

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI MADANIYAT VA SPORT ISHLARI
VAZIRLIGI

O‘ZBEKISTON DAVLAT KONSERVATORIYASI

A.AHMADJONOV, M.Z.NOSIROV, A.R.RO‘ZIQULOV

Fizika va elektronika asoslari

2-nashri

Texnogen san’at (musiqiy ovoz rejissyorligi)
bakalavriat ta’lim yo’nalishi talabalari uchun

o‘quv qo‘llanma

Toshkent
2008

Ushbu o'quv qo'llanma O'zbekiston davlat konservatoriyasining ilmiy-uslubiy kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.

Mazkur o'quv qo'llanmada O'zbekiston davlat konservatoriyasining "Texnogen san'at (Musiqiy ovoz rejissyorligi)" ta'lim yo'nalishi bo'yicha bakalavriat talabalarida fizika va elektronikaga oid tushunchalarni shakllantirishga qaratilgan bo'lib, unda elektr qismi, mikroelektronika, akustik to'lqinlar, radiolampalar, integral mikrosxemalar, kuchaytirgichlar, tok to'g'rilagichlari, atom fizikasi hamda ta'lim yo'nalishi ixtisoslashuvidan kelib chiqib elektron musiqa va elektron musiqiy cholg'ularning fizik-elektronik asoslari o'rgatiladi.

Mas'ul muharrir: **Z.M.Solihov**, texnika fanlari doktori, professor.

Taqrizchilar: **B.Otaqulov**, fizika-matematika fanlari doktori, professor,
O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan fan arbobi, Beruniy
nomidagi Davlat mukofoti sovrindori.

S. Begmatov, san'atshunoslik fanlari nomzodi, professor.

© O'zbekiston davlat konservatoriyasi
Tahrir-nashriyot bo'limi,

© A.Ahmaljonov, M.Z.Nosirov, A.R.Ro'ziqulov, 2008.

MUNDARIJA

	bet.
Soʻz boshi	4
1. XALQARO BIRLIKLAR TIZIMI (SI)	5
1.1. Ayrim mexanik va issiqlik kattaliklarining oʻlchov birliklari	5
1.2. Ayrim elektromagnit kattaliklarning oʻlchov birliklari	5
1.3. Dielektrikning mutlaq oʻtkazuvchanlik birligi	6
1.4. Magnit maydoni oqimining birligi	7
1.5. Magnit induksiya birligi	7
1.6. Induktivlik va oʻzaro induktivlik birliklari	8
1.7. Magnit singdiruvchanlik birliklari	8
1.8. Ish va energiya birliklari	8
1.9. Qarshilik birliklari	9
1.10. Sigʻim birliklari, ularni integrallovchi va differensiallovchi elektr zanjirlarda ishlatilishi	11
1.11. SI tizimiga kirmaydigan birliklar	16
1.12. Misollar yechish	16
2. QARSHILIKLAR	19
2.1. Qarshiliklarni ulash va ularni hisoblash	19
2.2. Oʻtkazgich qarshiliklarini haroratga bogʻliqligi	20
3. ODDIY DOIMIY TOK ZANJIRLARI	22
3.1. Zanjirni bir qismi uchun Om qonuni	22
3.2. Zanjirning toʻla qismi uchun Om qonuni	24
3.3. Elektr tokini hisoblash	26
3.4. Tok zichligi	27
3.5. Elektr tokining ishi	28
3.4. Joul-Lens qonuni	30
4. KONDENSATORLAR	32
4.1. Kondensatorlarni parallel ulash	33
4.2. Kondensatorlarni ketma-ket ulash	35
4.3. Kondensatorlarni aralash ulash	39
5. INDUKTIVLIK GʻALTAGI VA UNI HISOBLASH	41
6. ELEKTROMAGNIT MAYDON ENERGIYASI	48
6.1. Dielektrik materiallarni elektr mustahkamligi	49
6.2. Qattiq jismlarni elektr teshilish jarayoni	50
7. ELEKTRON LAMPALAR	52
7.1. Diod lampasi hamda uch elektrodli elektron lampalari	55
7.2. Koʻp elektrodli lampalar	56
8. DIOD VA STABILITRONLAR	60
8.1. Yarim oʻtkazgichli diodlar	60
8.2. Yarim oʻtkazgichli diodlar asosida har xil tok toʻgʻrilagichlarni qurish va oʻzgaruvchan toklarni oʻzgarmas toklarga aylantirish ...	62
8.3. Stabilatron va uning ishlashi	63

9. TRANZISTORLAR	64
9.1. Tranzistorlar va ularning ulanishi	64
9.2. Tranzistorlarning umumiy emitter bilan ulash	65
9.3. Tranzistorni umumiy kollektor bilan ulash	66
9.4. Maydon tranzistori	67
10. KUCHAYTIRGICHNING UMUMIY XARAKTERISTIKALARI	70
10.1. Bipolyar tranzistorli past chastotali kuchaytirgich kaskadi	74
11. INTEGRAL MIKROXEMALAR	78
12. TOVUSH BOSIMI VA KUCHINING O'LCHOV BIRLIKLARI HAMDA UNING DINAMIK DIAPAZONI	80
12.1. Tovush bosimi va ovoz kuchini o'lchash	80
12.2. Eshitiladigan tovushning dinamik diapazoni	80
12.3. Tovush.....	82
12.4. Elektromagnit tebranishlar.....	84
12.5. Mikrofon va radiokarnaylar	88
12.6. Diamagnitiklar, paramagnitiklar va ferromagnitiklar.....	95
12.7. Axborotni magnit usulida yozish.....	96
13. Elektr filtrlari haqida tushuncha	98
14. Avtogeneratlarning har xil ko'rinishlari va ularni hisoblash	101
15. ATOM YADROSI FIZIKASI	108
15.1. Atom yadrosining energiyasi	109
15.2. Yadro reaksiyasi	110
15.3. Uran atom yadrosi reaksiyasini atom bombasida ishlatilishi	111
15.4. Uran 235 ning yadro reaksiyasi	111
16. ELEKTRON MUSIQA VA ELEKTRON MUSIQIY CHOLG'ULAR	115
16.1. Elektron musiqiy cholg'ular	115
16.2. Filtrlar	124
16.3. Tovush chastotasi generatorlari	124
16.4. Sintezator va semplerlar	127
16.5. Hozirgi zamon elektron musiqa yaratish dasturlari va ulardan foydalanish	129
Qo'llanilgan atamalarning qisqacha lug'ati	138
Adabiyotlar	139

SO‘Z BOSHI

Hozirgi kunda texnika taraqqiyoti jadal sur‘atlar bilan ilgarilab bormoqda. Jumladan, texnik vositalar deyarli barcha san‘at turlari tarkibida ham yetakchi vazifalardan birini o‘tab kelayotgani va o‘ziga xos yo‘nalishda rivojlanayotgani barchaga ayon. Aynan shu jabhalarda o‘zbek tilida yozilgan tegishli adabiyotlarning deyarli yo‘q darajada ekanligini ham ta’kidlash lozim. Umuman, bu jarayonni fizika va elektronika fanining asosiy qonunlarini bilmagan holda aniq tasavvur qilish qiyin, albatta. Talaba va o‘quvchilarga mazkur fanni o‘rganishlari va o‘zlashtirishlari uchun imkon yaratish bugungi kunning dolzarb masalalaridan biridir.

O‘quv qo‘llanma asosan O‘zbekiston davlat konservatoriyasining musiqiy ovoz rejissyorligi ixtisosligida tahsil ko‘rayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan. Shu bilan birga, mazkur qo‘llanma boshqa oliy o‘quv yurtlarida musiqiy ovoz rejissyorligi ixtisosligiga yondosh mutaxassislik bo‘yicha ta’lim olayotgan talabalar hamda akademik litsey va kasb-hunar kollejlari o‘quvchilari uchun ham foydali bo‘lishi ko‘zda tutilgan. Qo‘llanmada zamonaviy elektron musiqiy cholg‘ular, ovoz yozish hamda eshittirish qurilmalarining asosiy turlari va ishlash prinsiplarini yoritishga ham e’tibor qaratilgan.

