawqi'mi'ni'na iye, biraq signaldi'n' kishkene da'rejesinde da si'zi'qli' yemes qa'teliklerin sezilerli da'rejede payda yetiwshi lavina fotodiodlari' (LFD) paydalang'an signal qa'telikleri payda boli'wi' mu'mkin. LFD da dinamik diapazoni' 40 dB ko'p bolmag'an u'lkenlikke yesisiledi. Radiosignal wo'zgeriwinde u'lken dinamik diapazong'a yerisiw ushi'n lazer nurlandi'rg'i'shlar, radiosignal wo'zgerisinde dinamik diapazoni'n ta'miyinlewshi ju'da' kishkene wo'z shawqi'mi'na ha'm ja'nede si'zi'qli' vatt/amper xarakteristikag'a iye boli'wi' kerek, a'sirese KV diapazoni' ushi'n 60 dB dan ko'p bolmag'an, yekinshi ta'rtiptegi intermodulyacion qa'telikler boyi'nsha. Bul talaplardi' lazer nurlandi'rg'i'shlar ha'm fotodiodlar radiosignallardi'n' qa'legen diapazoni'nda ta'miyinlewi kerek, yag'ni'y $f_N=60$ kGc dan $f_V=500$ MGc g'a shekem. Signallardi'n' qa'teliklerinen basqa OTXUS da optoelektron elementleri ta'sirinde (OTK, lazer nurlandi'rg'i'shlari', fotodiodlar) analog OTXUS da tek elektron elementleri paydalani'ladi' (tranzistorlar, diodlar, mikrosxemalar), wolar wo'z na'wbetinde qosi'msha chastotali' qa'teliklerdi keltirip shi'g'aradi'.

Quri'lmalardi'n' dinamik diapozoni'na ta'sirin jog'alti'w ushi'n, bul elementler tiykari'nda jarati'lg'an – ku'sheytingishler, lazer nurlandi'rg'i'shlardi' modulyaciyalawshi' modulyatorlar ha'm fotoqabi'llag'i'shlar ushi'n ku'sheytingishler, lazer nurlandi'rg'i'shlar wo'zinin' dinamik diapazoni'na qarag'anda ko'p boli'wi' kerek, yag'ni'y 70dB ko'birek KV diapazoni'nda da 56 dB dan ko'birek DcV diapazoni'nda.

Qarar: Joqari'da keltirilgenlerdi yesapqa alg'an halda sonday qarar yetiya muikn qi'sqa liniyalar analog OTXUS da signallardi'n' qa'teliklerin jog'alti'w ushi'n birmodali' bir chastotali' shi'g'i'wi'nda optik izolyatori'na iye bir modali'

OTK da islewshi lazer nurlandi`rg`i`shlari`n paydalani`w za`ru`r. Bul jag`dayda lazer nurlandi`rg`i`sh`ti`n` jumi`s rejimine ekspluatatsiya processinde mexanikalı`q ha`m basqa ta`sirlerine OTK din` derlik ta`sirin yesaplamaymi`z. Optik liniyani`n` qabi`llaw son`i`nda fotodiod si`pati`nda Ge yamasa Jn;Ca;As;P materialı`nan p-i-n fotodiod paydalani`w za`ru`r.

Optik talshi`qli` kabeli. Ha`zirgi waqi`tta optik signallar liniyalari` si`pati`nda OTK isletiledi. Bizin` maqsetimiz ushi`n, signal tar polosali` bolg`anli`gi` ushi`n ko`pmodali ha`m bir modali OTK isletiw mu`mkin. Bul OTK larda signaldi`n` so`niwin ko`rip shi`g`ami`z. Pogonni`y so`niwi u`lkenligi OTK xabar uzati`w ushi`n paydalani`wshi` tolqi`n uzi`nli`gi`na ju`da` baylani`sli`. 1.5. su`wrette yeki OTK tu`ri ushi`n tolqi`n uzi`nli`gi`na baylani`sli` pogonni`y soniwi keltirilgen.



1.5-su`wret. 1. Birmodalpli OTK.

2. ko`p modali` OTK

Grafikten ko`rinip turi`pti` birmodalı` OTK paydalani`w 1300 nm tolqi`ni`nda islep maqsetke muwapi`q boli`p tabi`ladi`.

Ekspluatatsiya sharayati`nda kelip shi`qqan halda (turaqli` ha`r qi`yli` chastotali` ham ku`shleniwli mexanik ta`sirine) OTXUS da qosi`msha signal qa`telikler qanday lazer nurlandi`rg`i`sh penen qanday optik talshi`q qozg`ati`lg`ani`na baylani`sli` halda payda boli`wi` mu`mkin.

Bir modali nurlandi`rg`i`sh penen bir modali` talshi`qti` qozg`altqanda talshi`qqa mexanik ta`sir ko`rsetkende qosi`msha si`zi`qli` yemes qa`telikler ju`z bermeydi (sebebi mod ko`shiw effekti ju`z bermeydi), yag`ni`y qosi`msha jalg`an $f=(mf_1+nf_2)$ chastotali` signal payda bolmaydi, ha`m qabi`llani`wshi` signal satxi wo`zgermeydi. Solay yetip mexanik ta`sirlerin jog`alti`w ushi`n analog OTXUS ni` to`mendegi strukturada quri`w za`ru`r: birmodali` nurlandi`rg`i`sh – birmodali` OTK. Usi`ni`s yetilgen OTXUS ni` quri`w varianti` wo`zinin` abzalli`qlari` ha`m kemshiliklerine iye: birmodali` nurlandi`rg`i`sh –bir modali` kabel` kishkene so`niw, biraq raz`emlardi`n` sazlani`wi` joqari` ani`qli`qti` talap yetedi. Bizin` jag`dayda qayta u`zilisler talap yetilmeydi, tek g`ana baslang`i`sh jalg`ani`w za`ru`r. Soni`n` ushi`n montirovkag`a sheklewler bizge za`ru`r yemes.

***Nurlandi`rg`i`shlar.*** Texnikali`q tapsi`rma talaplari`na chastota diapazoni` boyi`nsha ($F_v < 400$ MGc) wori`nlaw nurlandi`rg`i`sh si`pati`nda ILPN-206 nurlandi`rg`i`sh paydalani`wg`a ali`p keledi.

Optik nurlani`w deregi jaqti`li`q ag`i`mi`n nurlandi`ri`wi` kerek optik talshi`qtag`i` toli`q jog`alti`w minimumi`na tuwri` keliwshi tolqi`n uzi`nli`gi`nda, optik talshi`qta nurlani`wdi` na`tiyjeli kiritiwdi ta`miyinlewi, kishi gabaritke iye boli`wi`, salmag`i` ha`m quwatli`q sarplani`wi`, a`piwayi`li`g`i` menen aji`raladi`, joqari` si`patli`li`g`i`na ha`m isenimliligine iye boli`wi` kerek. Lazer nurlandi`rg`i`shti` gu`zetiwi ushi`n modulyator – ku`sheytirgish za`ru`r. Modulyator – ku`sheytirgishke qoyi`latugi`n talaplar: signal/shawqi`m qatnasi` shi`g`i`wda kiriw menen bir qi`yli` boli`w kerek, optik ha`m elektr signallari` boyi`nsha dinamik diapazoni` D 60 dB boli`wi` kerek.

1.3. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmalari` (FQQ)

Optik talshi`qli` sistemani`n` bloklari`nan tiykarg`i` funksional elementlerinen bir boli`p fotoqabi`llag`i`sh quri`lma yesaplanadi`. Fotoqabi`llagi`sh yari`m wo`tkizgishli materiallardan tayarlanadi`. Woni`n` si`pati` ha`m isenimliligine ani`q talaplarg`a iye, sebebi fotoqabi`llag`i`shti`n`

elementinin` isten shi`g`i`wi` barli`q liniyani`n duri`s islewinin` buzi`li`wi`na ali`p keledi. FPU din` islew si`pati` to`mendegi tiykarg`i` parametrleri menen xarakterlenedi:

- Seziwshen`ligi (sezgirligi)
- Dinamik diapazoni`
- Qatelik koeficienti

Foto detektor qabi`llag`i`sh sistemasi`na minimal shawqi`m ali`p kiriwi kerek, jumi`s xarakteristikalarini`n` turaqli`li`gi` menen aji`rali`p turi`wi`, kishkene razmerge, qi`mbat yemes ha`m joqari` isenimlilikke iye boli`wi` kerek.

Qabi`llawshi` optik moduller PD-155-ip ha`m PROM-155 seriyadag`i` InGaAs InP PIN – import fotodiodlari` tiykari`nda islep shi`g`i`ladi`, wornati`lg`an ARU sistemasi`na ha`m differencial shi`g`i`wi`na iye kem shawqi`mli` transimpedans ku`sheytirgishi menen integraciyalang`an. PROM-155 modeli qosi`msha wornati`lg`an – sheklegish ha`m PECL – liniyadagi` signaldi`n` shi`g`i`wi`. Moduller cifrli` optik-talshi`qli` baylani`s liniyalari`nda xabar uzati`w tezligi 2 ... 155 Mbit/s. Ta islew ushi`n mo`lsherlengen. Optik modullerdin` texnikali`q xarakteristikalarini` 1.4- tablicasi`nda keltirilgen.

1.4-tablicasi`. Texnikali`q xarakteristikalarini` (T=25 °C)

Parametr	PD-155-ip	PROM-155
Spektral diapazoni`	1100..1650	1100..1650
Qabi`llaw tezligi	2..155	2..155
Toyi`ni`w quwatli`g`i`	+3	+3
Sezgirligi	-36	-36
Optik talshi`q tu`ri	Birmoddali	Birmoddali
Raz`em tu`ri	FC/PC	FC/PC
Korpus tu`ri	4-pin, DIL-8	DIL-14
Energiya deregi ku`shleniwi	4,5..5,5	4,75..5,25

OXTUS ni`n` turaqli` jumi`s islewinde boli`wi`na baylani`sli` qabi`llaw ta`repinde avtonom elektr ta`miyinleya deregi isletiledi, liniyani`n u`zliksiz islewin ta`miyinlew ushi`n FQQ quwati` boli`wi` kerek.

Solay yetip, bul diplom proektimizdin` maqseti  $\lambda=1.3$  mkm ten` tolki`n uzi`nli`gi`ndagi` analog optik signallari`n qabi`llawshi`, joqari`da keltirilgen talaplarg`a juwap beriwshi fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`n islep shi`g`i`w boli`p yesaplanadi`. Bizqe belgili qa`legen ku`sheytiriwshi qu`ri`lmalardi`n` sezgirligi wo`z shawqi`mi` menen potencial sheklenedi. Islep shi`g`ari`li`p ati`rg`an FPU din` ku`sheytirgishide bunnan ayri`qsha yemes.

OTXUS – optik talshi`qli` xabar uzati`w sistemasi`. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` kiriw signali`ni`n` qa`ddi wo`zgergende talap yetilgen qabi`llaw si`pati`n saqlawi` za`ru`r (fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` isshi dinamik diapazoni`na iye boli`w kerek).

Dinamik diapazoni` – qabi`llag`i`sh optik moduli kiriwindegi optik signaldi`n` maksimal wortasha quwatli`g`i`ni`n` qatnasi` boli`p, modul` xarakteristikolari` belgilengen shegaralardan shi`qqaydi`.

Islep shi`g`ari`li`p ati`rg`an fotoqabi`llag`i`sh quri`lmada elektrosignal boyi`nsha dinamik diapazon summasi` berigen ≥ 50 dB.

Solay yetip, fotoqabi`llag`i`sh quri`lma parametrlar sistemasi` menen xarakterlenedi, tiykarg`i`lari` boli`p:

- qabi`llag`i`sh optik modul` parametrlari normalang`an isshi tolqi`n uzi`nli`gi`.
- wo`tkizgish polasasi`, yag`ni`y chastota intervali`, bunda uzati`w koefficienti moduli woni`n` maksimal summasi`nan u`lken yamasa ten`.
- shawqi`m ku`shleniwi, yag`ni`y berilgen chastota polosasi`nda shi`g`i`w ku`shleniwinin` wortakvadratik fluktaciya summasi`, woni`n` kiriw optik torcasi`nda optik signaldi`n` bolmag`an jag`dayi`nda.
- signal/shawqi`m qatnasi`-qabi`llani`wshi` optik signaldi`n` shi`g`i`w ku`shleniwi wo`zgeriwshisin du`ziwshi amplitudasi` berilgen xarakteristikolari`nda modulyaciyalanbag`an optik ku`shleniwshi qabi`llawda,

usi` wortasha quwatli`gi`nda shi`g`i`w ku`shleniwdin` fluktaciyasi` wortakvadratlik summasi`na qatnasi`.

- sezgirligi bag`anasi` – usi` optik signaldi`n` kiriwindegi berilgen signal/shawqi`m yamasa berilgen qa`telik koefficienti ta`miyinlenetug`i`n. Wortashalaw modulyaciyalawshi` chastotasi`ni`n` da`wirin yamasa jaqti`li`q impulsu uzi`nli`g`i`nan bir qansha u`lken bolg`an waqi`t intervali` dawami`nda a`melge asi`ri`ladi`.

Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmalari` basqa aqi`rg`i` quri`lma yamasa kanal payda yetiwshi quri`lmalar menen jalg`ani`wi`n ta`miyinlew kerek. Usi` menen birge OXTUS da spesifik kesentler payda boladi`, svetodiod boyi`nsha signaldi`n` tarqalg`ani`na baylani`sli`.

Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmalari`ni`n` texnikasi` berilgen talaplarg`a sa`ykes halda tayarlani`w texnologiyasi`ni`n`, tiykarg`i` parametrlerinin` ha`m konstrukciyasi`ni`n` jaqsi`lani`wi`na, jan`a spektr diapazoni`n qaplaw ha`m tezligin asi`ri`w bag`darda rawajlanbaqta.

2. FOTOQABI`LLAG`I`SH STRUKTURALI`Q SXEMASI`N TAN`LAW HA`M TIYKARLAW

Fotoqabi`llag`i`sh liniyalı`q traktı` qurı`wshı` bo`limi bolı`p ha`m qabi`llag`i`sh penen OTK arası`nda baylani`sti`ri`wshı` zveno bolı`p xı`zmet qı`ladi`. Fotodiod ha`r qı`yli` materiallardan tayarlanadi`. Fotodiodlardı`n` maksimal na`tiyjeliligine yerisiletug`i`n ha`r qı`yli` yari`mo`tkizgishli materiallar ushi`n tolqi`n uzi`nli`gi`ni`n` isshi diapazonlari` 2.1. tablicasi`nda keltirilgen.

2.1-tablica

Material tu`ri	Tolqi`n uzi`nli`g`i` qabi`llawshı` diapazonı` λ , nm
Kremniy	400 – 1000
Germaniy	600 – 1600
GaAs	800 – 1000
InGaAs	1000 – 1700
InGaAsP	1100 – 1600

OTXUS ni`n` a`hmiyetli tu`yinin ko`rip shı`g`ami`z. Fotoqabi`llag`i`sh optik signallardı` qabi`llaw (detektorlaw) ha`m elektr signallari`na wo`zgertiriw ushi`n xı`zmet yetedi. Fotoqabi`llag`i`sh optik kiriw ha`m elektr shı`g`i`wg`a iye. FQQ karametrleri nurlandı`rg`i`sh deregi ha`m optik baylani`s liniyasi` menen, ham bir ta`repten, elektr ju`klemesi woz ishine qa`legen elektr signallar wo`zgertkishi ali`wshı`: ku`sheytirgish, modulyator, dekode menen sa`ykeslengen bolı`wi` kerek. Fotoqabi`llag`i`sh optik shı`nji`ri` elementi si`pati`nda analog ha`m cıfrlı` rejimlerde islewi mumkin.

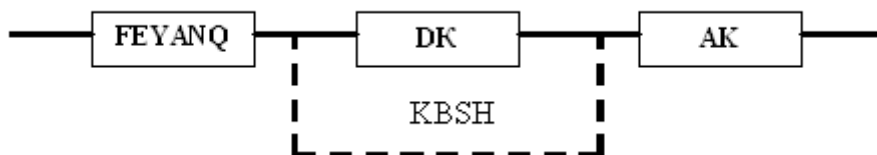
FQQ kiriwine jalg`ang`an qurı`lmasi` normal islewin ta`miyinlewshı signal parametrlerin ali`wdı` fotoelektrik wo`zgertirgish a`melge asi`radi`.

OTXUS ni`n` basqashalı`gi` optik detektorlaw principin tan`law, wonı`n` u`skenelik ha`m qurı`lmada isletiliwin ani`qlaydı`.

Tuwri` detektorlaw principi imkaniyatlı` bolı`p wonı`n` tiykari`n yari`mo`tkizgishli fotoqabi`llag`i`shlar quraydı`. Woni`n` abzallı`g`i`na isletiw

a`piwayi`li`gi`, minimal sxemali`li`g`i`, fotoo`zgertkish da`rejesinde integrallaw ha`m mikrominimallasti`ri`w, joqari` tezligi boli`p yesaplanadi`.

Konstruktiv ta`repinen FQQ fotodiod ha`m ken` polosali` joqari` seziwshen`likke iye ku`sheytirgishten turadi`. FQQ ku`sheytirgishleri da`stu`riy ta`repten da`slepki ha`m aqi`rg`i` ku`sheytirgishlerge bo`linedi. 2.1- su`wrette Tuwri` detektorlawg`a iye FQQ sxemasi` keltirilgen.



2.1-su`wret. Su`wret FQQ tın` strukturalıq sxeması.

FEYANQ - fotoelektrik yarımotkizgishli nurlanıwdı qabıllag`ısh..

DK - da`slepki ku`sheytirgish

AK – aqırg`ı ku`sheytirgish

KBSH - kerı baylanı`s shinji`ri`

Fotoelektrik yarımwotkizli nurlanıwdı qabıllag`ısh optik signali` elektrık signalg`a wo`zgertiredi. Nurlanıwdı qabıllag`ısh si`pati`nda ko`binelese fotodiod yamasa lavinalı` fotodiod paydalani`ladi`. Da`slepki ku`sheytirgish (Prevaritel`ni`y Usilitel`) – signal/shawqi`mni`n` yen` joqari` qatnasi`n ta`miyinlep signaldi` ku`sheytiredi. FQQ di proektlegende tiykarg`i` ma`sele boli`p sezgirlik baganasi`ni`n` yen` minimalı`na yerisiw boli`p yesaplanadi`. Bul bagana qansha kishkene bolsa sonsha ku`sheytirgish yamasa regeneratsiya maydani` uzi`nli`gi` u`lken. Sonı`n` ushi`n da`slepki ku`sheytirgish (FEPPİ) menen signal energiyasi`n na`tiyjeli uzati`wdi` ha`m shayaqi`mni`n` kishkene da`rejesin ta`miyinlep jaqsi` jalg`agan boli`wi` kerek. Da`slepki ku`sheytirgishtin` kiriw kaskadi` bipolyar tranzistorda islenedi ham FEPPİ din` ishki qarsi`li`g`i`na ten` qiriya qarsi`li`g`i`na iye.

Aqi`rg`i` ku`sheytirgish (okonechnıy usilitel`) – FQQ din` shıg`i`w qarsi`li`g`i`n pa`seytiriyashi, signaldi` qayta islewshi quri`lmani`n` islewi ushi`n

za`ru`r bolgan ku`sheytiriyadi a`melge asi`radi`. FQQ qag`i`yda boyi`nsha, sezgirlik bag`anasi`nan ashi`q kiriw quwatli`gi` da`rejede isleydi. Kiriw quyaatli`gi` rezervi baylani`sti`n` isenimliligini ta`miyinlew ushi`n za`ru`r, sebebi waqi`t wo`tiwi menen lazer yeskeriyai na`tiyjesinde wo`tkizgishtin` quwatli`g`i` pa`seyedi.

Nurlani`wdi` qabi`llag`i`sh ham woni`n` jumi`s rejimi sezgirligi bag`anasi` berilgen spektral diapazoni`nan, tezliginen ha`m talap yetilgen dinamik diapazoni`nan kelip shi`qqan halda tan`lanadi`.

Ko`pshilik jagdayda p-i-n fotodiodi` ha`m lavinali` fotodiodi` arasi`nda tan`law wo`tkiziwimizge tuwra keledi. Lavinali` fotodiod sezgirligi bag`anasi` boyi`nsha u`stinlikke iye bolg`anli`gi` menen temperatura diapazoni` kem bolg`anli`g`i` ushi`n kobinese ku`shleniya ta`miyinleniwin ko`beytiriya ha`m rejimi ten`salma`qli`gi`n talap yetedi. Ani`q sxemag`a jalg`ang`an LFD isenimliliginen p-i-n fotodiodi` isenimliliginen kem boli`wi` mu`mkin. Ja`ne LFD detektorlani`w xarakteristikasi` si`zi`qli` shegaralani`wi` menen de Jan beredi. Analog OTXUS da u`lken dinamik diapazoni`nda fotodiod si`pati`nda p-i-n fotodiodi` paydalani`ladi`. LFD ko`beytiriya koeffitsientinin` signalg`a ju`da` baylani`sli`g`i` kishi dinamik diapazoni`na iye bolg`anli`g`i` sebepli isletilmeydi. FPU din` keyingi tu`yini boli`p da`slepki ku`sheytirgish (AK) yesaplanadi`. Ku`sheytirgishtin` shawqi`m wo`zgeshelikleri ko`pshilik faktorlarg`a baylani`sli`: realizatsiya sxemasi`, fotodetektorlar tu`rine, chastotani`n jumi`s polosasi`, paydalani`wshi` tranzistorlar tu`rine, tranzistordi`n` shawqi`m koeffitsientine, yaoni`n` jumi`s tochkasi`n tan`lawga, islep shi`g`i`w texnologiyasi`na, korrektorlawshi` fil`tr tu`rine ha`m bar boli`wi`na. Talap yetiliwshi chastota diapazoni`na bipolyar ha`m maydan tranzistorlari`ni`n shawqi`m parametrleri sali`sti`ri`ladi`. Nurlani`wdi` qabi`llag`i`shti` ha`m kiriw kaskadi`ni`n` tranzistor tu`rin tan`lag`ani`mi`zdan son` da`slepki ku`sheytirgishtin` sxemasi`n proektlewimiz za`ru`r. Da`slepki ku`sheytirgish signali`ni`n` shawqi`mg`a yen` joqari` qatnasi`n ta`miyinlep elektr signali`n ku`sheytiredi. Da`slepki ku`sheytirgish nurlani`wdi` qabi`llag`i`sh penen signal energiyasi`n na`tiyjeli

uzati`wdi` ha`m shawqi`mni`n` kishi bag`anasi`n ta`miyinlep, jaqsi` sa`ykeslestirilgen boli`wi` kerek. Kem shawqi`m ku`sheytirgishti ali`w ushi`n ha`r qi`yli` struktura sxemalari` paydalani`ladi`: ku`sheytirgishler differentsial ha`m differentsial yemes boli`wi`, qayti`w baylani`s shi`nji`ri`na iye yamasa iye yemes boli`wi` ha`m maslasi`w shi`nji`rlari`na iye boli`wi` mu`mkin.

Sxemalardi`n` klassifikatsiyasi` bir neshshe bag`dar boyi`nsha a`melge asi`ri`ladi`. Kiriw shi`nji`ri`nda signallardi` wo`zgartiriw usi`llari` boyi`nsha ku`sheytirgishlerdi fotoku`shleniw, fototok, tokku`shleniw wo`zgartiriw ha`m basqalar boli`p aji`rati`ladi`. Ku`sheytirgishler kiriw qarsi`li`qlari` u`lkenligi boyi`nsha u`lken impendansli` ha`m pa`simpendasnli` boli`p aji`rati`ladi`. Ku`shleniw boyi`nsha teren` qayta baylani`s iye ku`sheytirgish transimpendansli` dep ataladi`.

Ha`r bir sxemani`n` wo`zgesheliklerin ken`nen ko`rip shi`g`ami`z.

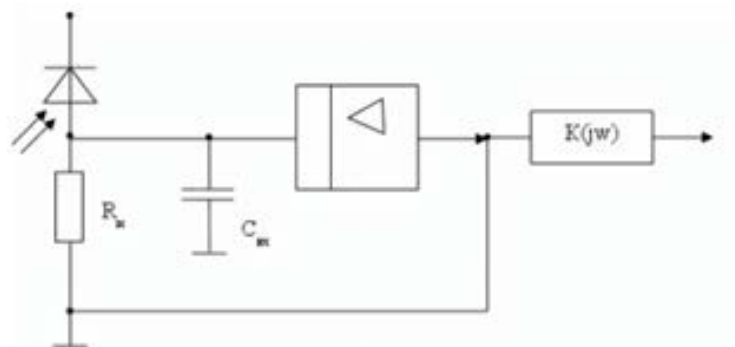
Differentsial ku`sheytirgishtin` tiykarg`i` abzalli`qlari` – bul elementtin` absolbt u`lkenligi nominallari`na talapti`n` pa`sligi ha`m joqari` kesentlikti qorg`awi`. Usi` menen birge differentsial ku`sheytirgishler shawqi`m xarakteristikalarini` boyi`nsha a`piwayi`larg`a qarag`anda to`men boladi`: shawqi`m da`rejesi wolarda 3-5 dB g`a joqari`. Differentsial ku`sheytirgishlerge tiykarg`i` talap kesentqorg`awlarina` bolg`anda monolit integral sxemalarda qollani`ladi`, mi`sali`, yesaplaw tarmag`i`nda.

Qayti`w baylani`sqa iye yemes sxemalar ishinde yen` ko`p tarqalg`ani` boli`p maydan tarnzistorli` joqari`impendansli` ku`sheytirgish boli`p yesaplanadi`. Pa`simpendansli` ku`sheytirgishler tiykari`ana SVCh da qollani`ladi`.

To`menimpendansli` ku`sheytirgishlerdi 50 Om kiriya qarsi`li`qli` ku`sheytirgish dep ataw qabi`l yetilgen. Birinshi tipli ku`sheytirgishtin` abzalli`g`i` sezgirliqi` bag`anasi`ni`n` minimalli`g`i`na yerisiw, kimshilikleri: sali`sti`rmali` to`men dinamik diapazon, elektromagnit kesentke joqari` sezgirliqi, jeke sazlaw za`ru`rligi, joqari` kiriw qarsi`li`gi`n isletiya (birlik, wonli`q MOm) kiriw shi`nji`ri`nda signaldi` integratsiyalawg`a ali`p keledi, chastotali` qa`teliklerge

ali`p keledi. Bunda ku`sheytirgishtin` birinshi kaskadi`nda signaldi`n` shawqi`mg`a qatnasi` asadi`.

Joqari` kiriw qarshi`li`g`i`n isletiw optik signali`n qabi`llag`i`shta signal shawqi`m qatnasi`n maksimallasti`ri`wg`a ja`rdem beredi, biraq wol bir waqi`tta qolaysi`zli`q jaratadi`, u`lkenligi boyi`nsha sezilerli korrektsiya wo`tkizgish za`ru`rligi payda boladi`. Birinshi qolaysi`zli`q boli`p ha`r bir sxema ushi`n korrektsiya jeke sa`ykeslesken boli`wi` kerek. Wol aldi`nnan wornati`li`wi` mu`mkin yemes. Sebebi ku`sheytiriliw koefitsienti  $G(f) = G_0 (1 + j \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot R)$ , ni`zami` boyi`nsha wo`zgeriwi kerek,  $C_{vx}$  ha`m R_{vx} mug`darlari` quri`lmadan quri`lmag`a shekem, sxemadan sxemag`a shekem wo`zgeredi ha`m temperaturag`a ko`p baylani`sli`. Na`tiyjede ha`r bir sxema jeke duri`slani`wi` kerek. Yekinshisi boli`p ku`sheytiriw koefitsientinin` chastotasi` menen sezilerli wo`zgeriwi de ku`sheytiriwdin` dinamik diapazoni` wo`zgeriwin bildiredi. Bul ku`sheytirgishtin` strukturali`q sxemasi` 2.2. su`wrette keltirilgen.



2.2- su`wret. Joqari`impedansli` ku`sheytirgishtin` strukturali`q sxemasi`

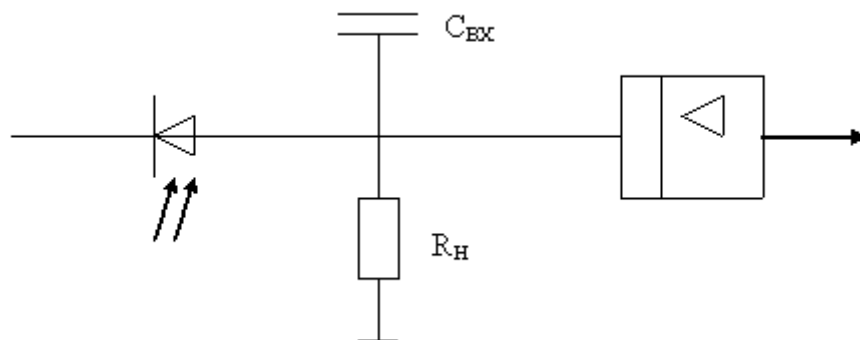
On` kerı baylani`s kiriw si`yi`mli`li`g`i` kompensaciyasi` ushi`n kiritiledi. Ju`kleme qarsi`li`g`i`ni`n` u`lkenligi to`mendegi formula arqali` yesaplanadi`:

$$R_H = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_{BX}}$$

Tek g`ana si`yi`mli`li`g`i` ( $C_{BX}$ ) kompensaciyalang`an boli`p ali`nadi`. Aktiv filtr  $K_{jw}$  za`ru`r chastota xarakteristikasi`n tu`rlendiredi. To`men kiriw qarsi`li`qli`

sxemag`a AChX korreciyasi` talap yetilmeydi. Ku`sheytirgish koeficienti  $M=20$  ha`m wonnan ko`p bolg`an lavinali` fotodiodti` paydalani`w mayda shawqi`m menen sheklengen detektorlaw rejimin ta`miyinleydi. Biraq, p-i-n fotodiodli` fotodetektorl` ushi`n ha`ki`li` ha`m bul jag`dayda shawqi`mni`n` ko`beyiwi sezilerli boli`wi` mu`ikn.