O‘quvchilarga amaliy ish jarayonida foydali bo‘ladi degan maqsadda ayrim mavzularga doir misol va masalalar keltirilgan hamda ularni yechish yo‘llari ko‘rsatilgan. Qo‘llanmaga fizika va elektronikaga doir lug‘atlardan olingan ayrim ma’lumotlar ham kiritilgan.

Mualliflar, qo‘llanmaning yaxshilanishiga o‘z taklif va maslahatlari bilan hissalarini qo‘shgan Farg‘ona davlat universitetining «Fizika-texnika» fakulteti «Umumiy fizika va FUM» kafedrasining professori, f.m.-f.d., O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan fan arbobi, Beruniy nomidagi davlat mukofotining sovrindori Bannop Otaqulovga hamda O‘zbekiston davlat konservatoriyasining prorektori, professor Soibjon Begmatovga minnatdorchilik bildirib qoladilar.

Qo‘llanmaning ikkinchi, qo‘shimchalar kiritilgan va to‘ldirilgan, nashri haqidagi fikr va mulohazalarni mualliflar samimiyat bilan qabul qiladilar.

1. XALQARO BIRLIKLAR TIZIMI (SI)

Asosiy birliklar sistemasi SI quyidagilardan iborat:

- uzunlik birligi – metr (m);
- massa birligi – kilogramm (kg);
- vaqt birligi – sekund (s);
- elektr tok kuchi birligi – amper (a);
- temperatura birligi – gradus, kelvin (°, K);
- yorug‘lik kuchi birligi – svecha (sv).

1.1. Ayrim mexanik va issiqlik kattaliklarining o‘lchov birliklari

Dastavval, ularning o‘lchov kattaliklarini topishda foydalaniladigan formulalarni keltiramiz.

Tezlik v bilan ifodalanadi, uning asosiy birligi – metr/sekund (m/s). Metr/sekund – bu shunday tekis harakat tezligiki, unda jism $t=1$ sekund vaqt ichida S masofani bosib o‘tadi va u 1 metrga teng deyiladi:

$$v = \frac{S}{t},$$

$$v = \frac{1\,m}{1\,s} = 1\,\frac{m}{s}.$$

Tezlanish a bilan belgilanib, uning asosiy birligi metr/sek^2 (m/s^2) bilan ifodalanadi. Bir metr/sekund kvadrat shunday tekis tezlanishki, bunda tezlik 1 sekundda $1\,m/s$ ga o‘zgaradi.

Kuch birligi F bilan belgilanib, nyuton (n) da o‘lchanadi. Bir nyuton shunday kuch birligiki, jismning og‘irligi $1\,kg$ bo‘lganida uning tezlanishi $a=1\,m/s^2$ ga teng bo‘ladi:

$$1\,n = 1\,kg \cdot 1\,\frac{m}{s^2} = 1\,\frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$F = m \cdot a;$$

1.2. Ayrim elektromagnit kattaliklarning o‘lchov birliklari

Elektr zaryad miqdori q bilan belgilanib u kulon (k) da o‘lchanadi. Bir kulon zaryad miqdori birligi deb, o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan 1 sekund ichida 1 a tok oqib o‘tishiga aytiladi:

$$1\,k = 1\,a \cdot 1\,cek = 1\,a \cdot cek.$$

Elektr potentsiallar ayirmasi birliklari (elektr kuchlanish (U), elektr yurituvchi kuch (E) – volt (v)).

Volt – ikkita nuqta elektr maydonlarining potentsiallar ayirmasi bo‘lib, ular o‘rtasidagi hosil bo‘lgan zaryad (Q) 1 k ga teng bo‘lganida, 1 *joul* ish bajariladi:

$$A = Q \cdot U;$$

$$U = \frac{A}{Q};$$

$$1 \text{ v} = \frac{1 \text{ j}}{1 \text{ k}} = 1 \frac{\text{j}}{\text{k}}.$$

Elektr quvvati P bilan belgilanib, uning o‘lchov birligi – vatt (w) da ifodalanadi:

$$P = U \cdot I;$$

$$1 \text{ w} = 1 \text{ v} \cdot 1 \text{ a} = 1 \text{ v} \cdot \text{a}.$$

Bu birlik mexanik quvvatning birligiga mos tushadi.

Sig‘im C bilan belgilanib (F) faradada o‘lchanadi. O‘tkazgichga 1 k zaryad berilganida undagi kuchlanish 1 v ga oshsa, o‘tkazgich 1 *farada* sig‘imga ega deyiladi:

$$1 F = \frac{1 k}{1 v} = 1 \frac{k}{v},$$

$$C = \frac{Q}{U}.$$

1.3. Dielektrikning mutlaq o‘tkazuvchanlik birligi

Kondensatorning har bir plastinkasining yuzasi $S = 1 \text{ m}^2$ va plastinkalar orasidagi masofa $d=1 \text{ m}$ bo‘lganida sig‘im 1 faradaga teng bo‘ladi.

Tekis plastinkali kondensator sig‘imi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{d}$$

bunda o‘tkazuvchanlik:

$$\varepsilon = \frac{C \cdot d}{S},$$

$$1 \frac{F}{\text{m}} = \frac{1 F \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ m}^2}.$$

1.4. Magnit maydoni oqimining birligi

Magnit maydoni oqimi F bilan, oqim birlashuvi esa φ bilan belgilanadi. Uning o'lchov birligi *volt-sekund* yoki *veber* bilan ifodalanadi.

Veber – bu shunday magnit oqimiki 1 *sek* vaqt ichida g'altakdagi EYuKni 1 *v* bo'lishiga aytiladi.

$$\text{Faradey-Maksvell qonuniga muvofiq } E_i = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t},$$

bu yerda, E_i – berk konturdagi elektr yurituvchi kuch;

$\Delta\varphi$ – g'altakda magnit maydoni oqimining Δt vaqt ichida tutilib qolishi.

$$\Delta\varphi = -E_i \cdot \Delta t;$$

$$1 \text{ vb} = 1 \text{ v} \cdot 1 \text{ sek} = 1 \text{ v} \cdot \text{sek}.$$

Har bir alohida o'ram uchun magnit maydoni oqimi Φ va uning tutilishi φ bir biriga mos tushadi.

O'ramlar soni w bo'lgan solenoid kesim yuzidan Φ magnit maydoni oqimi o'tganida, uning tutilishi quyidagicha topiladi:

$$\varphi = w \cdot \Phi.$$

1.5. Magnit induksiya birligi

Magnit induksiya birligi B bilan belgilanib, *tesla* da o'lchanadi. Tesla shunday magnit maydonki, magnit oqimi Φ va uning yuzasi S bir metr kvadrat perpendikulyar yo'nalgan maydon oqimi 1 *veberga* teng bo'lishiga aytiladi.

$$B = \frac{\Phi}{S},$$

$$1 \text{ ml} = \frac{1 \text{ vb}}{1 \text{ m}^2} = 1 \frac{\text{vb}}{\text{m}^2}.$$

Magnit maydonining kuchlanganlik birligi –*amper/metr*.

Ta'sir etadigan tok kuchi $4 \pi a$ ga teng va tokli o'tkazgichgacha bo'lgan masofa $r=2 \text{ m}$ bo'lganida 1 *a/m* ga teng magnit maydon kuchlanganligi hosil bo'ladi:

$$H = \frac{I}{2\pi \cdot r},$$

$$I \frac{a}{m} = \frac{4\pi \cdot a}{2\pi \cdot 2m}.$$

1.6. Induktivlik va o‘zaro induktivlik birliklari

Induktivlik L va o‘zaro induktivlik M bilan belgilanadi va ular *genri* (Gn) da o‘lchanadi. 1 genri shunday bog‘langan g‘altak induktivligiki, bunda magnit oqimi 1 vb ga teng bo‘lib, g‘altakdan 1 a tok kuchi oqib o‘tadi.

$$E_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(L \cdot I)}{\Delta t} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t};$$

$$L = -\frac{E_i \cdot \Delta t}{\Delta I};$$

$$1 \text{ gn} = \frac{1 \text{ v} \cdot 1 \text{ sek}}{1 \text{ a}} = 1 \frac{\text{v} \cdot \text{sek}}{\text{a}}.$$