To`menimpendansli` kusheytingishtin` strukturali` sxemasi` 2.3. su`wret keltirilgen.

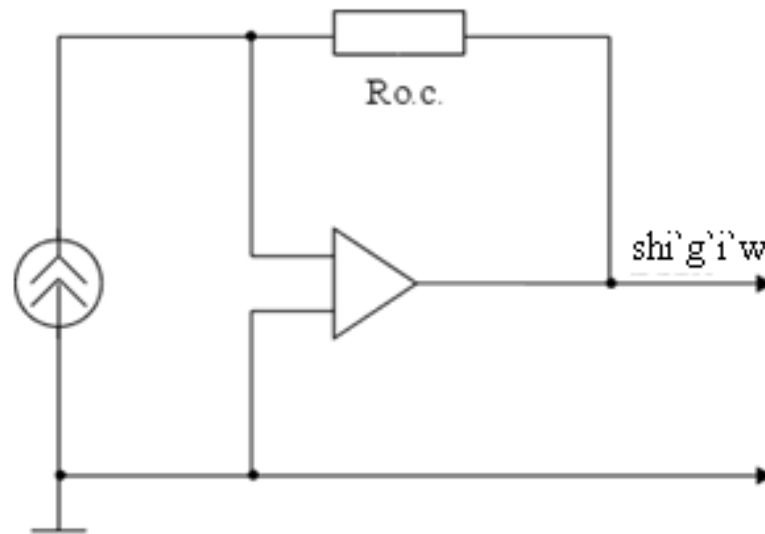


2.3- su`wret. To`menimpendansli` kusheytingishtin` strukturali` sxemasi`

Bunday ku`sheytirgish talap yetilgen chastota polosasi` ham kiriya si`yi`mli`li`g`i` berilgen halda nagruzka qarsi`li`gi`  $R_H$  yesaplani`wdi` talap yetedi:

$$R_H = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_{BX}}$$

Kiriw impul`si kishi u`lkenlikke iye ha`m u`lken dinamik diapazondi` ta`miyinlese de i`ssi`li`q shawki`mi` baylani`s sistemada paydalani`w mu`mkinshiligi shekleydi. A`dette kerisinshe baylani`sqa iye ku`sheytirgish paydalani`ladi`. Woni`n` tiykarg`i` abzalli`g`i` qanday da korrektsiya wo`tkiziya za`ru`riyati`ni`n` joqli`gi`nda. Bunday ku`sheytirgishtin` shawki`mi`n a`piwayi` korrektsiyasi`z ku`shleniw ku`sheytirgishten bir qansha kem boli`wi` mu`mkin. Transimpendansli` ku`sheytirgish kerisineshe baylani`sti`n` parallel` shi`nji`ri`nan turadi`. Transimpendansli` ku`sheytirgishtin` strukturali` sxemasi` 2.4. su`wrette berilgen. Bunday ku`sheytirgish fototokku`shleniwdi qayta wo`zgerkish si`pati`nda ko`rip shi`g`i`ladi`. Woni`n` qayta wo`zgeriw koefitsienti  $U_{vi`x} / I_f$ qatnasi`na ten`, qarsi`li`q wo`lshemine ten`.



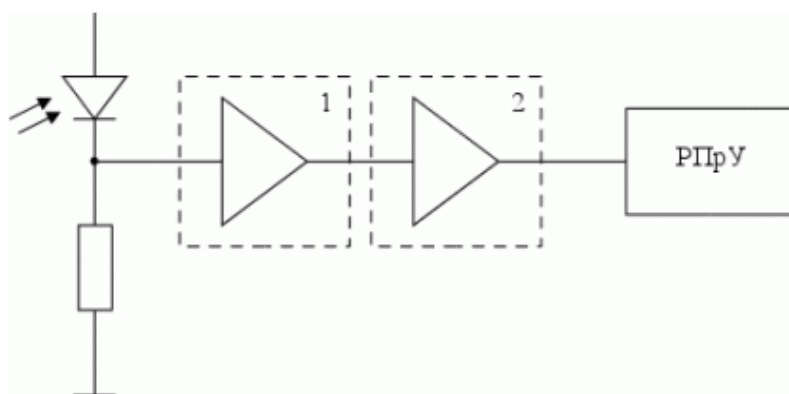
2.4-su`wret. Transimpendansli` ku`sheytirgishini`n` strukturali`q sxemasi`.

«Transimpendans» li uzati`w qarsi`li`gi`na iyeligi 2.4 sxema ati`na baylani`sli`. Keri baylani`s joqli`gi`nda ju`da` u`lken ku`shleniyade uzati`w qarsi`li`g`i`  $R_{os}$  qa ten`. Nagruzka rezistori` uzati`ya qarsi`li`gi`na ( $R_n = R_{os}$ ) ten` keribaylani`sqa iye yemes sxemadan parqi` transimpendans ku`sheytirgishi ko`rinishinde nagruzka quwati`lg`i`n ku`sheytiredi. Keri baylani`s ja`rdeminde qiriya qarsi`li`g`i` kemeyedi ha`m joqari` chastotali` korrektsiya za`rurligi jog`aladi`, dinamik diapazon asadi`.

Dinamik diapazoni` jen`isi shamalap keribaylani`sti`n` aji`rati`lg`an ha`m qosi`lg`an shi`nji`rdag`i` ku`sheytirgish koefitsientlerinin` qatnasi`na ten`.

Uli`wma parallel` keribaylani`s barli`q tranzistorlari`ni`n` turaqli` tok boyi`nsha jumi`s rejiminin` jaqsi` turaqli`li`g`i`na yerisiwge, ha`m bir waqi`tta FQQ din` chastotali` xarakteristikasi`n korrektsiyasi`n a`melge asiri`wg`a mu`mkinshilik beredi, bul strukturani` qollani`ya joqari`impendansli` ku`sheytirgishke qarag`anda shawqi`mni`n` 1 dB ke asi`wi`nda 10 dB ke dinamik diapazoni`n ta`miyinleydi. Bul tu`rdegi ku`sheytirgishlerdi tiykargi` mashqalasi` – woni`n` barqarorligini ta`miyinlew. U`lken ku`sheytirw koefitsientine iye ku`sheytirgishti iyeleytug`i`n ha`m joqari` kiriya impendansli` keribaylani`sti`n` sozi`lg`an shi`nji`ri`nan paydalani`w, tranzistor si`yi`mli`li`g`i` arqali` on` keribaylani`s payda boli`w na`tiyjesinde ku`sheytirgish sxemasi`n joqari` chastotada

wo`z-wo`zinen payda boli`wi`na beyim qi`ladi`. Wo`z-wo`zinen payda bolmawi` ushi`n sxema elementlerin na`tiyjeli ekranirovka ha`m kompanovka talap yetiledi. Yen` kishi shawqi`mg`a kiriw shi`nji`ri`nda integratsiyag`a iye joqari`impendansli` ku`sheytirgish iye. Dinamik diapazoni` boyi`nsha birinshi wori`nda transimpendansli` ku`sheytirgish, ha`m yaonnan son` to`menimpendansli` ha`m joqari` impendansli`lar boli`p yesaplanadi`. Isshi diapazoni` boyi`nsha bolsa birinshilik to`menimpendansli` ku`sheytirgishke tiyisli. Chastotani`n` kishi diapazoni`nda joqari`impendansli` ha`m transimpendansli` ku`sheytirgishlerdi qollansa boladi`. Ku`sheytirgishler sxemasi`ni`n` barli`q kemshilikleri ha`m abzalli`qlari`n yesapqa ali`p transimpendansli` ku`sheytirgish sxemasi`n tanlaymi`z. Usi` diplom proektinde fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` qi`sqa baylani`s liniyasi` (1 km.) ushi`n islep shi`g`ari`li`p ati`r. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` shi`g`i`wi`nda professional radioqabi`llag`i`sh wornati`lg`an dep yesaplaymi`z. Bizin` jag`dayda FQQ ku`sheytirgishi avtomat tuwi`rlag`i`sh sistemasi`z (ATS), sebebi ATS quri`lmasi` kesentke ta`sirli degen itimalli`li`g`i` bar. Wo`tkizilgen analizimiz na`tiyjesinde FQQ din` strukturali`q sxemasi` to`mendegi ko`rinishke iye boladi`:



2.5-su`wret. Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`ni`n` strukturali`q sxemasi`.

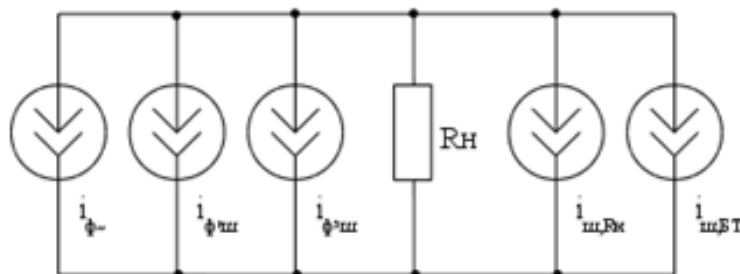
1. Da`slepki ku`sheytirgish (Predvaritel`ni`y Usilitel`)
2. Aqi`rg`i` ku`sheytirgish (Okonechni`y usilitel`)
3. RPrU- radioqabi`llag`i`sh quri`lma

3. FQQ DA`SLEPKI KU`SHEYTIRGISHININ` PRINCIAL SXEMASIN TANLAW HA`M TIYKARLAW.

3.1 Fotoqabi'llag'i'sh quri'lmasi'ni'n` kiriw kaskadi`

Aldi`nnan keltirilgen strukturali` sxemag`a tiykarlani`p, FPU du`zilisine tiyisli yeki funksional ku`sheytirgishke bo`linedi: da`slepki ha`m aqi`rg`i`. Da`slepki ku`sheytirgishti ko`rip shi`g`ami`z. Da`slepki ku`sheytirgishine qoyi`latugi`n tiykarg`i` talap, basqa sha`rtlerge a`mel qi`li`ng`anda (berilgen wo`tkiziw polosasi`) berilgen signal/shawqi`m qatnasi`n ta`miyinlew boli`p yesaplanadi`.

Fotoqabi'llag'i'sh quri'lmasi'ni'n` dinamik diapazoni` minimal signal boyi`nsha FPU din` yaozinin` fotodiod ha`m ku`sheytirgish shayaqi`mlari`nan quralg`an shawqi`mi` menen ani`qlanadi`. Kiriya kaskadi`nda paydalani`latugi`n tranzistor tu`rin tan`lawdan ku`sheytirgish sxemasi'ni'n` shawqi`mi` baylani`sli`. Talap yetilip ati`rg`an chastota diapazoni` ushi`n bipolyar tranzistori` (BP) ha`m maydan tranzistorlari'ni'n` (PT0 shawqi`m parametrleri sali`sti`ri`ladi`, soni`n` ushi`n bipolyar tranzistori`n tan`laymi`z, sebebi paydalani`wda berilgen chastota diapazoni`n a`melge asi`rsa boladi`. FQQ ni'n` kiriw kaskadi'ni'n` shawqi`m ekvivalent sxemasi` 3.1. su`wrette keltirilgen.



3.1-su`wret. FQQ ni'n` kiriw kaskadi'ni'n` shawqi`m ekvivalent sxemasi`

$i_f \sim$ - signal fototok generatori`

$i_{f,sh}$ – shawqi`m fototok generatori`, shawqi`m optik quwatli`li`g`i`nan jarati`lg`an

$i_{sh,f0}$ – shawqi`m tok generatori`, turaqli` optik quwatli`li`g`i`nan jarati`lg`an

$i_{sh,Rn}$ – shawqi`m tok generatori`, wo`zgeriwshen` tok boyi`nsha fotodiodti`n` nagruzkasi` ekvivalent qarsi`li`g`i`nan jarati`lg`an

$i_{sh,BT}$ – shawqi`m tok generatori`, kiriw kaskadi`ni`n BT shawqi`mi`nan jarati`lg`an.

Bul toklar keyingi formulalar arqali` tabi`ladi`:

$$i_{\phi,u}^2 = I_{\phi_0}^2 \cdot 10^{\frac{RIN}{10 \cdot \Delta f}} \quad (1)$$

$$\overline{i_{III,RH}^2} = \frac{4KT\Delta f}{R_H} \quad (2)$$

$$\overline{i_{III,RH}^2} = \frac{4KT\Delta f}{R_H} \quad (3)$$

$$\overline{i_{\delta}^2} = 2\ell I_{\delta} \cdot \Delta f \quad (4)$$

Bul jerde i_{f0} – jaqti`li`qti`n` turaqli` tog`i

$RIN = -155dB/Gc$ – shawqi`mni`n` sali`sti`rmali` intensivligi

Δf – qabi`llani`w chastota diapazoni`

K – Bol`cman turaqli`li`g`i`

T – temperatura (Kel`vin boyi`nsha)

Turaqli` optik quwatli`g`i` u`lkenligi lazerdin` OTK ta jog`alti`wlar ha`m (kombinacion qa`teliklari) minimal si`zi`qli` yemes qa`teliklerdi ali`w ushi`n vol`t-ampere xarakteristikadag`i` baslang`i`sh isshi tochkasi` arqali` ani`qlanatug`i`n, fotodiodqa tu`setug`i`n, turaqli` optik quwati` menen ani`qlani`wshi` signal fototokti` ha`m fototoktin` fon jaqti`li`g`i`n jaratatug`i`n, to`mendegi wo`z-ara sali`sti`rma arqali` ani`qlanadi`:

$$i_f = I \cdot P_{sv} / \eta \cdot h \cdot \nu \text{ yamasa } i_f = A \cdot P_{sv}, \quad A = I / \eta \cdot h \cdot \nu$$

bul jerde P_{sv} – fotodiodqa tu`siwshi optik quwatli`gi`

η – kvant shi'gi'wi'

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ – Planka turaqli'li'gi'

ν – jariqliq chastotasi.

NLPN shi'gi'wi'nda $P_{sv} = 0,5$ mVt bolg'anda FPU da to'mendegini alami'z:

$i_f = A \cdot P_{sv} / D$; D – liniyadag'i jog'alti'wlar.

Yeki optik raz'emlari'ndagi jog'alti'wlardi' ha'm so'niwdi yesapqa ali'p jog'alti'wlar ji'yi'ndi'si $D = 3\text{dB/km}$ boli'p $101qD = 101q3 = 0,5$ ma'rte quraydi'.

$$\text{I. } \phi_o = \frac{A \cdot P_{NA}}{D} = 0,7 \cdot \frac{0,5}{2} = 175 \text{ i} \hat{e} \hat{A}$$

$$A = 0,7 \text{ Vt/A}$$

Yag'ni'y bir RIN yesapqa ali'ng'an turaqli' optik quwatli'li'qtan jarati'lg'an turaqli' fon jaqti'landi'ri'li'wi' shawqi'm toki'nan yeki ta'rtipke kishi shawqi'm toki'n aldi'q, ha'm woni'n ta'sirin bizin' jag'dayda yesapqa ali'w sha'rt yemes.

Solay yetip baza toki qansha kem bolsa tranzistor shayaki'mi'n sonsha kem boladi', biraq kishi toklarda h_{21} ha'm chastota qa'siyeti, f_T jamanlasadi', soni'n ushi'n joqari'dag'i chastota diapazoni' ushi'n kompromiss sheshim boli'p SVCh ni' ti'ni'shli'q toki'nda paydalani'w yesaplanadi'.

$$I_k \approx 1 \div 2 \text{ mA.}$$

Shawqi'm koefficienti formulasi' bul shamalardi'n duri'sli'gi'n ko'rsetedi.

Mi'sali'na, $R_g = 1 \text{ kOm}$ (wo'zgeriwshen' toki' boyi'nsha FD nagruzkasi'ni'n ekvivalent qarsi'li'gi'), bolg'anda u'lken chastota qa'telikleri sebepli maqul emes.

$$F = 1 + \frac{r_{l6}}{R_r} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(R_r + r_{l6})^2}{R_r \cdot r_{l6y}} + \frac{r_{l6y}}{2h_{21} \cdot R_r} \cdot \left(\frac{R_r + r_{l6} + r_{l6}}{r_{l6y}} \right)^2$$

FQQ ni`n` elektr principal sxemasi`n du`ziw ushi`n ha`m woni`n` kaskadlari` tranzistorlari`ni`n` rejimlerin tan`lawda, a`sirese shi`g`i`wdag`i`, wo`zinin` shawki`mlari`n minimallaw ha`m dinamikali`q diapazoni`n maksimallasti`rg`anda qarma-qarsi` talaplar qoyi`ladi`. Birinshiden tranzistorlar JJCH diapazoni`n maksimal $f_v \geq 400$ MGc bolg`anda JJCH 2T3114V-6 tranzistori`n isletiw za`ru`r, $I_k = 2$ mA bolg`anda  $f_{gr} \approx 4,7$  GGc FQQ din` elektr principal sxemasi`n du`ziya ha`m woni`n` kaskadi` tranzistori` rejimlerin tan`law, a`sirese shi`g`i`w, FQQ din` wo`z shawqi`mlari`n minimallasti`ri`wda ha`m dinamik diapazoni`ni`n maksimallasti`ri`wda qarama-karsi` talaplar qoyi`ladi`. Birinshiden tranzistorlar JJCH diapazoni`nda tan`lanadi`, mi`sali`, kem quwatli` 2T3114V-6, $f_{gr} \approx 4$ GGc. Kiriw kaskadi`ni`n` ti`ni`sh jag`dayi`ndag`i` toki shawki`mdi` minimallasti`ri`w sha`rtinen tan`lang`an.

2T3114V-6 tranzistori` to`mendegi parametrlerge iye:

$P_{k\ dop} = 25$ mVt; $f_g = 4,7$ GGc ; $I_{k\ dop} = 15$ mA; $h_{21} = 100$; $U_{k\ dop} = 5$ V; $S_k = 0,4$ pF;

$r_{rasch} = 6$ ns

Bul qarama –qarsi` talaplari`n jaylasti`ri`w (minimal shawki`m, maksimal chastota ha`m dinamik diapazoni`) kiriya kaskadi` bul qa`siyetlerge iye emmitterli ta`kirarlag`i`sh sxemasi` boyi`nsha a`melge asi`ri`ladi`.

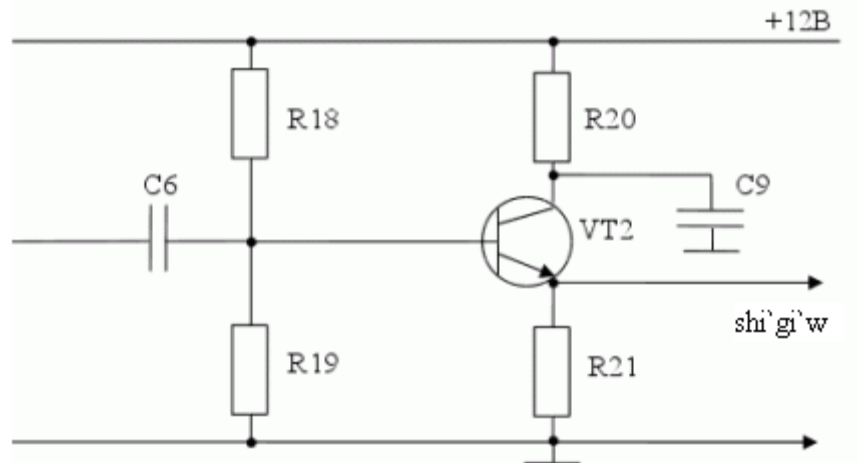
Berilgen chastota ha`m dinamik diapazoni`n ta`miyinlew ushi`n yekinshi kaskad jergilikli keriy baylani`s kaskad sxemasi` boyi`nsha a`melge asi`ri`ladi`. 2-shi xam 3-shi kaskad si`pati`nda M 451212-2 tu`rli JJCH mikrosxemasi` paydalani`ladi`.

Yekinshi kaskadi`nda FQQ keriy baylani`sqa iyeligi chastota ham dinamik diapazoni`n ko`beytiredi, vash wol menen birge FPU din` shawqi`m qa`siyetlerin pa`seytirmeydi, sebebi birinshi kaskad quwati` boyi`nsha kerekli ku`sheyiwdi beredi. Bul bolsa kaskad sxemasi`ni`n ti`ni`sh jag`dayi`na toki`n u`lken yetip ali`wg`a mu`mkinshilik beredi, ha`m wo`z na`wbetinde keriy baylani`s teren`ligin asi`radi` usi` menen birge si`zi`qli` yemes chastota ka`teliklerdi kemeytiredi. Mikrosxemani`n` elektrik parametrleri bap`ti`n` aqi`ri`ndag`i` 3.1. kestesinde keltirilgen.

3.2. Fotoqabllag'i'sh qurilmasi'ni'n' shi'g'i'w kaskadi'

Si'rtqi' nagruzka menen sa'ykeslestiriwshi shi'g'i'w kaskadi' emitter ta'kirarlag'i'shi' sxemasi' tiykari'nda wori'ngan. Bunda $R_n = 50 \text{ Om}$ ha'm ti'ni'sh jag'daydag'i' toki' jeterli u'lken yetip ali'nadi'.

Shi'g'i'w kaskadi'ni'n' principal sxemasi' 3.3. suwrette keltirilgen.



3.3-su'wret. FQQ ni'n' shi'g'i'w kaskadi'ni'n' principal sxemasi'.

VT2 shi'g'i'w tranzistori' si'pati'nda da'slepki ku'sheytingishtin' tranzistori'n paydalansa boladi': 2T3114B-6.

Bul usi'ni'slardi' yesapqa ali'w 3.2. ha'm 3.3. su'wrette keltirilgen FPU sxemalari'n isletiw mu'mkinshiligin jaratadi'. Aldi'ng'i' u'sh tranzistorlari' uli'wma keru baylani's penen qaplang'an, bul sezgirliğin jog'altpastan chastota ha'm dinamik diapazoni'n ko'beytiriw mu'mkinshiligin beredi.

FPU din' principal sxemasi'n analiz yetiw sonni' ko'rsetedi, kiriw kaskadi' si'pati'nda emitter ta'kirarlag'i'shi'n paydalani'w bir waqi'tta ko'plegen ma'selelerdi sheshiwge mu'mkinshilik beredi:

- kiriw kaskadi'ni'n' si'ziqli' yemes qa'teliklerin kemeytiriw;
- woni'n' chastota diapazoni'n ko'beytiriw;
- emitter ta'kirarlag'i'shi'ni'n' kishi shi'g'i'w karsi'li'g'i'ni'n' yesabi'na jergilikli keru baylani's teren'ligin ko'beytiriw joli' menen yekinshi kaskadi'n' si'ziqli' yemes qa'teliklerin kemeytiriw;

Buni`n` barli`g`i` FPU din` sezgirligin kemyetirmeydi, sebebi kiriw kaskadi`
h₂₁ ma`rte signal quwati`n ku`sheytiredi.

FPU din` ku`sheyiwinin` shegarali`q chastotasi`n ani`qlaymi`z:

$U_2(p) = r_1(p) \cdot K(p) = J_f \cdot Z_{vx} \cdot F \cdot K(p)$, bul jerde

$U_2(p)$ – FPU ni`n` kiriwindegi ku`shleniwi

$U_1(p)$ – Fotodiodti`n` nagruzkasi`ndagi` ku`shleniw, yag`ni`y uli`wma wo`tkiziwshi ha`m kiriw tranzistori` bazasi` arasi`ndag`i` wo`zgeriwshen` toki` boyi`nsha kompleks qarsi`li`g`i`.

$K(r)$ - FPU din` barli`q kaskadi`ni`n` uli`wma ku`sheyiwi koefficienti, shi`g`i`wi`nan basqa.

J_f – signal fototoki`;

Z_{vx} – aldi`n`g`i` yeki kaskadi`n qaplawshi` uli`wma keru baylani`s ta`sirindegi FPU din` kiriw qarsi`li`g`i`.

Bizin` jag`dayda $K(p) = K_1(p) \cdot K_2(p) \approx K_1 \cdot K_2 \approx K_2$, sebebi $K_1 = 1$ ha`m bul kaskadlardi`n` ku`sheyiwi bizin` chastota diapazoni`mi`zda turaqli` dep yesaplawi`mi`z mu`mkin.

$$\text{Wonda, } Z_{vx,F} = Z_{vx} \frac{F_{k3}}{F_{xx}}; \quad F_{kz} = 1, F_{xx} = 1 + KV(r);$$

$$\text{Bul jerde } V(r) = \frac{B_0}{1 + p\tau_1}; \quad \tau_{1=Rr \cdot CBx} \quad Z_{BX} = \frac{Rr}{1 + p\tau_1};$$

$$U_2(P) = \frac{J_\phi \cdot Rr}{1 + B_0 K} \cdot \frac{K}{1 + P \frac{\tau_1}{1 + B_0 K}} = J_\phi Rr \frac{K}{F_0} \cdot \frac{1}{1 + P \frac{\tau_1}{F_0}};$$

Alami`z:

$$1 + B_0 K = F_0 \quad B_0 \cong 1 \quad K_2 = 4$$

FPU din` kiriw kaskadi` ushi`n (birinshi ha`m yekinshi) uli`wma keru baylani`s ta`sirinde joqari` kesim chastotasi`:

$$f_v \sqrt{2} = f_v \sqrt{2} * F_0 = 80 * 5 = 400 \text{ MGc}$$

$$F_0 = 1 + KB_0 = 1 + 4 = 5$$

$$f_v \sqrt{2} = \frac{1}{2\pi C_{BX} R_r} = \frac{0,16}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3} = 80 \text{ Å} \quad \text{ö}$$

FQQ diskret tranzistorlari`nda a`melge asi`ri`lsa da boladi`, joqari`da keltirilgen sxemotexnika tiykari`nda, biraq bunda  $f_g \gg (4 \div 5) \text{GGc}$  paydalani`w texnologiyasi` gibrir-plenkali` boli`wi` mu`mkin.

3.1-tablica

Parametrler, wo`lshew u`lkenliklerit.	Norma	
1. Isshi diapazoni`ni`n` joqari` chastotasi`, MGc	1000	-
2. Qayta wozgeriw rejiminde shawqi`m koefficienti, dB	-	10
3. 1 dB ga si`g`i`li`wi`nda AChX si`zi`qli`li`g`i`ni`n` joqaroit` chastotasi` mVt.	0,1	-
4. Kanallar arasi`nda sheshiliw dB	30	-
5. Ku`sheytiriya rejiminde quwat boyi`nsha uzati`w koefficienti	-	5
6. Belgilengen kiriw quwati` mBt	-	5
7. Minimal islew saat	25000	-
8. 90 payi`zli` resurs saat	40000	-
9. Salmag`i`, g.		1,5
10. Gabaritleri 14 iyiliwshen` lentali` shi`g`i`wplanar konstruktiv wori`nlani`wi` (mm.)		

Zi`yanli` baylani`slari` ham turg`i`nli`gi`n asi`ri`w ushi`n tiykar korpusi`n zazemlenie islew kerek.