1.7. Magnit singdiruvchanlik birliklari

Magnit singdiruvchanligi (pronisayemost) μ bilan belgilanadi. Uning asosiy birligi – *genri/metr* (*genri/m*). Magnit maydon kuchlanganligi 1 a/m , magnit induksiya 1 ml ga teng bo‘lganida magnit singdiruvchanligi 1 *genri/metr* bo‘ladi.

$$\mu = \frac{B}{H};$$

$$1 \frac{Gn}{m} = \frac{1 \frac{vb}{m^2}}{1 \frac{a}{m}} = 1 \frac{vb}{a \cdot m}.$$

1.8. Ish va energiya birliklari

Jism $F=1 \text{ n}$ bo‘lgan kuch ta’sirida 1 m masofaga siljisa, uning bajargan ishi 1 *joul* bo‘ladi:

$$1 \text{ j} = 1 \text{ n} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ n} \cdot \text{m}.$$

Umumiy holda

$$A = F \cdot S.$$

$t=1$ sek ichida 1 j ish bajarilishiga teng quvvat birligiga 1 Vatt deb aytiladi.

$$1 \text{ w} = \frac{1 \text{ j}}{1 \text{ sek}} = 1 \frac{\text{j}}{\text{sek}}.$$

Umumiy holda

$$N = \frac{A}{t}.$$

Issiqlik miqdori q bilan belgilanadi. Uning birligi esa – *joul* (j).

Bu birlik qiymati quyidagi tenglik yordamida topiladi:

$$q = k \cdot A.$$

k – birga teng deb qabul qilingan koeffitsiyent, $1 \text{ j} = 1 \cdot 1 \text{ j} = 1 \text{ j}$.

Bu esa issiqlik va mexanik energiyalarning ekvivalent ekanligini ifodalaydi.

1.9. Qarshilik birliklari

Elektr qarshiligining asosiy birligi qilib Om qabul qilingan. O‘tkazgichdan va shu o‘tkazgichga berilayotgan kuchlanish qiymati 1 *volt* bo‘lganida, undan 1 *amper* tok oqib o‘tsa o‘tkazgichning qarshiligi 1 Om ga teng bo‘ladi:

$$1 \text{ Om} = \frac{1 \text{ v}}{1 \text{ a}} = 1 \frac{\text{v}}{\text{a}},$$

$$R = \frac{U}{I}.$$

Amaliyotda qarshilik birligining nisbatan kichikroq va kattaroq qiymatlari ham ishlatiladi:

$$0,001 \text{ Om} = 10^{-3} \text{ Om} = 1 \text{ milliom};$$

$$1000 \text{ Om} = 10^3 \text{ Om} = 1 \text{ kiloom (kOm)};$$

$$1000000 \text{ Om} = 10^6 \text{ Om} = 1 \text{ megaom (mOm)}.$$

Etalon sifatida uzunligi 1 m bo‘lgan va ko‘ndalang kesim yuzi 1 mm^2 ga teng bo‘lgan o‘tkazgichning qarshiligi ishlatiladi. Bu qarshilik solishtirma qarshilik deb

yuritiladi va grekcha «ro» – ρ ($\frac{Om \cdot mm^2}{m}$) bilan belgilanadi.

Solishtirma qarshilikka teskari bo‘lgan qiymat solishtirma o‘tkazuvchanlik deb yuritilib, «kappa» – χ ($\frac{m}{Om \cdot mm^2}$) bilan belgilanadi.

Qarshilik R bilan, o‘tkazuvchanlik esa G bilan belgilanadi. O‘tkazuvchanlik simensda(sim) o‘lchanadi va agar qarshilik Om da berilgan bo‘lsa quyidagi formula yordamida topiladi:

$$G = \frac{1}{R} [\text{sim}].$$

1-jadvalda ayrim materiallarning solishtirma qarshiligi va solishtirma o'tkazuvchanligi berilgan.

1-jadval

№	Material	$\rho \left(\frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{m} \right)$	$\chi \left(\frac{m}{\text{Om} \cdot \text{mm}^2} \right)$
1	Alyuminiy	0,0287	34,8
2	Mis	0,0178	57,0
3	Kumush	0,0165	62,5

O'tkazgichning qarshiligi R – uning materiali solishtirma qarshiligiga, shu o'tkazgichning uzunligiga va ko'ndalang kesim yuzi S ga bog'liq:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{l}{\chi \cdot S} [\text{Om}],$$

bu yerda, ρ – solishtirma qarshilik, $\frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{m}$;

χ – solishtirma o'tkazuvchanlik, $\frac{m}{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}$;

l – o'tkazgichning uzunligi, m ;

S – o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzi, mm^2 ;

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda

$$\rho = \frac{l}{\chi} = \frac{R \cdot S}{l} \left[\frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{m} \right];$$

$$S = \frac{\rho \cdot l}{R} [\text{mm}^2];$$

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} [m].$$

1.10. Sig'im birliklari, ularni integrallovchi va differensiallovchi elektr zanjirlarda ishlatilishi

Kondensatorga 1 kulon elektr zaryadi berilganida uning plastinalari orasidagi potentsiallar ayirmasi 1 v ga ohsa kondensator 1 farada (F) sig'imga ega deyiladi:

$$C = \frac{q}{U},$$

bu yerda, C – sig'im, F ;

q – elektr zaryadi, k ;

U – kuchlanish, v .

Amalda sig'imning kichikroq birliklari ishlatiladi:

$10^{-6} F = 1$ mikrofarada = 1 mkF ;

$10^{-9} F = 1$ nanofonda = 1 nF ;

$10^{-12} F = 1$ pikofarada = 1 pF ;

$1 \text{ mkF} = 10^6 \text{ pF}$, $1 \text{ nF} = 10^3 \text{ pF}$.

Plastinalar orasidagi maydon kuchlanganligi E quyidagi formula bilan topiladi.

$$E = \frac{U}{d} \left[\frac{v}{m} \right],$$

bu yerda, U – plastinalar orasidagi kuchlanish, v ;

d – plastinalar orasidagi masofa, m .

Kondensatorning bir plastinasida musbat, ikkinchisida esa manfiy zaryadlar yig'ilgani uchun, ular bir-birlariga F kuch bilan tortiladi va u nyutonda (n) hisoblanadi:

$$F = \frac{C \cdot U^2}{2d} = q \cdot E (n);$$

bundan,

$$U = \sqrt{\frac{2d \cdot F}{C}} (v).$$

Kondensatorda yig'ilgan energiya joulida (j) hisoblanadi va u quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\omega_e = \frac{C \cdot U^2}{2} (j);$$

bundan

$$U = \sqrt{\frac{2\omega_e}{C}} (v);$$

bu yerda, C – sig'im, F ;

U – kuchlanish, v .

Kondensatorning zaryadlanishi va razryadlanishi vaqtida, undan oqib o'tayotgan tokning qiymati o'zgaradi.

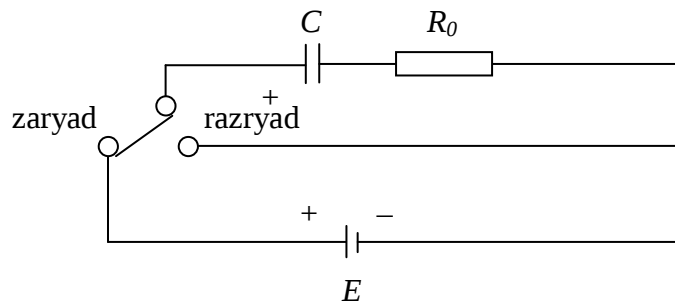
Bu tok quyidagi formula yordamida topiladi:

$$i_c = C \frac{dU_c}{dt} \approx C \frac{\Delta U_c}{\Delta t}.$$

bu yerda, ΔU_c – kondensator plastinkalari orasidagi kuchlanishning Δt vaqt ichida o'zgarish miqdori.

Bu formula amaliyotda juda katta ahamiyatga ega. Chunki kondensator zaryadlanayotgan vaqtda uning kuchlanishi o'zining eng katta qiymatiga birdaniga erishmaydi. Xuddi shuningdek, u razryadlanayotgan paytda ham kuchlanish birdaniga emas, balki asta-sekin o'zining eng kichik qiymatiga erishadi.