4. FOTOQABI`LLAG`T`SH QURI`LMA SI`NI`N` YESABATI`

4.1. Shi`g`i`w ha`m da`slepki ku`sheytirgishinin` yesabati`

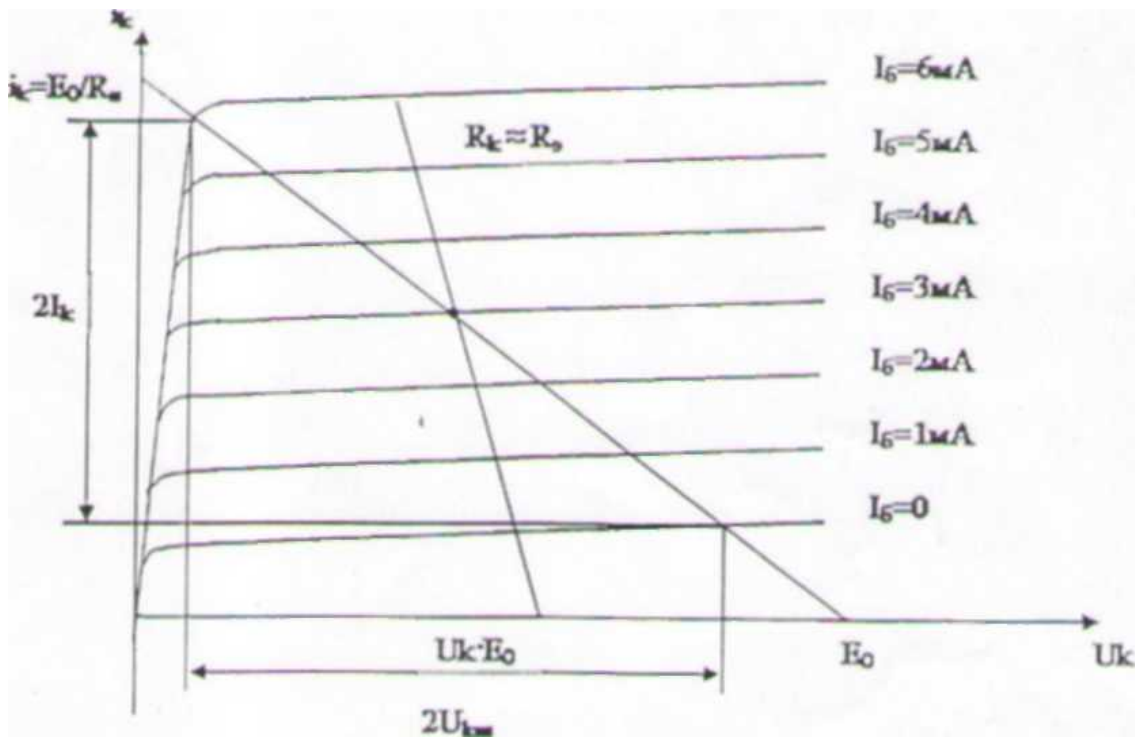
Turaqli` tok boyi`nsha K-shi`nji`ri`n yesaplaysa, tan`lang`an rejimlerde ha`m woni`n` turg`i`nli`g`i`n ta`miyinlewshi tranzistorlar rejimlerin tan`law ha`m rezistorlar qarsi`li`qlari`n yesaplawdi` wo`z ishine aladi`. Bunda energiya dereklari ha`m signallari`nan azi`qlani`wshi` quyaatlari` minimal boli`wi` sha`rt.

Tranzistordi`n` jumi`s rejimi tranzistorlardi`n` shi`g`i`w xarakteristikalarida (ti`ni`sh halattag`i` tochkasi`) baslang`i`sh issi tochkasi` jaylasi`wi` menen ani`qlani`wshi` (4.1 su`wret), yag`ni`y kollektordi`n` I_K ti`ni`sh halatidag`i` toki` mug`darlari`ni`n` kollektor ha`m emitter arasidag`i` ku`shleniwini`n`  $U_K$  turaqli` quramida, sonday boli`w kerek, si`rtqi` nagruzkada signaldi`n` berilgen (nominal) quwati` ta`miyinleniwi kerek ha`m tranzistori`ni`n` issi rejimlerinin` shegarali`q parametrlari` maksimal mu`mkin bolg`an mug`dardan asi`p ketpesligi kerek. Shi`g`i`w shi`nji`ri`nda, keri baylani`s shi`nji`ri` ta`repien kiritiletug`i`n tranzistordi`n` shi`g`i`w shi`nji`ri` ta`repien, signaldi`n` quwati`ni`n` pa`seyiwin yesapqa ali`p, tranzistor kollektorida shashi`li`wshi` quwatti`n` maksimal issi mug`dari` $P_{kr\ maks} < i_k \quad P_{k\ dop} = 100\text{ mVt}$ (tranzistor kollektorida shashi`li`wshi` quwati` mu`mkin bolg`an u`lkenlikten asi`p ketpesligi kerek).

Shi`g`i`w tranzistori`ni`n issi rejimin ani`qlaymiz. Shi`g`i`w tranzistori`ni`n kollektor toki` principial sxemasi`n tan`lawda kiritiledi. Si`zi`qli` yemes ha`m chastota qa`teliklerde kemeytiriya ushi`n ti`ni`sh jag`daydagi` toki` mug`dari`n 10 mA g`a ten` dep tan`langan ha`m bunnan:

$$R_{kr\ maks} \approx U_{ke} * I_k$$

U_{ke} - emitter ha`m kollektor arasidagi` ku`shleniw (5÷6) V.



4.1.- su`wret. Tranzistordi`n` shi`g`i`w xarakteristikasi`.

R19 qarsi`li`g`i`ndag`i` so`niwshi ku`shleniwdi emitter ha`m kollektor arasi`ndag`i` ha`m R20 qarsi`li`g`i`ndag`i` ku`shleniwdi tu`siwi ha`m energiya deregi ku`shleniwinin` parqi` si`pati`nda ani`qlaymi`z

$$U_{chas} = U_0 - (I_k \cdot R_{20} + U_{ke})$$

$$U_{chas} = 12 - (10 \cdot 10^{-3} \cdot 50 + 5)$$

$$U_{chas} = 6,5 \text{ V}, \quad R_{20} = \frac{U_{\times \tilde{A} \tilde{N}}}{I_{kVT3}} = \frac{6,5}{0,01} = 650(\tilde{n})$$

Shi`g`i`w kaskadi` toklari`n ani`qlaymi`z:

$$I_e = I_k + I_b; \quad I_b = I_k / h_{21}$$

Bul jerde $h_{21} = \sqrt{h_{21i\tilde{a}e\tilde{n}} \cdot h_{21i\tilde{e}r}} -$ tok boyi`nsha ku`sheyiw koeficientinin` wortasha mug`dari`

$$h_{21sr} = h_{21cp} = 330 \cdot 40 \cong 100$$

I_d - ku`shleniwdi bo`liwi arqali` wo`tetug`i`n tok. Tranzistor rejimin jeterlishe turaqli`li`g`i` ushi`n  $I_d = I_b$  dan birqansha u`lken boli`wi` kerek, a`dette  $I_d \geq (5 \div 10)I_b$  dep qabi`llanadi`.

$I_d = 10I_b$ bolsi`n, wonda:

$$I_b = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{100} = 0,1(\text{mA})$$

$$I_{\Sigma} = 10 \cdot 10^{-3} + 0,1 \cdot 10^{-3} = 10,1(\text{mA})$$

$$I_{\Sigma} = 10 \cdot 0,1 \text{mA} = 1(\text{mA})$$

Tranzistor bazasi`ndag`i` shi`nji`ri` ko`shirgish bo`linbesi rezistor qarsi`li`qlari` to`mendegi formulalar menen yesaplanadi`:

$$R_{\Sigma 2}(R19) = \frac{U_{\Sigma}}{I_o}$$

$$R_{\Sigma 1}(R18) = \frac{E - U_{\Sigma}}{I_{\Sigma} + I_{\Sigma}}$$

$$U_{\Sigma} = U_{\Sigma} + U_{\Sigma 0} = U_{\Sigma} + I_{\Sigma} \cdot R_{\Sigma(21)}$$

Ku`sheytirgishte kremniy tranzistorlari`n isletkende baza emitter ku`shleniwi mug`dari`  $U_{be} = 0,6 \text{ V}$  dep ali`w mu`mkin,

$$\text{Wonda } R18 = \frac{12 - 1,1}{1 \cdot 10^{-3}} = 9,91(\text{k}\Omega) \quad R19 = \frac{0,6 + 0,01 \cdot 50}{1 \cdot 10^{-3}} = 1,1(\text{k}\Omega)$$

Nominal boyi`nsha

$$R_{18} = 10 \text{ (kOm)} \quad R_{19} = 1,1 \text{ (kOm)}$$

Ku`sheytirgishtin` si`zi`qli` yemes qa`teliklari shi`g`i`w kaskadi` menen ani`qlanadi`, kiriwine signaldi`n` yen` joqari` ku`shleniwi qoyi`latug`i`n, ani`g`i`rag`i`bul kaskad tranzistori` xarakteristikasi`ni`n` si`zi`qli` yemesligi menen

$$R_{21} = R_{vi`x} = 50 \text{ (Om)}$$

Da`slepki ku`sheytirgish signal/shawqi`mni`n` yen` joqari` qatnasi`n ta`miyinlep elektr signali`n ku`sheytiredi. DK g`a qoyi`latug`i`n tiykarg`i` talaplarg`a – minimal shawqi`m, maksimal chastota ha`m dinamik diapazonlari`. Aldi`nnan ko`rip shi`qqani`mi`zday bul talaplardi` wori`nlaw ushi`n kiriw kaskadi` bul qa`siyetlerge iye emitter ta`kirarlag`i`shi` sxemasi` boyi`nsha wori`nlang`an. Berilgen chastota ha`m dinamik diapazonlari`n ta`miyinlew ushi`n yekinshi ham u`shinshi kaskadlari` kaskad sxemasi` boyi`nsha wori`nlanadi`. DK uli`wma keri baylani`s penen qaplang`an, bul bolsa chastota ha`m dinamik diapazonlari`n sezgirligin pa`seytirmestenko`beytiriw mu`mkinshiligin beredi. Ko`beyiw kaskadi` yesabati`n turaqli` tok boyi`nsha wo`tkizemiz. K-shi`nji`ri` yesabi` turaqli` tok boyi`nsha wo`z ishine mikrosborka tranzistori` ha`m kiriya kaskadi` rejimin tan`lawdi` aladi`, ja`ne rezistorlar qarsi`li`g`i`n yesaplaw tan`lang`an rejimin ha`m woni`n` turaqli`li`g`i`n ta`miyinleytug`i`n, ha`m bunda energiya dereginen ha`m signaldan ali`natug`i`n quwatli`g`i` minimal boli`wi` kerek. Aldi`n ayti`lg`anday, kiriwge kem quwatli` JJCH  $f_m > (4\div 5)G_{Gc}$  diapazonli` tranzistor tan`lanadi`. Mi`sali`: 2T 3114 V-V. Mikrosborka SVCh qurami`na tranzistorlari` M45121-2 to`mendegi tiykarg`i` parametrlariga iye:

$$P_{k \text{ dop}} = 100 \text{ mVt},$$

$$I_{k \text{ dop}} = 20 \text{ mA},$$

$$U_{k \text{ dop}} = 15\text{B},$$

$$\tau_k = 1,5 \text{ ns},$$

$$f_g = 5 \text{ GGc},$$

$$h_{21} = 40 - 330,$$

$$S_k = 0,6 \text{ pF}$$

Aldi`nnan ko`rip shi`qkani`mi`zday FPU din` wo`z shawki`mi` ha`m ken` polosali`li`g`a kaskadti`n` kollektor toki` I 2mA g`a ten`. II ha`m III kaskadlari`na shawqi`m talabi` qatti` bolg`anli`g`i` ha`m chastotali` wo`zgesheliklerin jaqsi`law ushi`n kollektor toki` 5 mA a`tirapi`nda tan`lanadi`. Shawqi`mdi` yesaplaw ushi`n fotodiod nagruzkasi` qarsi`li`q u`lkenligi wo`zgeriyashen` tok boyi`nsha bul sxemada to`mendegishe yesaplanadi`:

$$\dot{i}_{\text{ø} \hat{a} \hat{o}}^2 = 2 \ell I_6$$

$$\overline{U}_{\text{ø}, R \hat{A}}^2 = 4 K T R_r$$

$$R_g = R2 \parallel R4 \parallel R1 = 1 \text{ kOm}$$

$$\overline{U}_{\text{ø}, R \hat{A}}^2 = \overline{U}_{\text{ø}, \hat{A} \hat{o}}^2$$

$$\overline{U}_{\text{ø}, \hat{A} \hat{o}}^2 = \dot{i}_{\text{ø}, \hat{A} \hat{o}}^2 \cdot R_r^2 \qquad R_r = 1_{\hat{e} \hat{n}}$$

$$I_{\hat{a}} = 20 \hat{i} \hat{e} \hat{A}$$

Energiya deregi uli`wma polyusine (jerge jalg`ang`an) qarag`anda sxemani`n` barli`q uzellari`ndag`i` ku`shleniw mug`darlari`n tawi`p ha`m (3.2 su`wret) sxemasi`na kiritemiz. Bunda soni` yesapqa ali`w kerek, II shi ha`m III shi kaskadlari`ni`n` (R7 ha`m R15) rezistor ju`klemelerinin` u`lkenlikleri 75 Om nen

aspawi` kerek, bolmasa ku`sheytirgishtin` chastota qa`siyetleri jamanlasadi`. Bunnan kelip shi`qqan halda kollektor toki` 5 mA da bul rezistorlarda ku`shleniw pa`seyiwi 0,5 V qa ten` boladi`. Turaqli` tok boyi`nsha keri baylani`s shi`nji`ri`ni`n` uzati`w koefficienti to`mendegi formula arqali` yesaplanadi`:

$$V = \frac{R1 \parallel R_{\dot{a}\dot{o}}(VT1)}{R1 \parallel R_{\dot{a}\dot{o}}(VT1) + R4}$$

bul jerde $R_{vx}(VT4)$ – kaskadti`n` kiriya qarsi`li`g`i`.

$R_{vx} = h_{11} + R_e (1 + h_{21})$ $R_{vx} \gg R1$ bo`lgenligi ushi`n itibarg`a almasli`g`i`mi`z mu`mkin,

wonda

$$V = \frac{R1}{R4 + R1} = \frac{3,6}{6,2 + 3,6} \approx 0,37$$

VT1 bazasi`ndag`i` ku`shleniw:

$$U_{b0,1} = U_{k2} * B$$

$$U_{b0,1} = 11,5 * 0,37 = 4,2 \text{ (V)},$$

$$U_{b0,1} = U_{be,1} + U_{be,3} + U_{e,3}$$

Ku`sheytirgishte kremniy tranzistorlari`n qollanbag`ani`mi`zda baza emitter ku`shleniwi mug`dari` (0,6 0,7) V g`a ten` dep qabi`l yetiw mu`mkin.

$$\text{Tan`laymi`z: } U_{be,1} = 0,6 \text{ V}, \quad U_{be1,3} = 0,7 \text{ V}$$

wonda $U_{e,3} = 4,2 - 1,3 = 2,9 \text{ (V)}$ birinshi tranzistor emitteri ku`shleniwin to`mendegishe tabami`z:

$$U_{e,1} = U_{be,3} + U_{be,1}$$

$$U_{e,1} = 4,2 - 0,6 = 3,6 \text{ (V)}$$

ken` polosali` ku`sheytirgish ushi`n $U_{e,2} = 4 \text{ V}$ tan`laymi`z

sledovatel`no :

$$U_{e3} = U_{k,2} = U_{ke,2} - U_{e,3}$$

$$U_{ke,3} = 11,5 - 4 - 2,9 = 4,6 \text{ (V)}$$

yekinshi tranzistor bazasi`ndag`i` ku`shleniw.

$$U_{b0,2} = U_{k,3} + U_{be,2} = (U_{e,3} + U_{ke,3}) + U_{be,2}$$

$$U_{b0,2} = (2,9 + 4,6) + 0,7 = 8,2 \text{ (V)}$$

II shi ha`m III kaskadlar bir tu`rde bolg`anli`g`i` ushi`n T4 ha`m T5 tranzistorlari`ni`n` turaqli` ku`shleniwi IMS nin` T2, T3 tranzistorlari`ni`n` turaqli` ku`shleniwine sa`ykeslengen.

Sxemadag`i` barli`q ku`shleniwlerin ha`m kaskad toklari`n bilip sxema rezistorlari` qarsi`li`qlari`:

$$R9 = R16 = \frac{U_{y,3}}{I_{y,3}} = \frac{2,9\text{Å}}{5,05 \cdot 10^{-3}\text{Å}} 514\hat{n}$$

nominal boyi`nsha qabi`l qi`lami`z $R9 = R16 = 510 \text{ (Om)}$

$$R2 = \frac{U_{y,1}}{I_{y,1}} = \frac{3,6\text{Å}}{2 \cdot 10^{-3}\text{Å}} \cong 1,8\hat{n}$$

T2, T4, T5 tranzistorlari` rejiminin` jeterli turaqli`li`g`i` ushi`n baza shi`nji`ri`ndag`i` ku`shleniwidi bo`lgishinen wo`tiwshi tokti` I_D ni` 1 mA g`a ten` dep alami`z.

VT1 shi`nji`r bazasi`ndag`i` bo`lgishi qarsi`li`g`i` bir ta`repten

$$R_g = R2 \parallel R4 \parallel$$

$R1 = 1 \text{ kOm}$ sha`rtin wori`nlawi` kerek, yekinshi ta`repten ko`shiwi ku`shleniwi (4,2 V)

V) jeterlishe ta`miyinlep beriwi kerek.

R2 u`lkenligi, T3 te ha`m kollektor tagi`da ko`shiwinen kelip shi`qqan halda.

VT1 1.8 kOm dep tan`lang`an, yag`ni`y (sledovatel`no):

$$1 \text{ kOm} = \frac{(R1 \parallel R4) \cdot 1,8\hat{n}}{(R1 \parallel R4) + 1,8\hat{n}}$$

$$(R1 \parallel R4 = x)$$

$$x * 1,8 = x + 1,8;$$

$$0,8x = 1,8;$$

$$x = 2,25;$$

Ten'lemeler sistemasi'n sheship, R1 ha'm R4 rezistorlari'ni'n' za'ru'r u'lkenliklerin tabami'z:

$$\begin{cases} \frac{R1 \cdot R4}{R1 + R4} = 2,25 \\ \frac{R4 + R1}{R1} = \frac{U_{\hat{e}, \hat{A}}}{U_{\hat{a}, 1}} = 2,74 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R1 = 3,54(\hat{\Omega}) \\ R4 = 6,2(\hat{\Omega}) \end{cases}$$

tan'laymi'z: R1 = 3,6 kOm ha'm R4 = 6,2 kOm.

T2, T6 shi'nji'ri' bazasi'ndag'i' ku'shleniwdi bo'lgishi rezistorlari' qarsi'li'qlari' to'mendegi formulalar menen yesaplanadi':

$$R_{\delta 1}(R5; R6) = \frac{U_{\hat{a}\hat{\zeta}, 2} + U_{\hat{\zeta} 2}}{I_{\hat{\delta}} + I_{\hat{\delta} 2}} = \frac{0,7 + 7,5}{5 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-3}} \cong 7810(\hat{\Omega})$$

bul rezistorlardi' 7,5 (kOm) g'a ten' dep tan'laymi'z:

$$R_{\delta 2} = (R6) = \frac{E - U_{\hat{a}02}}{I_{\hat{\delta}}} = \frac{12 - 8,2}{1 \cdot 10^{-3}} = 3800(\hat{\Omega})$$

Rezistorlardi'n' nominal 3,9 kOm g'a ten' dep qabi'l qi'lami'z. T5 tranzistori' baza bo'lgishin yesaplayw ushi'n usi' usi'li'n paydalanami'z.

Bo'lgish toki'n 1 mA ten' dep tan'laymi'z, bul rezistorlari' nominali'na sa'ykeslesedi:

$$R11 = \frac{E - U_{\hat{a}0,5}}{I_{\hat{a}5} + I_{\hat{a}\hat{a}\hat{e}}} = \frac{12 - 3,6}{5 \cdot 10^{-5} + 1 \cdot 10^{-3}} = 8000(\hat{\Omega})$$

$$R_{12} = \frac{U_{a0,5}}{I_{a\ddot{a}e}} = \frac{3,6}{1 \cdot 10^{-3}} = 3600(\hat{n})$$

Bularg'a jaqi'n nominallar: 8,2 (kOm) ha'm 3,6 (kOm) R11 ha'm R12 rezistorlari'na sa'ykes keliwshi.

T3 emitter shi'nji'ri'nda jergilikli kerı baylani'sti` R10; C5 shi'gji'ri` payda yetedi, ha'm ja'ne R17; C7 FPU din` III shi kaskadi'nda kerı baylani'sti'n` za'ru'r mug'dari`:  $F=1+S \cdot R_{EOS}$  kerı baylani'ssi`z (K) ku'sheytingishinin` ku'sheytiriw koefficienti K ni'n` berilgen mug'dari` ta'miyinlew ushi'n jeterli boli'wi` kerek, talap yetilgen F u'ikenliginde:

$$K_F = \frac{K}{F}; K = S \cdot R_H$$

$$S = 40 \cdot I_k = 40 \cdot 5 \text{ mA} = 0,2 \text{ (Cu)}$$

$$\text{bunnan: } K_F = \frac{S \cdot R_H}{1 + S \cdot R_{y\ddot{m}}} = \frac{0,2 \cdot 75}{1 + 0,2 \cdot R_{y\ddot{m}}} = 3,5$$

$$R_{y\ddot{m}} = \frac{\overline{K_F}}{0,2 - 1} = 20,5(\hat{n})$$

$R_{eos} (R10) = 22 \text{ (Om)}$ nominal boyi'nsha, wonda jergilikli kerı baylani's teren'ligi to'mendegige ten` talap yetiledi:

$$F = 1 + 0,2 \cdot 2,2 = 5,5$$

G formasi'ndag'i` RC fil'trlar shi'nji'ri` energiya shi'nji'ri'nda yeki talapti'n` wori'nlani'w sha'rti menen paydalani'ladi`:

-energiya deregi ku'shleniwini' minimal jog'alti'wlari`;

-wo`z-wo`zinen qozg`ati'wlardi` jog'alti'wdi` ta'miyinlew kaskadlar arasi'ndag'i` za'rer kerı baylani'stan energiya dereginin` ishki qarsi'li'g'i` ha'm azi'qlani'wshi` wo'tkizgish qarsi'li'g'i`ndag'i`;

***Ku'sheytingish shi'nji'ri'ni'n` chastota xarakteristikaları'n yesaplaw.*** FQQ din` shegarali'q ku'sheyiwı chastotani` ani'qlaymi'z. K shi'nji'ri'ni'n` ku'sheyiw

koefficienti si'zi'qli' shi'nji'ri'ni'n' xabardi' uzati'w funkciyasi' si'pati'nda operator formasi'nda keltiremiz (9):

$$K_{(r)} = \frac{U_{2(p)}}{U_{1(p)}};$$

$$\text{wonda: } U_{2(r)} = U_{1(r)} * K_{(r)} = J_f - Z_{vx.F} * K_{(r)}$$

bunda $U_{2(r)}$ – fotoqabi'llag'i'sh quri'lmasi'ni'n' shi'g'i'wi'ndag'i' ku'shleniw.

$U_{1(r)}$ - fotodiod juklimesindegi ku'shleniw yag'ni'y uli'wma provod ha'm kiriw tranzistori' bazasi' arasi'ndag'i' wo'zgeriwshen' toki' boyi'nsha kompleks qarsi'li'g'i'ndag'i'.

$K_{(r)}$ – FQQ din' barli'q kaskadlari'ni'n' uli'wma ku'sheyi'w koefficienti, shi'g'i'wi'nan basqa.

J_F – signal foto ag'i'mi'

$Z_{vx.F}$ – uli'wma keri baylani'sti'n' ta'sirindegi FQQ nin' kiriw qarsi'li'g'i', birinshi 2 kaskadti' kaplawshi': bizin' jag'dayda $K_{(r)} = K_{1(r)} * K_{2(r)}$ ha'm $K_{(r)} = K_1 * K_2 = K_2$, sebebi $K_1 = 1$ ha'm kaskadlar ku'sheyiwin bizin' chastota diapazoni'mi'zda turaqli' dep yesaplawi'mi'z mu'mkin.

Sonda Bleyman formsulasi'n paydlang'ani'mi'zda $Z_{vx.F}$ ni' tabami'z:

$$Z_{bx.F} = Z_{\delta x} \cdot \frac{F_{K3}}{F_{xx}} \quad (7)$$

$$F_{\hat{E}\zeta} = 1; \quad F_{xx} = 1 + k\beta_{(p)}$$

$$\beta_{(p)} = \frac{\beta_0}{1 + p\tau}, \quad \tau_1 = R_r \cdot C_{\hat{a}\hat{o}}$$

$$\tilde{N}_{\hat{a}\hat{o}} = \tilde{N}_{\hat{o}} + \tilde{N}_{\hat{e}} = 1\ddot{i}\hat{O}$$

$$Z_{\hat{a}\hat{o}} = \frac{R_r}{1} + p\tau$$

$$U_{1(p)} = \frac{J_{\delta} + R_r}{1 + B_0 K} \cdot \frac{K}{1 + p \frac{\tau_1}{1 + B_0 K}} = J_{\delta} \cdot R_r \cdot \frac{K}{F_0} \cdot \frac{1}{1 + p \frac{\tau_1}{F_0}}$$

4.2. Da`slepki ku`sheytirgish shi`nji`ri`ni`n` xarakteristikasi`n optimallasti`ri`w

Elektr shi`nji`rlari`n modellestiriwimiz ushi`n biz Fastmean da`stu`ri ja`rdeminde yesaplawlar ali`p barami`z. Elektr shi`nji`rlari`n modellestiriya da`stu`rleri (OrCAD PSPICE, Micro-Cap, Electronics Workbench – g`a uqsag`an) ko`plegen ma`selelerde wo`tiw processinin` unamli` analizin ta`miyinleydi. Biraq bir qi`yli` jag`daylarda yesabat ko`p waqi`tti` iyeleydi ha`m ani`qli`q kiretug`i`n bir qancha kem boli`wi` mu`mkin, sebebi wo`tiw processinin` ko`plegen tochkalari`n a`piyaayi` integraciya processii ja`rdeminde yesaplaw za`ru`r.

Fastmean da`stu`rinde matricali` rekkurent ten`lemelerin jan`a sheshimlerin paydalanadi`. Bul algoritm da`stu`rlerinde a`dette paydalani`wshi`lardan ju`da` pari`qlanadi`. Wo`tiya processinin` funkciyasi`ni`n` ayri`qsha tochkalari` worni`na matrica formasi`nda Teylor qatari`na jayi`li`ya koefficienti yesaplanadi`. Bul berilgen qa`dem ishindegi qa`legen waqi`t momentindegi funkciya mug`dari`n tabi`w imkaniyati`n beredi, ken` paydalani`p ati`rg`an da`stu`rlerindegi a`piwayi` qa`demge sali`sti`rg`anda (ju`zlegen, mi`n`lag`an ha`m wonnan da) ko`p boli`wi` mu`mkin. Bir jag`daylarda wo`tiw processii, barli`q waqi`t intervali` ishinde bir qa`demge yesaplani`wi` mu`mkin. Kishi qa`demler sani`n ko`beytiriw worni`na Teylor qatari`nda jayi`lma ag`zalari` sani`n ko`beytiriw yesaplaw waqti`n qatan` ra`wishte kemeytiriwge mu`mkinshilik beredi, ha`m usi` waqi`tta ani`qli`g`i`n asi`radi`. Biraq, Teylor qatari`ni`n` ag`zalari`ni`n` maksimal sani` ha`zirgi komp`yuter imkaniyatlari`nan kelip shi`qqan halda sheklengen 70-80 xadlar sani`n quraydi`. U`lken sanlardi` yesaplaw ku`tkenimizge qarag`anda u`lken qa`telikler ali`p keliwi mu`mkin, yamasa uli`wma duri`s yemes na`tiyjege (100 den ko`p

sani`n yesaplag`anda), bul metodi`mi`zdi`n` sebebinen yemes, komp`yuterdin` setka da`rejesinin` sheklengeninen ha`m demek ani`qlaw qa`teliklerinen ju`zege keledi.

Bul sheshimlerden` matematik tiykarlari` prof. Arti`m A.D. xa`m prof. Filin V.A. (Rossiya, Sankt-Peterburg sh., prof. M.A.Bonch-Bruevich ati`ndag`i` Telekommunikaciya Ma`mleketlik Universiteti, Elektr Shi`nji`rlar Teoriyasi` kafedrası`) ta`repinen islep shi`g`i`lg`an. Keyin ala prof. Arti`m, prof. Filin ha`m wolardi`n` ka`siplesleri uli`wma Jan`a da`stu`rdi islep shi`g`i`p ha`m woni` a`hmiyetli ma`selelerdi sheshiwde paydalang`an. Fastmean da`stu`rinin` bul versiyasi` shi`nji`rlarda (wo`tkizgishke iye) a`piwayi` jol menen joqari` ani`qli`qqa yerisiw qi`yi`n bolg`an, quramali` wo`tiw processlerin analizi mashqalalari` menen qi`zi`g`i`wshi` qa`niygelerdin` ha`m Joqari` woqi`w worni`ni`n` ilimiy ja`miyetlerinin` itibari`n qarati`w ushi`n mo`lsherlengen. A`sbaplar panelinde 3 topar elementlerge iye: Tiykarlar, Derekler ha`m Aktivler. Wolardi`n` birin tan`lag`ani`mi`zda, za`ru`r elementlerine iye okno payda boladi`. Keregin tan`lap mi`sh ja`rdeminde sxemag`a jaylasti`rami`z. Usi` ta`rizde shi`nji`rg`a kerekli elementlerdi qosi`w tamamlap oknodag`i` sa`ykes knopkasi`n basami`z. Siz element parametrlerin an`sat wo`zgartire alasi`z, yeki ma`rte tu`ymeni basi`w ja`rdeminde dialog oknosi`na kiritiw mu`mkin: Elementlerdi aylandi`ri`w ha`m korsetiwin`iz mu`mkin: Masshtabi`n wo`zgartiriw ushi`n: masshtabi`n u`lkeytiriw (Ctrl ++) ha`m masshtabi`n kishireytiriya (Ctrl+-) komandalari`nan paydalani`ladi`. Sxemani` jaratqani`mi`zdan son` woni` yadka saqlaw mu`mkin, buni`n` ushi`n Fayl komandasi`n isletemiz.