Kondensatorlarda ham energiyani yo'qolishi mavjud bo'lib, u kondensatorga ketma-ket yoki parallel ulangan qarshilik hisobiga yuzaga keladi. Agar qarshilik R_0 kondensatorga ketma-ket ulangan bo'lsa, kondensator manba E dan zaryadlanayotganida uning ichki qarshiligi nolga teng bo'ladi va zaryad toki i_{zar} hamda kondensator plastinalari orasidagi kuchlanish U_c o'zgaradi (1-rasm).



1-rasm.

$$i_{zar.} = \frac{E}{R_0} \cdot e^{-\frac{1}{C \cdot R_0} t} [a],$$

$$U_c = E \cdot (1 - e^{-\frac{1}{C \cdot R_0} t}) [v],$$

bu yerda, E – elektr yurituvchi kuch, v;

t – zaryadlanish boshlanish vaqti, sek;

R_0 – vaqt o'lchamiga ega kattalik, $\frac{a \cdot sek}{v} \cdot \frac{v}{a} = sek$.

R_0 kattalikni doimiy vaqt (τ) deb ham yuritiladi.

Doimiy vaqt τ kondensatorning zaryadlanish yoki razryadlanish tezligini ifodalaydi:

$$\tau = C \cdot R_0 (sek),$$

bu yerda, C – sig'im, mkF;

R_0 – qarshilik, $m\Omega$;

Kondensator razryadlanayotganida zaryad toki i_{zar} hamda kondensator plastinalari orasidagi kuchlanish U_s quyidagicha hisoblanadi:

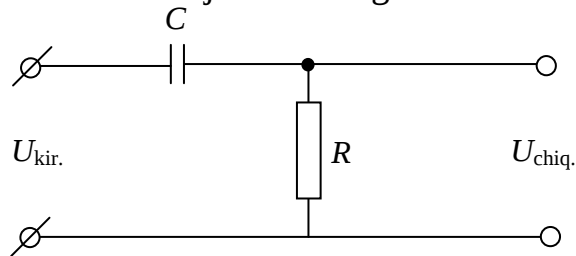
$$i_{raz} = \frac{E}{R_0} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} [a];$$

$$U_s = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} [v].$$

Vaqtning $t_n = 0,7 \cdot \tau$ oralig'ida kuchlanish (yoki tok) kattaligi o'zining maksimal qiymatining yarmiga erishadi.

Ko'p sxemalarda doimiy vaqt qiymati ishlatiladi.

2-rasmda diffirensiallovchi zanjir ko'rsatilgan.

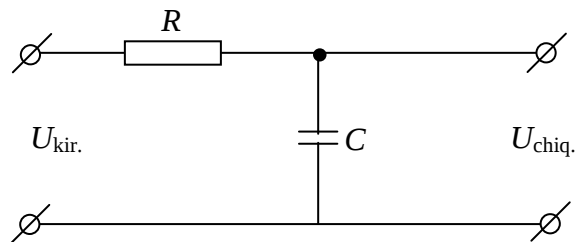


2-rasm.

$$\tau = R \cdot C \leq \frac{0,159}{f} (sek)$$

f – chastota, Hz .

3-rasmda integrallovchi zanjir ko'rsatilgan.



3-rasm.

$$\tau = R \cdot C \geq \frac{0,159}{f} (sek)$$

Kondensatorlarni hisoblashda mutloq dielektrik o'tkazuvchanligini ϵ hisobga olish kerak, bu esa ikkita mos kattaliklarning ko'paytmasidir:

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \left(\frac{F}{m} \right),$$

bu erda, ε_r – dielektrik singdiruvchanlik;

$\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $8,86 \text{ pF/m}$ – vakuumning mutloq dielektrik singdiruvchanligi.

Havoning dielektrik singdiruvchanligi: $\varepsilon_1 = 1$.

Ayrim materiallarning dielektrik singdiruvchanligi 2-jadvalda ko'rsatilgan.
2-jadval

№	Material	ε_r
1	Shisha	5-10
2	Slyuda	5-10
3	Yog'och	3
4	Keramika	2000-3000
5	Yog'	2
6	Qog'oz	2,3
7	Marmar	5
8	Suv	80

Ikkita plastinkadan iborat bo'lgan kondensator sig'imi

$$C = \frac{\varepsilon \cdot F}{d} = 0,0886 \cdot \frac{\varepsilon_r \cdot F}{d} \text{ (pF)}$$

bu yerda, F – plastinka yuzi, sm^2 ;

d – plastinkalar orasidagi masofa (dielektrik material qalinligi) sm^2 .

Plastinalari soni n ga teng bo'lgan kondensator sig'imi

$$C = (n-1) \cdot \frac{\varepsilon \cdot F}{d} = 0,0886 \cdot (n-1) \cdot \frac{\varepsilon_r \cdot F}{d} \text{ (nF)}.$$

Dielektrigi ko'p qatlamli bo'lgan kondensator sig'imi:

$$C = \frac{0,0886F}{\frac{d_1}{\varepsilon_{r1}} + \frac{d_2}{\varepsilon_{r2}} + \dots + \frac{d_n}{\varepsilon_{rn}}} \text{ (nF)}.$$

Koaksial kabel sig'imi

$$C = \frac{0,24 \cdot \varepsilon_r \cdot l}{\lg \frac{D}{\varnothing}} \quad (nF),$$

bu yerda, l – kabel uzunligi, sm ;

$\varnothing$ – kabel ichidagi simning tashqi diametri, sm ;

D – kabel ichidagi simning ichki diametri, sm .

Parallel tortilgan ikki simning sig‘imi:

$$C \approx \frac{0,12 \varepsilon_r \cdot l}{Lg \frac{2d}{D}} \quad (nF),$$

bu yerda, l – simning uzunligi, sm ;

d – simlar orasidagi masofa, sm ;

D – simning diametri, sm .

Agar $l > h > D$ bo‘lsa, to‘g‘ri tortilgan simning yerga nisbatan sig‘imi quyidagicha hisoblanadi:

$$C = \frac{0,24 \varepsilon_r \cdot l}{\lg \frac{4h}{D}} \quad (pF),$$

bu yerda, l – simning uzunligi, sm ;

h – simdan yergacha bo‘lgan oraliq, sm .

1.11. SI tizimiga kirmaydigan birliklar

Ayrim paytlarda miqdor jihatidan kichik yoki katta o‘lchov birliklari ham ishlatilishi mumkin.

Masalan: Tera (T) – 10^{12} ;
 Giga (G) – 10^9 ;
 Mega (M) – 10^6 ;
 Kilo (K) – 10^3 ;
 Santi (S) – 10^{-2} ;
 Gekto (g) – 10^2 ;
 Deka (da) – 10^1 ;
 Desi (d) – 10^{-1} ;
 Milli (M) – 10^{-3} ;
 Mikro (M) – 10^{-6} ;
 Nano (N) – 10^{-9} ;

Piko (P) – 10^{-12} .

Ayrim paytlarda ba'zi fizik kattaliklarni o'lchashda ham bu o'lchov sistemalariga kirmaydigan kattaliklar bilan ifodalash mumkin.

Masalan: Quvvat – 1 ot kuchi (o.k.) = $75 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sek}} \approx 736 \text{ vt}$.

Ish va quvvat 1 vatt·soat (w·soat) = $3,6 \cdot 10^3 \text{ j}$.

Elementar zarrachalar energiyasi 1 elektron·volt (e·v) = $1,60 \cdot 10^{19} \text{ j}$; issiqlik – 1 kaloriya (kal) $\approx 4,19 \text{ j}$. Kaloriya shunday issiqlik birligiki, u 1 g suvni normal bosimda $19,5^\circ\text{C}$ dan $20,5^\circ\text{C}$ ko'tarish quvvatiga aytiladi.

1.12. Misollar yechish

1-misol. Tajribalardan ma'lumki, 1 kg kuch deb massasi 1 kg bo'lgan dengiz sathi balandligidagi jismning yerga tortilishiga aytiladi. Og'irligi 1 kg ga teng bo'lgan jism $F_1 = 1 \text{ n}$ kuch tasirida, $a_1 = 1 \text{ m/sek}^2$ tezlanishni oladi. Shu jism o'zining og'irligi F_2 bilan 1 kg ga teng bo'lib, erkin tushish davomida a_2 tezlanish $9,81 \frac{\text{m}}{\text{sek}^2}$ teng.

$$F_1 = m \cdot a_1,$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{a_2}{a_1},$$

$$F_2 = m \cdot a_2.$$

Birinchi tezlanishga nisbatan ikkinchisini tezlanishi 9,81 marta katta bo'lar ekan.