Elementler topari`: Tiykarg`i`lar, Derekler ha`m Aktiv elementleri (si`zi`qli` modeller). Tiykarg`i` topar wo`z ishine aladi`: Rezistor. Parametrleri: qarsi`li`g`i` (R) omlarda. İntuktivlik. Parametrleri: induktivligi (L) Gn larda; baslang`i`sh sha`rt (NU) A da.

Kondensator. Parametrleri: si`yi`mli`li`q (C) F da; baslang`i`sh sha`rt (NU) V da. Unistor. Parametrleri: tiklik (S) Sm da. İdeal transformator. Parametrleri: transformaciya koefficienti (n). Jalg`ag`i`sh. Yeki ha`m wonnanda ko`p si`mlardi`

jalg'aw ushi'n. «Zemlya». Nol'li uzelin belgilew ushi'n «Zemlya» ni` sxemag'a jalg'aw kerek, analiz o'tkiziw ushi'n derekler topari` wo`z ishine aladi`: Ku'shleniw deregi. Parametrleri: derek tu`ri- turaqli`, garmonik yamasa meandr. Derek tu`rine qarap ha`r qi`yli` parametrleri bar. Turaqli` ushi'n: ku'shleniw ( $U_0$ ) V da. Garmonik ushi'n: amplituda ( $U_0$ ) V da; chastota ( $f$ ) Gc larda; baslang'i`sh faza (ϕ 0) graduslarda; radioimpul'sinin` tamamlani`w waqti` sekundlarda (tan'law boyi`nsha). Meandr ushi'n: chastota (f) Gc larda; dawamli`li`q % ta; ku'shleniw (U_0) V ta; ji`lji`w V da. Tok deregi. Parametrleri: derek tu`ri – turaqli` yamasa garmonik. Derek tu`rine qarap ha`r qi`yli` parametrleri bar.

Turaqli` ushi'n: tok (10) A da

Garmonik ushi'n: amplituda (10) A da; chastota (f) Gc larda; baslang'i`sh faza ( $\phi$  0) graduslarda; radioimpulsinin` tamamlani`w waqti` sekundlarda (tan'law boyi`nsha). Tok deregi ku'shleniya menen basqari`li`wshi` (ITUN). Parametrleri: wo'tkiziwshen`lik ( $q$ ) Sm da. Ku'shleniw deregi ku'shleniya menen basqari`li`wshi` (INUN). Parametrleri: basqari`w koefficienti ( $k$ ) V/V da. Tok deregi tok penen basqari`li`wshi` (ITUT). Parametrleri: basqari`w koefficienti ( $h$ ) A/A da. Ku'shleniw deregi tok penen basqari`li`wi` (INUT). Parametrleri: qarsi`li`q (R) Om da. Girator. Parametrleri: tiklik (S_q) Sm larda. Aktiv elementler topari` wo`z ishine: Lampa, Parametrleri: tiklik (S) Sm larda; ishki qarsi`li`q (R_i) Om larda, n-p-n tu`rdegi bipolyar tranzistori`. Parametrleri: tokti` uzati`w koefficienti (α); emitter Om qarsi`li`g'i` ( $R_e$ ); kollektori`ni`n` Om qarsi`li`g'i` ( $R_c$ ); bazani`n` Om qarsi`li`g'i` (R_b); Ideal operacion ku'sheyitirgish (OU). Parametrleri: ku'sheyiw koefficienti (k) V/V da.

Barli`q elementler ushi'n, rezistordan basqa, tokti`n` yesabat on` bag`dari`na u`lken sandag'i` uzelden kishi sandag'i` uzolge bag`dari` qabi`llanadi`. Tali`qlaw: Nol'li tu`yin yen` u`lken sang'a iye dep qabi`llanadi`. Da`stu`r to`mendegi halatlarda ka`te xaqki`nda xabardi` ko`rsetedi: «sxema fizik korrektili yemes», yeger Sizdin` sxeman`i`z korrektili yemes bolsa (mi`sali`na, 2 tok deregi, 2 induktivlik yamasa induktivlik ha`m tok derek, izbe-iz jalg`ang`an).

«Qa`te: ku'shleniw deregi kondensator menen parallel` jalg`ang`an»;

«Qa`te: 2 ku`shleniya deregi parallel` jalg`ang`an»;

«Qa`te: 2 kondensator parallel` jalg`ang`an», yeger ku`shleniwdin` 2 deregi parallel` qossaq, 2 kondensatordi` yamasa kondensator ham ku`shleniya deregin.

«...: element qi`sqarg`an», yeger element qi`sqarg`an. Woni`n` shi`nji`rdagi` toklar yamasa ku`shleniwlerge ta`siri joqli`g`i` ushi`n ali`p taslaw kerek.

«... : element jalg`anbag`an», yeger elementi aji`rati`lg`an bolsa. Bul xabardan xabardar boli`w ushi`n shi`g`i`wlardi` Jalg`ag`i`shlarg`a jalg`aymi`z, yeger bul fizik korrektili bolsa (buni` rezistorda a`melge asi`rsa boladi`, biraq induktivlikte mu`mkin yemes). «Sizin` sxeman`i`zg`a zemlya ni` jalg`an`», yeger sxemada zemlya joq bolsa. Analiz wo`tkiziw ushi`n sxemag`a zemlyani` jalg`aya kerek.

Su`wret 4.4. te ekvivalent sxemasi` keltirilgen.

**Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmani`n` konstruktiv islep shi`g`i`li`wi`.** FQQ nin` konstrukciyasi`n islep shi`g`i`w ekonomikalıq ha`m texnikalıq ko`z qarastan maksetke muwapi`q metodi`nda quri`lmani`n` talap yetigen texnik xarakteristikaları`n ali`w maqsetinde wo`tkiziledi. Na`tiyjede to`mendegi konstrukciya ta`nlandi`: quri`lma frezerlengen latunli` 70x55x30 wo`lshemli korpusi`na jaylasti`ri`ladi`, konstrukciyani`n` bekkemligin ta`miyinleytug`i`n, kesentlerden ha`m duri`slani`wlardan isenimli eranirovkani`, i`ssi`li`qti` qaytari`wshi` rolin atqaradi`. Ha`zirgi zaman rawajlani`w baski`shi`nda REA ni` pechatli` platalarda wornatadi`, bul bolsa REA ni` ji`ynaw processin mexanizaciyalaw ha`m avtomatlasti`ri`w mu`mkinshiligin beredi, woni`n` isenimliligini asi`radi`, sazlawdi` jen`illestiredi, u`lgiden u`lgige shekem montaj ta`kirarlani`wi`n ta`miyinleydi. Elektrik sxemasi` bir ta`repi`nen mi`s folgasi` jabi`sti`rli`g`an, yekinshi ta`repi`nen elektroizolyacion listten tayarlanatug`i`n platag`a jaylasti`ri`ladi`. Tok jeteklewshi wo`tkizgishlerdi aji`rati`w processin arnawli` yeritpede ximiyalıq islew beriw joli` menen a`melge asi`ri`ladi`. Pechatlaw platasi`ni`n` za`ru`r topologiyasi`, folgag`a kiritiletug`i`n ha`m ayri`qsha maydanlari`n (keleshektegi tok jeteklewshi dorojkalari`) reagent penen jaqi`nlasi`wi`nan saqlaytug`i`n lakli` qatlam su`wreti arqali` beriledi. Sxema

gibrid- plenkali` texnologiyasi` boyi`nsha a`melge asi`ri`ladi`.. Qarsi`li`qlar o`zgeredi, yari`m o`tkizgishli quri`lmalar ha`m si`yi`mli`qlari` tikke halda a`melge asi`ri`ladi`. İzolyacion tiykari` si`pati`nda steklotekstolitti tan`laymi`z, elektrik jaqtan material to`men wo`tkiziwshen`likke ha`m mexanikali`q jaqtan jeterli shi`damli`li`qqa iye. Plata qali`n`li`g`i` 2,5 mm, jeterli mexanik qatti`li`qqa tayar pechatlaw platasi`n ha`m woni`n` wo`lshemin ali`w ushi`n jeterli. Pechatlaw platasi`nadag`i` tesiksheler diametrleri radio detallari` shi`g`i`wlari`ni`n` diametrlerinen azg`ana u`lken boli`wi` kerek, sebebi radio elementlerin yerkin jaylasti`ri`wi`n ta`miyinleydi. Platadag`i` tesiksheler sonday jaylasadi`, sebebi wolardi`n` yeki ta`repi`ndegi arali`q plata qali`n`li`g`i`nan kishi bolmasli`g`i` kerek. Jaqsa bul peremi`chka jeterli mexanik shi`damli`li`qqa iye bolmaydi`. Joqari` chastotali` tranzistorlar pripaykalanatug`i`n kontakt maydanshalari` tuwri` mu`yeshli boli`wi` za`ru`r.

Pechatli` wo`tkizgishlerin arasi`n ashi`w sonday islenedi, wolar minimaluzi`nli`qqa iye boli`wi` kerek. 100 MGc tan joqari` bolgan chastotada isleytug`i`n ku`sheytirgishti islep shi`g`ari`wda kiriw ha`m shi`g`i`w radioelementlerinin` bir birinen maksimal arali`qta jaylasi`wi`n mo`lsherlew za`ru`r. Bunday tayarlanıw texnologiyasi` ku`sheytirgishti ji`ynawdi`n` miynetin kemeytiredi, xi`zmet yetiya yaaqti`n ko`beytedi.

Fotodiod xam joqari` chastotali` kontaktlari` korpus stenkasi`ndagi` ti`g`i`zlandi`rg`i`sh tesikshelerde jaylasqan. Tayar pechatlaw platasi` tunuka qaqqaq penen ti`g`i`zlap jabi`latugi`n korpusta wornati`ladi`. Birigiw worni` paykalanadi`, kesentlerden ha`m duri`slani`wlardan isenimli qorg`awdi` ta`miyinleydi. Bul korpusta ja`ne, azi`qlandi`ri`wshi` ku`shleniyadi konstrukciyag`a kiritiyadi ta`miyinlewshi yaotkiziwshi kondensator wornati`ladi`.

Bloktin` topologiyasi` 3 qosi`msha keltirilgen, peremi`chkalar alti`n si`mnan jasalg`an jin`ishke si`zi`qlar menen su`wretlenedi.

5. WO`MIR QA`WIPSIZLIGIN TA`MIYINLEW

5.1. Proektleniw ob`ektinin` xarakteristikalarin`, islep shi`g`ari`w wortali`qti` analizlew

Fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` optik talshi`qli` uzati`w sistemani`n` qabi`llaw bo`liminin` moduli boli`p yesaplanadi`. Bul quri`lmani`n` islewinin` isenimliligi ha`m qa`wipsizligi ju`da` ahmiyetli. FPU aqi`rg`i` quri`lmasi` stoykasi`na wornati`lg`an, yamasa jer asi`tna retranslyatorlar si`pati`nda.

FPU nin` normal islewi –  $30^{\circ}\text{S}$  dan  $+ 30^{\circ}\text{S}$  g`a shekem temperatura diapazoni`nda ta`miyinlenedi, 20 % ten 90 % ke shekem sali`sti`rmali` i`g`alli`li`q, 400 den 900 mm.si`n.bag`. na shekem atmosfera basi`mi`nda. Azi`qlandi`ri`wshi` ku`shleniya $+12\text{ V}$ g`a ten`. FPU din` elektr ta`miyinleniwi aqi`rg`i` stanciyada a`melge asi`ri`ladi` turaqli` ku`shleniya barqaror derekten, u`sh fazali` to`rto`tiwli neytral jerge jalg`ang`an  $380/220\text{ V}$ , 50 Gc. Konstruktiv halda quri`lma frezerlengen latunli`  $701 \times 55 \times 30$  wo`lshemli korpusi`na jaylasti`ri`ladi` ham konstrukciyani`n` bekkemligin ta`miyinleydi. Quri`lma salmag`i` 300 grammg`a jaqi`n. Adamni`n miynet jumi`s aktivligi quri`lma menen islewinde woni` tayarlawdan, sazlawdan yamasa du`zetiwden ibarat boladi`. Bul aktivlikleri tu`rlerinin` ha`mmesi algoritmlengen. Sazlaw ha`m du`zetiya si`naw stendin paydalani`w menen a`melge asi`ri`ladi`.

Quri`lma menen barli`q jumi`slar jabi`q xanada, yamasa aprnawli` tami`rlangan isshe jerde a`melge asi`ri`ladi`, tarti`lg`an ventilyaciya menen ta`miyinlengen, adamni`n` salamatli`gi`na zi`yanli` payka na`timyjesinde yamasa avtomat liniyalari`nda payda bolatug`i`n qorg`asi`n puwi`n jog`alti`w ushi`n. Jumi`s yaori`nni`n` jaqti`landi`ri`wi` jasalma yamasa birlestirilgen. Azi`qlandi`ri`yashi` ku`shleniya -12 V ha`m  $+12\text{ V}$  ten` bolganli`g`i` ushi`n adamg`a jumi`s waqti`nda zi`yanli` ta`siri joq. Texnikali`q processinin` yao`zgesheligi boli`p quri`lmani`n` elementlerinin` kishi wolshemliligi

yesaplanadi`. FPU nin` sazlani`wi` ha`m du`zetiliwi ushi`n to`mendegi a`sbap ha`m u`skeneler talap yetiledi:

-payal`nik 42 V, pincet, otvertka, uzkogubci`;

-Monoxromatik jaqti`li`q deregi 1,3 mkm tolqi`n uzi`nli`gi`na iye, jedelligi boyi`nsha 1 GGc ge shekem diapazoni`nda modulyaciyalanatug`i`n;

-Kompleks uzati`w koefficientin wo`lshegishi R4-11;

-Ampervol`tmetr V7-22;

-Oscillograf S?-13;

-Optik quwatli`li`qti` wo`lshegish;

-Barqarorlangan energiya deregi, bir tochkada nol`lestiriw shinasina` jalg`ang`an.

Salamat jumi`s sharayati`n ta`miyinlew ushi`n sazlav ha`m du`zetiwi jumi`slari` ushi`n a`tirap wortali`q parametrlarin ani`qlaw kerek, adamg`a ta`sir yetiwshi, qa`wipsiz jumi`s sharayati`n ha`m pojar qa`wipsizligin ta`miyinlew ushi`n za`ru`r shara ilajlardi` wo`tkiziwi kerek.