Shuning uchun 1 kg kuch 1 n kuchidan 9,81 marta katta ekan yoki $1 \text{ kg} = 9,81 \text{ n}$.

Kilogramm og'irlik (kg) dan farqliroq kilogramm kuch quyidagicha belgilanadi – kg.

2-misol. Ikki to'g'ri chiziqli uzun o'tkazgich juda ingichka bo'lib, ular orasidagi masofa vakuumda $a = 0,1 \text{ m}$ ni tashkil etadi va ulardan o'zgarmaydigan tok I oqib o'tadi.

Agar, o'tkazgich o'rtasida uzunligi har $l = 20 \text{ sm}$ da 5 mg tortish kuchi paydo bo'lsa, shu tokning qiymati topilsin.

Amper formulasidan foydalanib, bularning qiymatlarini SI tizimiga aylantirsak:

$$F = \frac{\mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2\pi \cdot a},$$

bu yerda, $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$,
 $\mu_r = 1$ (vakuum uchun),
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Gn/m).

$$I_1 = I_2 = I.$$

$$I = \sqrt{\frac{F_2 \cdot \pi \cdot a}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot l}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1}{1 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 0,2}} = 3,5 \text{ a}$$

3-misol. Divigatel quvvati 5 ot kuchiga teng. Buni vattga o'tkazing?

$$N = 5 \text{ o.kk} = 5 \cdot 75 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sek}},$$

$$1 \text{ kg} = 9,81 \text{ n},$$

$$N = 5 \cdot 75 \cdot 9,81 \frac{\text{n} \cdot \text{m}}{\text{sek}} \approx 3680 \text{ W} = 3,68 \text{ kW}.$$

4-misol. Elektr qaynatgichi yordamida 10 l suvni $t_1 = 10^\circ\text{C}$ dan to $t_2 = 100^\circ\text{C}$ gacha qizdirilsin. Elektr tokining ishi va sarflangan elektr energiya hisoblansin?

Sarflangan issiqlik miqdori

$$q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = 4,19 \cdot 10 \cdot (100 - 10) = 3770 \text{ kj},$$

bu yerda, $s = 4,186 \approx 4,19$ suvning issiqlik sig'imi, SI sistemasida, $\frac{\text{kj}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$;

$m = 10$ suvning massasi, kg .

Sarflangan energiya miqdori kilovatt-soatda:

$$q = (\text{kw} \cdot \text{soat}) = \frac{3770}{3600} = 1,05 \text{ kw} \cdot \text{soat},$$

bu yerda, $1 \text{ amper} \cdot \text{soat} = 3600 \text{ kulon}$.

Endi energiya qiymatini topish uchun shu topilgan kw-soatni 1 kw-soat energiyaning narxiga ko'paytirish kerak.

Bu misol SI sistemasidan foydalanib, issiqlik miqdori joulda deb yechilgan. Endi bu sistemani qo'llamasdan kaloriyada hisoblasak:

$$q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = 1 \cdot 10 \cdot (100 - 10) = 900 \text{ kkal},$$

bu yerda, $c=1$ – suvning issiqlik sig'imi, $\frac{\text{kkal}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$;

$$1 \text{ kkal} = 4,19 \text{ J};$$

$$q = 4,19 \cdot 900 = 3770 \text{ kJ}.$$

5-misol. Magnit induksiyasi $V=8000 \text{ Hz}$ ni SI sistemasida yozing. SI sistemasida magnit induksiya teslada o'lchanishini hisobga olib,

$$1 \text{ Hz} = 10^{-4} \text{ tL},$$

$$V [\text{tL}] = 10^{-4} \cdot 8000 \text{ Hz} = 0,8 \text{ tL}.$$

6-misol. Magnit o'zagining ko'ndalang kesim yuzi $S=10 \text{ sm}^2$ bo'lganda, magnit oqimining qiymati topilsin. Agar induksiya $V=0,8 \text{ tL}$ ga teng bo'lsa, magnit oqimining qiymatini veberda va maksvellda ifodalang.

$$10 \text{ sm}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2;$$

$$F = VS = 0,8 \cdot 10 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ vB};$$

$$1 \text{ vB} = 10^8 \text{ mks};$$

$$F [\text{mks}] = 10^8 \cdot 8 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^4 \text{ mks}.$$

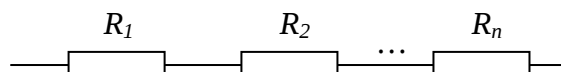
2. QARSHILIKLAR

2.1. Qarshiliklarni ulash va ularni hisoblash

Qarshiliklarni ulash uch xil bo'lib, ketma-ket, parallel va aralash ulashlar mavjud.

Qarshiliklar ketma-ket ulanganda, ularning qarshiliklari qo'shiladi va umumiy qarshilikni tashkil etadi.

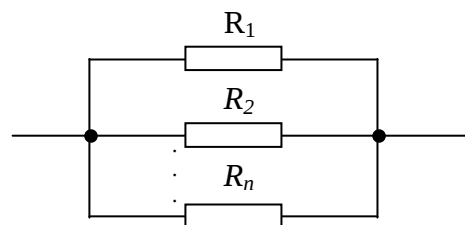
$$R_{umum} = R_1 + R_2 + \dots + R_n;$$



yoki bu qarshiliklarni o'tkazuvchanligi $G_{umum} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$.

O'zaro parallel ulangan qarshiliklarning umumiy qiymati quyidagi formula orqali topiladi:

$$\frac{1}{R_{umum}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n};$$

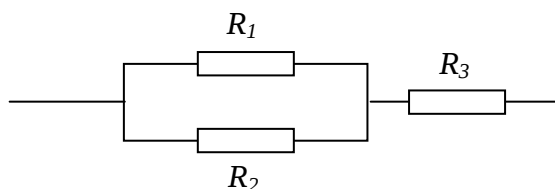


yoki ikkita o'zaro parallel ulangan qarshiliklarning umumiy qiymati quyidagicha topiladi:

$$\frac{1}{R_{umum}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Aralash ulangan qarshiliklarning umumiy qiymatini topishda birinchi bo'lib zanjirning parallel qismi hisoblanadi, keyin esa ketma-ket ulangan qarshilik qiymati qo'shib qo'yiladi.

$$R_{umum} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3.$$



Agar, drosellardagi va g'altakdagi tushish kuchlanishini tashkil etuvchisini hisoblash uchun, o'ramlar sonining doimiy tokdagi qarshiligini aniqlash kerak bo'lsa, bu qarshilik quyidagi formula bilan topiladi

$$R_s = \frac{\rho \cdot \omega \cdot l_{o'r}}{S} = \frac{\rho \cdot \omega \cdot l_{o'r}}{k \cdot S_{o'r}} [Om],$$

bu yerda, ω – o‘ramlar soni;

$l_{o'r}$ – bir o‘ramning o‘rtacha uzunligi;

k – to‘ldirish koeffitsiyenti;

$S_{o'r}$ – o‘ramlarning ko‘ndalang kesim yuzi, mm^2 ;

S – simning ko‘ndalang kesim yuzi, mm^2 .

2.2. O‘tkazgich qarshiliklarining haroratga bog‘liqligi

O‘tkazgichning qarshiligi temperaturaga bog‘liq bo‘lib, temperatura o‘zgarishi o‘z navbatida qarshilikni o‘zgarishiga olib keladi.

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t), [Om];$$

bu yerda, R – o‘tkazgichning qaralayotgan temperaturadagi qarshiligi;

R_0 – o‘tkazgichning temperatura $t_0 = 20^\circ C$ bo‘lgandagi qarshiligi, om;

α – o‘tkazgich qarshiligining temperatura koeffitsiyenti, $1/^\circ C$;

$\Delta t - t_0$ bilan o‘lchanayotgan temperatura o‘rtasidagi farq, $^\circ C$;

Agar R , R_0 va Δt ma‘lum bo‘lsa, qarshilikni temperatura koeffitsiyentini topish mumkin:

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot \Delta t} [1/^\circ C].$$

3-jadvalda ba’zi materiallarning solishtirma qarshiligi, solishtirma o‘tkazuvchanligi va qarshilikning temperatura koeffitsiyentlari keltirilgan.

$$\chi \left(\frac{m}{Om \cdot mm^2} \right)$$

3-jadval

№	Material	$\rho \left(\frac{Om \cdot mm^2}{m} \right)$	$\chi \left(\frac{m}{Om \cdot mm^2} \right)$	$\alpha (1/^\circ C)$
1.	Alyuminiy	0,029	34,8	0,0037
2.	Temir	0,13	7,7	0,0048
3.	Konstantan	0,5	2	– 0,000005
4.	Mis	0,0178	57	0,0039
5.	Latun	0,075	13,35	0,0015
6.	Platina	0,1	10	0,0038
7.	Simob	0,58	1,05	0,0009
8.	Kumush	0,0165	62,5	0,0036

O'tkazgichlarni temperatura koeffitsiyentlari

1.Kumush	0,004	8. Konstantan	– 0,00003
2.Mis	0,00445	9. Nixrom	0,00011
3.Alyuminiy	0,00423	10. Latun	0,002
4.Volfram	0,00164	11.Neyzilber	0,00036
5. Po‘lat	0,00625	12.Nikilin	0,0003
6. Qo‘rg‘oshin	0,00411	13.Manganin	0,000015
7. Simob	0,00027	14.Ko‘mir	– 0,0005

Shunday o'tkazgichlar borki, temperatura ortishi bilan qarshiligi kamayadi. Misol uchun, ko'mir, ayrim metallarning qotishmasi va elektrolitlar.

7-misol. Telegraf liniyasining qarshiligi, tashqi harorat $t_1^0 = -20^\circ\text{C}$ bo'lganida $R_1 = 800 \text{ Om}$. Agar simning temperatura koeffitsiyenti $\alpha = 0,05$ bo'lsa, simning harorat $t_2^0 = +30^\circ\text{C}$ bo'lgandagi qarshiligi topilsin?

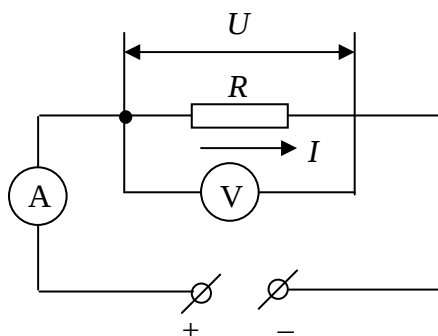
Yechish. $R_2 = R_1 + \alpha \cdot R_1 \cdot (t_2^0 - t_1^0)$ formulaga asosan

$$R_2 = 800 + 0,005 \cdot 800 \cdot [30 - (-20)] = 800 + 200 = 1000 \text{ Om}.$$

3. ODDIY DOIMIY TOK ZANJIRLARI

3.1. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni

Tajriba shuni ko'rsatadiki (4-rasm), zanjirdan oqib o'tayotgan tok I , shu qismga berilgan kuchlanish U va qarshilik R ga bog'liq ekan. Zanjir qismiga berilgan kuchlanish U qancha katta bo'lib, qarshilik o'zgarmas bo'lsa, shu zanjirdan oqib o'tayotgan tok kuchi ham shuncha katta bo'ladi va kuchlanish qancha kichik bo'lsa tok ham shuncha kichik bo'ladi. Ya'ni, zanjirda kuchlanish qancha ko'p bo'lsa, zanjirning elektr maydoni ham shuncha kuchli bo'ladi, elektr kuchi o'tkazgichdagi zaryadga kattaroq kuch bilan ta'sir qiladi va buning oqibatida zanjirda tok kuchayadi. Agar zanjirga berilayotgan kuchlanish kamaysa elektr maydoni ham kamayadi va tokning ham kamayganini ko'ramiz.



4-rasm.

Agar, zanjir qismidagi U kuchlanishni o'zgartirmasdan qarshilik R ni o'zgartirsak, bunda zanjir tokini ham o'zgartirishni ko'ramiz. Agar qarshilikni oshira borsak, biz tokni kamayganini kuzatamiz. Ya'ni, zanjir qismidagi qarshilik R ni oshirish bilan zanjirning shu qismidagi o'tkazgichning elementlari orasidagi elektr zaryadi o'zgaradi.

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni qo'yidagicha ta'riflanadi: tok kuchi I kuchlanish U ga to'g'ri proporsional, qarshilik R ga esa teskari proporsional bo'ladi.

Bu qonunning matematik ifodasi quyidagicha:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

bu yerda, I – tok kuchi, amperda, a ;

R – qarshilik omda, Om ;

U – kuchlanish voltda, v .

8-misol. Agar iste'molchining yuklama qarshiligi $R=250 \text{ Om}$, unga berilgan kuchlanish $U=125 \text{ v}$ bo'lsa, uning toki I ni toping.

Yechish: Om qonunining formulasiga asosan

$$I = \frac{U}{R} = \frac{125}{250} = 0,5 \text{ a},$$

Formulaga asosan

$$U=I \cdot R \quad (2)$$

Zanjirining bir qismiga berilgan kuchlanish U , shu zanjirdan oqib o'tayotgan tok miqdori qiymatining shu zanjirda turgan qarshilik R miqdori qiymatini ko'paytmasiga teng.

9-misol. Agar lampaning cho'g'lanish tolasining qarshiligi $R=24 \text{ Om}$ va undan oqib o'tayotgan tok miqdori $I=150 \text{ ma}$ bo'lsa, elektron lampaning cho'g'lanish tolasiga qancha kuchlanish berish mumkin?

Yechish. 2-formulaga asosan

$$U=I \cdot R=0,15 \cdot 24=3,6 \text{ volt}.$$

1-formulaga asosan

$$R=\frac{U}{I}, \quad (3)$$

Zanjirning bir qismidagi qarshilik, zanjirdan oqib o'tayotgan kuchlanishning shu zanjir tokiga nisbatiga teng.

10-misol. Agar kuchlanish $U=125 \text{ v}$, tok $I=0,4 \text{ a}$ bo'lsa g'altak simining qarshiligi R topilsin?

Yechish: 3-formuladan foydalanib,

$$R=\frac{U}{I}=\frac{125}{0,4}=312,5 \text{ Om}.$$

11-misol. Spiralga berilayotgan tok $I=5 \text{ a}$, spiral qarshiligi $R=44 \text{ Om}$. Spiralga tushayotgan kuchlanish topilsin?

Yechish. Om qonuniga asosan $I=\frac{U}{R}$, bundan kuchlanishni topsak $U=I \cdot R$.

Endi berilgan qiymatlarni joyiga qo'ysak:

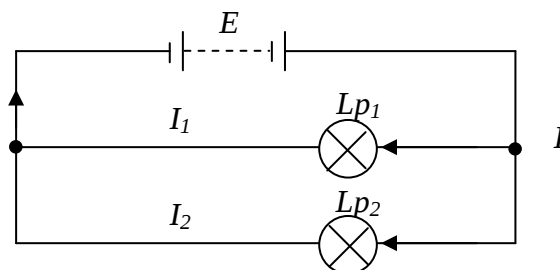
$$U=5 \cdot 44=220 \text{ v.}$$

12-misol. Zanjirdagi kuchlanish $U=220 \text{ v}$, lampaning cho‘g‘lanish tolasining qarshiligi $R=440 \text{ Om}$. Elektr lampaning qabul qilayotgan toki I topilsin?

Yechish. $I = \frac{220}{440} = 0,5 \text{ a.}$

Ikkita bir xil lampalardan tashkil topgan zanjirning qarshiligi, alohida olingan bitta lampaning qarshiligidan ikki marta kam bo‘ladi, ya’ni

$$R = \frac{R_1}{2}$$



5-rasm.

n ta lampadan tashkil topgan zanjir qarshiligi:

$$R = \frac{R_1}{n}.$$

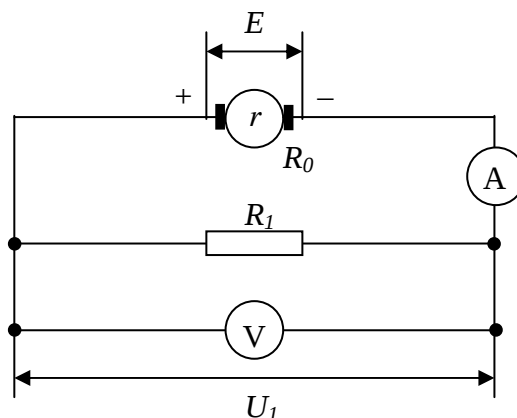
13-misol. Elektr zanjiriga qarshiliklari $R_1=120 \text{ Om}$ bo‘lgan 4 ta lampa o‘zaro parallel ulangan. Zanjirning umumiy qarshiligi topilsin?