***Ergonomikani` ta`miyinlew boyi`nsha shara ilajlar.*** FQQ avtomat rejiminde isleydi. Soni`n` ushi`n du`zetiwi processinde jumi`sti`n` qa`wipsizligin ta`miyinlew ushi`n to`mendegi shara-ilajlar kiritiledi:

- pechatlaw platasi`nda elementlerinin` jaylasi`w belgileri kiritilgen;

-signaldi`n` xarakterli parametrleri boyi`nsha nasos tu`yinin tez ani`qlaw ushi`n aji`rati`lg`an baqlaw tochkalari`;

- konstrukciya soda tu`rinde a`melge asi`ri`lg`an, ekran qaqqapqlari` an`sat ali`nadi`, FQQ elementlerine kiriwin ashi`p;

Fotoqabi`llag`i`sh ku`sheytirgishtin` sxemali`q sheshiminin` a`piwayi`li`g`i`, platada elementlerinin` qolayli` komponovkasi` ha`m elementlerinin` sa`ykes ra`wishte markirovkasi` nasazli`qlari`n tabi`w waqkemeytiredi ha`m du`zetiliyashi wo`nimnin` duri`slani`wi`, du`zetiwi sxemasi`n woqi`wi`nda sazlav qa`niygesinin` itibari`n ju`klemesten. Texnik xi`zmetkerge sezilerli bolmag`an energiya deregi ku`shleniyai ha`m toki` elektr toki`ni`n ta`siri qa`wipsizligin kemyetiredi. Barli`q keltirilgen faktorlar qa`tesiz ha`m tez arada nasazli`qti` tabi`w ha`m

fotoqabi'llag'i'sh quri'lmasi'n 4 razryadqa iye qa'niyge ta'repinen sazlaya imkaniyati'n beredi. Du`zetiwshe texnik xi`zmetkerdin` jumi`s orni`na kiredi: stol, stul ham stellaj. Konstruktiv ta'repinen stol formasi` boyi`nsha yegilgen temir trubalardan ha`m ag`ashtan, plastiktan oblicovkalani`p jasalg`an. Stol uli`wma ventilyaciya sekciyasi`na, ha`m ja`ne yao`lshe u`skenelerine jalg`aw ushi`n zajimlerge iye elektrosi`mlar sekciyasi`na iye. Stoldi`n` operatoridan shep ta'repinde jaylasqan tarti`latu`gi`n quti`si` u`lken qolayli`qti` beredi, wonda ha`r qi`yli` elementlerdi saqlaya tez ha`m an`sat kiriya ta`miyinlenedi. Stellaj stol u`stinen 300 mm biyiklikte jaylasadi`, yaonda V5-12 energiya deregi wornati`ladi`. Signallar generatori` stoldi`n` shep ta'repinde jaylasqan, yaon` ta'repinde payal`nik ham a`sbaplar jaylasadi`. Isshi ken`lik, ba`lentlik ha`m wolsheushi u`skenelerdin` basqari`wshi` organlari`ni`n jaylasi`wi` xi`zmetkerdin` jumi`si` ushi`n koli`sozi`lg`anda jetetug`i`n arali`qta qolayli` sharayatti` jaratadi`.

Payka waqti`nda adam salamatli`g`i`na zi`yanli` bolg`an qorg`asi`n puwi`payda bolg`anli`g`i` ushi`n jumi`s worni`n tarti`lg`an ventilyaciya menen, uli`wma xana bolsa bag`darlani`p- tarti`lg`an ventilyaciya menen u`skenelengen. Adamni`n jumi`sqa jaramli`li`gi` xanada hawa temperaturani`n pa`seyiwi ha`m ko`teriliwi menen jamanglasadi`, soni`n ushi`n kondicioner paydalani`w maqsetke muwapi`q.

Temperatura normasi`n sali`sti`rmali` i`g`alli`li`q ha`m hawani`n` juriw tezligin ani`qlaymi`z. Wori`nlanatug`i`n is ha`reketi – jen`il (mexanizaciyalang`an, woti`ratug`i`n miynet). Islep shi`gari`w xanasi` sezilerli bolmag`an arti`qsha i`ssi`li`qqa iye, soni`n` ushi`n jumi`s worni`nda optimal boladi`: temperatura $18 \div 21$ °S, atmosfera basi`mi` 750 ... 770 mm.si`n.bag`. , hawada kislorodti`n` mug`dari` 19-20% ha`m 1% uglekisli`y gazi`. Sazlaw, bloti` tuwri`laya jumi`slari` a`melge asatug`i`n xanada i`si`ti`w sistemasi` ko`zde tuti`lg`an. Ji`ldi`n` suwi`q da`wirinde xanadag`i` hawa temperaturasi`n bir tegis turaqli`, jeterli i`si`ti`wdi` ta`miyinleydi. Bunda temperatura wo`zgeriwi bir sutka dawami`nda 2-3 °S dan aspaw` kerek. Jaqti`li`q normasi` ob`ekttin` ha`m fonni`n` qaytya koefficientine sa`ykes halda tanlanadi`, ja`ne jumi`sti`n ani`qli`g`i`nan kelip shi`qqan halda, mm da yen` kishi obekttin` aji`rali`wi`nan ani`qlani`wshi`. Pechatlaysa platasi` ushi`n

qayti`w koefficientin 0,3 ( $\rho_{pl}$ ) . Keskin pari`qlani`wi` (kontrastnost`) koefficientin ani`qlaymi`z K :

$$K = \frac{P_{c\hat{a}} - P_T}{P_{\hat{n}\hat{a}}}$$

ρ_{sv} – jari`qli`q fonnan qayti`w koefficienti

ρ_t – qaran`g`i` fonnan qayti`w koefficienti.

$$K = \frac{0,3 - 0,2}{0,3} = 0,33$$

Berilgen summa wortasha kontrastnostqa sa`ykes keledi. Bunnan kelip shi`qqan halda ob`ekttin` aji`rati`li`w ko`lemi 0,5 mm bolg`anda yen` to`men jaqti`landi`ri`w 30 lk ni` quraydi`. FQQ nin` sazlanı`wi` ha`m duri`slani`wi`nda normal jumi`s sharayati`n ta`miyinlew ushi`n jaqti`landi`rg`anli`q jasalma yamasa aralasqani`n paydalani`ladi`. Joqari` da`rejeli jaqti`landi`rg`anli`qti` ta`miyinlew ushi`n jergilikli jaqti`li`q paydalansa boladi`. Islep shi`g`i`lg`an FQQ gibrid texnologiyasi` boyi`nsha diskret elementler tiykari`nda IMS paydalani`p a`melge asi`ri`ladi`. Bul sezilerli da`rejede konstruksiyani`n ta`kirarlani`wi`n jaqsi`ladi` ham FQQ ni`n` sazlanı`wi`, duri`slani`wi`na ketetug`i`n waqi`tti` u`nemlew imkani`n beredi.

5.2. Texnikahq ha`m o`rt qa`wipsizligin ta`miynlew boyınsha is-ilajlar

Wo`lshew u`skenelerinin` azi`qlani`wi` 220 V ku`shleniw tarmag`i`nan bolganli`g`i` ushi`n adamni`n` kuri`lma korpusi`na jerge jalg`ani`w ha`m tok wo`tkiziwshi bo`limleri menen baylani`sqa, bir waqi`tti`n wo`zinde qoldi`n sa`l tegis imkaniyati`ni`n barli`g`i` na`zerden shetlenbeydi, du`zetiwxanasi` elektr toki` menen zi`yanlanı`wi`na joqari` qa`wipke iye kategoriyasi`na kiredi.

FQQ ni`n` azi`qlani`w blogi` a`lbette toktan elektron qorg`awg`a iye, wonnan basqada 220 V shi`nji`ri`nan tokti` sheklew ushi`n kalibrovkalang`an u`skene isletiliwi kerek. Tok wo`tkiziwshi bo`limlerine tosattan tiyip ketiwinen saqlaw ushi`n shi`nji`rlar izolyaciyalanadi`. Isshi xi`zmetkerler barli`q u`skenelerdin`

shi`nji`rlari` izolyaciyalanadi`. Isshi xi`zmetkerlerge barli`q u`skenelerdin` isenimli nol`lengenligi talap yetilgen qa`wipsizlikni ta`miyinleydi.

**Wo`rt qa`wipsizligi boyi`nsha shara-ilajlar.** Isshi wori`nda to`mendegi sebepler wo`rt kelip shi`gi`wi`na itimalli`li`q jaratadi`:

- ashi`q wo`rtke abaylamastan qaraw;
- joqari` ku`shleniya tarmag`i`nda qi`sqa tutasi`w;
- konstrukciyani`n` jeterli bolmag`an bekkemliginen qi`sqa tutasi`w;
- ushki`nlani`w.

Qi`sqa tutasi`w izolyaciya ketkende, yamasa izolyaciya buzi`li`wi`nda ha`m baska sebeplerge qaray payda boli`wi` mu`mkin, mi`sali`na: payal`niktin` qi`zi`p turg`an ushi`na si`mni`n tiyiwi ha`m woni`n` yeriwi. Quri`lmada si`mlar kesimin ju`klemenin` ashi`p ketiyain yesapqa alg`an halda tanlaw kerek (tok ushi`n 0,1 A kesim maydani` 0,005 mm² toktin` ti`g`i`zli`g`i`nda, rezerv 2,5 ge ten`). Ushqi`nlani`ya isenimli bolmag`an baylani`slarda payla boladi` (bosasi`p ketken yamasa okislengen kontaktlarda). Buni`n` aldi`n ali`w ushi`n ha`r dayi`m raz`emlardi`n ha`m kontaktlardi`n` jag`daylari`n gu`zetiwi kerek, waqti`nda tazalap ha`m almasti`ri`ya za`ru`r. Wo`rttin` aldi`n ali`w ushi`n jumi`s worni`n` taza ha`m ta`rtipte saqlaw kerek, qag`azlardi`n` toplani`p qali`wi`ni`n aldi`n ali`w kerek, LVJ lardi` ayri`qsha aji`rati`lg`an jerlerde saqlaya kerek. Ashi`q jali`ndi` jumi`s worni`nda isletiw texnik qa`wipsizliginin` buzi`li`wi` boli`p yesaplanadi`, soni`n` ushi`n korip shi`g`i`lmaydi`. Bo`lmede bir yamasa yeki wo`rt wo`shiriwshi uglekislotali` tu`rindegi OU-2, OU-5, OU -8 uglekislotali` wo`rt wo`shiriwshi boli`wi` kerek, yeger xanada adam bolmag`an jag`dayda signal beriw ushi`n wo`rt signalizaciylari` TLO-30 za`ru`r dep yesaplanadi`.

1. Islep shi`g`ari`lg`an quri`lma ergonomik talaplarg`a juwap beredi.
2. Isletilip ati`rg`an elektrqa`wipsizlik sharalari` elektr toki menen zi`yanlani`wi`na jol qoymaydi`.
3. Islep shi`g`ari`lg`an quri`lmada wo`rtke qarsi` profilaktika sharalari` wo`rt payda boli`wi`na jol qoymaydi`.

JUWMAQLAW

Ha`zirgi zaman telekommunikaciya tarmaqlari`nda mag`li`wmatlardi` uzati`wdi` ta`miynlew ushi`n joqari` tezlikli ken` polosali` baylani`s kanallari` talap yetilmekte. Tarmaq arqali` uzati`li`wshi` mag`li`wmatlardi`n` ko`leminin` ku`nnen-ku`nge ko`beyiwinde signallardi` uzati`w wortali`g`i` si`pati`nda optik-talshi`qti` paydalani`w arqali` g`ana si`patli` uati`li`wi`n ta`miynlewge qoyi`lg`an talaplardi` wori`nlaw mu`mkinshiliklerine iye bolami`z.

Optik-talshi`qli` baylani`s liniyalari`n quri`wda tiykarg`i` elementler boli`p: modulyator ku`sheytirgish, lazer yamasa svetodiodli` nurlanti`rg`i`sh, optik-talshi`qli` kabel`, fotoqabi`llag`i`sh quri`lma. Xabarlardi` uzati`w ushi`n paydalani`li`wshi` OTXUS elektr signallari`ni`n` xarakteristikalarin` pa`seytirmewi tiyis, yag`ni`y berilgen dinamik ha`m chastota diapazonlari`n ta`miynlew tiyis. Bul talaplardi` barli`q OTXUS ta`miynlew ushi`n bul uzati`w sistemasi`ni`n` ha`r bir elementinin` sol talaplardi` wori`nlawi`n ta`miynlew tiyis: lazer nurlanti`rg`i`sh, UM, OTK, FQQ.

Bul diplom jumi`si`ndi` za`ru`r talaplari`n ta`miynlewshi: dinamik diapazoni` ≥ 60 dB, o`zinde payda boli`wshi` shawqi`m to`men ko`rsetkishli bolg`an fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi` islep shi`g`ari`ldi`. Ali`ng`an na`tiyjelerdi analizley woti`ri`p bul islep shi`g`ari`lg`an fotoqabi`llag`i`sh quri`lmasi`n a`meliyatta paydalani`w maqsetke muwapi`q dep yesaplaymi`z.

PAYDALANILGAN A`DEBIYATLAR

1. Р.Р. Убайдуллаев «Волоконно–оптические сети» - М., «Эко-тренда», 2000 г.
2. Э.А. Швецов, М.Е.Белкин «Фотоприемные устройства волоконно-оптических систем передачи» - М., «Радио и связь» 1992 г.
3. Чео “Волоконная оптика” - М., Энергоиздат, 1988 г.
4. Д.Гауэр “Оптические системы связи” – М., “Радио и связь”, 1989 г.
5. У.Генича “Техника оптической связи фотоприемника” – М., “Мир”, 1988 г.
6. С.Гонда “Оптоэлектроника в вопросах и ответах” – Энергоиздат, 1989 г.
7. Н.А. Гроднев, С.М.Верник “Линии связи” – М., “Радио и связи”, 1988 г.
8. Г.В. Войшвилло “Усилительные устройства” – М., “Радио и связь”, 1989 г.
9. Diplom loyixalarida mexnatni muxofaza qilish masalalarin ishlab chiqish bo`yicha uslubiy qullanba. LEIS, 1982 y.
10. Н. И. Бакланов и др. “Охрана труда на предприятиях связи” – М., Радио и связь”, 1985 г.
11. Т.Окоси и др. “Волоконно-оптические датчики” – Л., Энергоиздат, 1991 г.
12. Фриман Р. Волоконно–оптические системы связи: Перевод с английского под ред. Н.Н. Слепова. – М.: Техносфера, 2003.
13. Власов И.И., Птичников М.М. Измерения в цифровых сетях связи. М.: Постмаркет, 2004.
14. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи: – М.: Радио и связь, 2000.
15. Васильев В.Н. Волоконно–оптические световоды: учебное пособие, ТУИТ, Ташкент, 2002.
16. Вишневецкий А.Г. Телекоммуникационные системы передачи (часть вторая); конспект лекций, ТУИТ, Ташкент, 2004.