Yechish:

$$R = \frac{R_1}{n} = \frac{120}{4} = 30 \text{ Om.}$$

3.2. Zanjirning to‘la qismi uchun Om qonuni

Zanjirning to‘la qismi uchun Om qonuni asosan elektr yurituvchi kuch E (elektr energiyasi manbasi), tok kuchi qiymati I va to‘la qarshilik orasidagi bog‘lanishlarni aniqlaydi. Misol uchun 6-rasmda oddiy elektr zanjiri berilgan bo‘lib, elektr energiya manbasi (elektr yurituvchi kuch E va uning ichki qarshiligi R_0), tashqi qarshiligi R_1 bo‘lsin. Zanjir ulangandan keyin I toki paydo bo‘ladi. Tashqi qarshilik R_1 ga berilgan kuchlanish $U_1 = I \cdot R_1$



6-rasm. Oddiy doimiy tok zanjiri.

Shunga asosan zanjirning ichki kuchlanishi

$$U_0 = I \cdot R_0$$

Elektr energiya manbasining elektr yurituvchi kuchi E , o'z navbatida zanjirning ichki va tashqi kuchlanishlari yig'indisiga teng.

$$E = U_0 + U_1$$

yoki

$$E = I \cdot R_0 + I \cdot R_1 = I \cdot (R_0 + R_1)$$

bu yerdan

$$I = \frac{E}{R_0 + R_1} = \frac{E}{R}. \quad (4)$$

$R = R_0 + R_1$ – zanjirning to'la (ekvivalent qarshiligi).

Rasmdagi zanjirni tashkil etuvchi elementlar:

E – elektr energiyasi manbasining elektr yurituvchi kuchi, volt, v ;

R_0 – elektr energiyasi manbasining ichki qarshiligi, Om ;

R_1 – zanjirning tashqi qarshiligi, Om ;

I – zanjir toki, amper, a .

Formula (4) zanjirning to'la qismi uchun Om qonunining matematik ifodasi hisoblanadi.

Zanjirning to'la qismi uchun Om qonuni shunday ta'riflanadi. Zanjirdagi tok kuchi I , elektr yurituvchi kuch E ga to'g'ri proporsional va zanjirning umumiy qarshiligi R ga esa teskari proporsional bo'ladi.

Umumiy qarshilik deganda zanjirning ichki va tashqi qarshiligi tushuniladi.

14-misol. Elektr energiya manbasining elektr yurituvchi kuchi $E = 3v$, uning ichki qarshiligi $R_0 = 1 Om$. Mikrofon telefon apparatiga ulangan. Uning tinch holdagi qarshiligi $R_1 = 47 Om$. Mikrofon zanjiridagi tok I , mikrofoniga berilgan kuchlanish U_1 va zanjirning ichki kuchlanishi U_0 topilsin?

Yechish. Zanjirning umumiy qarshiligi:

$$R = R_0 + R_1 = 1 + 47 = 48 \text{ Om.}$$

Zanjir toki:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{3}{48} = 0,0625 \text{ a,}$$

Mikrofonga berilgan kuchlanish $U_1 = I \cdot R_1 = 0,0625 \cdot 47 = 2,9375 \text{ v.}$

Zanjirning ichki kuchlanishi U_0 :

$$U_0 = I \cdot R_0 = 0,0625 \cdot 1 = 0,0625 \text{ v.}$$

3.3. Elektr tokini hisoblash

Agar t vaqt ichida o'tkazgichdan q elektr zaryadi miqdori oqib o'tsa, shu o'tkazgichdan oqib o'tayotgan tok quyidagicha topiladi:

$$I = \frac{q}{t}.$$

SI birliklar sistemasida tok birligi qilib 1 *amper* qabul qilingan. O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzidan 1 sekundda 1 kulon elektr zaryad miqdori oqib o'tsa, o'tkazgichdan oqib o'tayotgan tok 1 *a* bo'ladi, yoki

$$1 \text{ amper} = \frac{1 \text{ kulon}}{1 \text{ sekund}},$$

1 kulon = $6,29 \cdot 10^{18}$ elektr zaryadi miqdoriga teng.

O'tkazgichdan oqib o'tayotgan tokning qiymatini bilgan holda, shu o'tkazgichning kesim yuzidan t vaqt ichida oqib o'tgan elektr zaryadi miqdori – q ni topish mumkin.

$$q = I \cdot t, \quad (5)$$

bu yerda, q – elektr miqdorining soni, *kulon*;

I – tok, *amper*;

t – vaqt, *sekund*.

15-misol. Agar lampa toki $I=0,6 \text{ a}$ ga teng bo'lsa, elektr lampadan $t=0,5$ soat davomida qancha elektr zaryadi miqdori oqib o'tadi?

Yechish. 5-formulaga asosan

$$q = I \cdot t = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 60 \cdot 60 = 1080 \text{ k.}$$

Katta toklar bilan ishlaganda, ba'zi paytlarda, elektr zaryadi miqdori nisbatan kattaroq o'lchov birligi – *amper-soat* bilan ifodalanadi. $1 \text{ amper-soat} = 3600 \text{ kulon}$.

3.4. Tok zichligi

Tok zichligi deb, o'tkazgichning kesim yuzasi birligiga to'g'ri keladigan tok birligiga aytiladi va u quyidagicha topiladi:

$$j = \frac{I}{S},$$

bu yerda, j – o'tkazgichning tok zichligi;

I – o'tkazgichning toki;

S – o'tkazgichning kesim yuzi.

Agar o'tkazgichdan oqib o'tayotgan tok I amperda, o'tkazgichning kesim yuzi S kvadrat metrda (m^2) berilgan bo'lsa, tok zichligi j amper/kvadrat metr ($\frac{a}{m^2}$) da

bo'ladi. U amper/kvadrat santimetrda ($\frac{a}{sm^2}$) yoki amper/kvadrat millimetrda

($\frac{a}{mm^2}$) ham bo'lishi mumkin.

16-misol. Silindrsimon g'altakka o'ralgan simning diametri $d=2 \text{ mm}$, undan oqayotgan tok qiymati $I=12,56 \text{ a}$. Shu g'altak simidan oqib o'tayotgan tok zichligi topilsin?

Yechish: Oldin g'altak simining kesim yuzi S ni topamiz.

Doira yuzasini topish formulasiga asosan

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ mm}^2.$$

Endi o'tkazgichning tok zichligini topamiz:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{12,56}{3,14} = 4 \frac{a}{mm^2}.$$

3.5. Elektr tokining ishi

Elektr toki o'tayotganda qandaydir ish bajaradi va elektr energiyasini qandaydir boshqa energiyaga – issiqlik, yorug'lik, mexanik, kimyoviy va boshqa energiyalarga aylantiradi.

Bularni keyinchalik kengroq yoritamiz. Hozircha elektr energiyasini isrof bo'lish formulalari bilan tanishamiz.

Agar, elektr energiyasi iste'molchisiga bir volt kuchlanish berilsa, iste'molchi orqali 1 *kulon* zaryad miqdorini o'tkazish uchun energiya manbasi 1 *joul* elektr energiyasini sarflaydi.

Iste'molchiga berilgan kuchlanish U voltda va u orqali o'tayotgan elektr zaryadi miqdori q kulonda hisoblansa, elektr manbasi iste'molchiga elektr energiyasi beradi va u quyidagi formula bilan topiladi:

$$W = U \cdot q. \quad (6)$$

Elektr toki bu energiyani boshqa bir energiyaga aylantiradi.

Shuning uchun elektr toki iste'molchidan o'tayotganda ish bajaradi. Bu ishning kattaligi A iste'molchining sarflagan elektr energiyasiga teng

$$A = W = U \cdot q. \quad (7)$$

17-misol. Lampochkaga berilgan kuchlanish $U=127$ v. Agar lampochka orqali $q=200$ k elektr zaryadi miqdori o'tsa, manba energiyasining qancha isrof bo'lganini toping.

Yechish. Formula (7) ga asoslanib

$$W = U \cdot q = 127 \cdot 200 = 25400 \text{ j.}$$

Shunday qilib iste'molchi orqali t vaqt ichida o'tgan elektr zaryadi miqdori q , tok kattaligi I bilan vaqt t ning ko'paytmasiga teng: $q = I \cdot t$. q ni (7) ga qo'yib elektr tokining bajargan ishini topadigan boshqa ko'rinishdagi formulani hosil kilamiz

$$A = U \cdot I \cdot t, \quad (8)$$

bu yerda, A – ish, *joul*da;

U – kuchlanish, *voltda*;

I – tok, *amper*da;

t – vaqt, *sekund*da.

18-misol. Elektr choynagi $U = 220$ v kuchlanishli zanjirga ulangan. Agar choynak elementining toki $I = 2,5$ a bo'lsa, $t = 12$ minut vaqt ichida elektr choynakda sarflangan energiya topilsin.

Yechish. 8-formulaga asosan

$$W = U \cdot I \cdot t = 220 \cdot 2,5 \cdot 12 \cdot 60 = 396\,000 \text{ j.}$$

Shuni hisobga olgan holda formula (3) ni o'zgartirsak

$$U = I \cdot R.$$

Unda $A = I^2 \cdot R \cdot t$ (9)

19-misol. Elektr lampasining cho'g'lanish tolasidan $t=2$ soat vaqt moboynda $I=150 \text{ ma}$ tok oqib o'tsin. Agar lampa cho'g'lanish tolasining qarshiligi $R=24 \text{ Om}$ bo'lsa, sarflangan energiya hisoblansin?

Yechish. 9-formulaga asosan

$$W = I^2 \cdot R \cdot t = 0,15^2 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 60 = 3\,888 \text{ j.}$$

$I = \frac{U}{R}$ ni hisobga olgan holda formula (9) ni yana o'zgartirish mumkin:

$$A = \frac{U^2}{R^2} \cdot R \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad (10)$$

20-misol. Agar g'altakka berilgan kuchlanish $U=12 \text{ v}$, g'altak qarshiligi $R=300 \text{ Om}$ bo'lsa, $t=10 \text{ minut}$ ichida g'altakda bajarilgan ishni toping?

Yechish. 10-formulaga asosan

$$A = \frac{U^2}{R} \cdot t = \frac{12^2}{300} \cdot 10 \cdot 60 = 288 \text{ j.}$$

Kuchli toklarni ishini o'lchashda o'lchov birligi qilib kilovatt-soat ($\text{kW}\cdot\text{s}$) qabul qilingan, $1 \text{ kilovatt-soat} = 3\,600\,000 \text{ j}$. Elektr toki ishining o'lchov birliklari 4-jadvalda berilgan.

Elektr toki ishining o'lchov birliklari

4-jadval

Kattalik nomi va belgilanishi	Birlik nomi	Belgilanish		Asosiy birlikka nisbati
		O'zbekcha	Xalqaro	
Ish A	Joul Gektovatt-soat kilovatt-soat	j $\text{gW}\cdot\text{s}$ $\text{kV}\cdot\text{c}$	J Hwh Kwh	$3,6 \cdot 10^5 \text{ j}$ $3,6 \cdot 10^6 \text{ j}$

SI sistemasida $1 \text{ j} = 10^7 \text{ erg}$ dan iborat.

3.6. Joule-Lens qonuni

Bu qonunning ahamiyati va amalda qanchalik qo'llanilishini ko'rib chiqaylik. Ma'lumki, elektr tokining bajargan ishi quyidagi formula bilan topiladi

$$A = I^2 \cdot R \cdot t,$$

bu yerda, A – elektr tokining ishi, J ;

I – tok, A ;

R – qarshilik, Ω ;

t – vaqt, sek .

Bir joule elektr energiyasi 0,24 kichik kaloriya issiqlik energiyasiga ekvivalent. Bu bog'liqlik quyidagi ko'rinishdagi termik ekvivalent bilan ifodalanadi:

$$C = 0,24 \frac{\text{kichik kaloriya}}{\text{joul}}.$$

U holda, elektr tokining ajratgan issiqlik miqdori:

$$Q = C \cdot A = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t, \quad (11)$$

Q – issiqlik miqdori, *kichik kaloriya*.

Formula (11) Joule-Lens qonunining matematik ifodasi hisoblanadi va u quyidagicha ta'riflanadi.

O'tkazgichdan tok oqib o'tayotganda ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori, qarshilik R o'zgarmas bo'lganda, shu qarshilik kattaligiga, tokning kvadratiga va shu tokni o'tkazgichdan oqib o'tish vaqtiga to'g'ri proporsional.

21-misol. Agar o'tkazgich qarshiligi $R=25 \Omega$, tokni o'tish vaqti $t=15 \text{ minut}$, tok qiymati $I=5 A$ bo'lsa, o'tkazgichda qancha issiqlik miqdori ajraladi?

Yechish. 11-formulaga asosan

$$Q = C \cdot A = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t = 0,24 \cdot 5^2 \cdot 25 \cdot 15 \cdot 60 = 135000 \text{ kich. kal},$$

Elektr tokining quvvati deb ma'lum ishni bajarish uchun ketgan vaqt nisbatiga aytiladi:

$$P = \frac{A}{t}, \quad (12)$$

bu yerda, P – elektr tokining quvvati;

A – t vaqt ichida elektr tokining bajargan ishi.

Agar elektr tokining har sekundda bajargan ishi bir joulga teng bo'lsa uning quvvati bir vatt bo'ladi:

$$1 \text{ vatt} = \frac{1 \text{ joul}}{1 \text{ sekund}}.$$

Quvvat o'lchov birliklari

5-jadval

Kattalik nomi va belgilanishi	Birliklar nomi	Belgilanishi		Asosiy birlikka nisbati
		O'zbekcha	Xalqaro	
Quvvat – R	Vatt	W	w	–
	Kilovatt	Kw	kw	$10^3 w$
	Gektovatt	Gw	hw	$10^2 w$
	Millivatt	Mw	mw	$10^{-3} w$
	Mikrovatt	Mkw	μw	$10^{-6} w$

22-misol. Elektr toki $t=8$ minut ichida $A=1200$ joul ish bajardi. Tokning quvvati topilsin?

Yechish. Formula (12) ga asosan $P = \frac{A}{t} = \frac{1200}{8 \cdot 60} = 2,5 W$.

4. KONDENSATORLAR

Tajriba shuni ko'rsatadiki, har qanday metall o'tkazgichning elektr zaryadi bilan potentsiali o'rtasida to'g'ri proporsionallik mavjud. Ya'ni, o'tkazgichning zaryadi qanchalik ko'p yoki oz o'zgarsa, o'tkazgichning potentsiali shunga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi.

Bu proporsional bog'lanish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$q = C \cdot \varphi, \quad (13)$$

bu yerda, q – o'tkazgichning elektr zaryadi;

φ – o'tkazgichning potentsiali;

C – proporsionallik koeffitsiyenti, yoki o'tkazgichning elektr sig'imi.

(13) ni hisobga olgan holda

$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (14)$$

Bu yerdan ko'rinib turibdiki, o'tkazgichning sig'imi, uning zaryadining potentsiallari nisbatiga teng.

O'tkazgichning sig'imi, asosan shu o'tkazgichning o'zida elektr zaryadini to'plashiga bog'liq.

(14) formulaga asosan sig'im o'lchamini aniqlaymiz:

$$S = \frac{q}{\varphi} = \frac{\text{kulon}}{\text{volt}} = \text{farada}.$$

MKSA tizimida sig'im faradada ifodalanadi.

Agar formuladagi $q=1 \text{ kulon}$, $\varphi=1 \text{ volt}$ bo'lsa, sig'im 1 faradaga teng.

SI tizimida sig'im o'lchov birligi sifatida farada (F) qabul qilingan. Amalda ko'proq kichikroq birliklar:

mikrofarada, $mkF - \mu F - 10^{-6} F$,

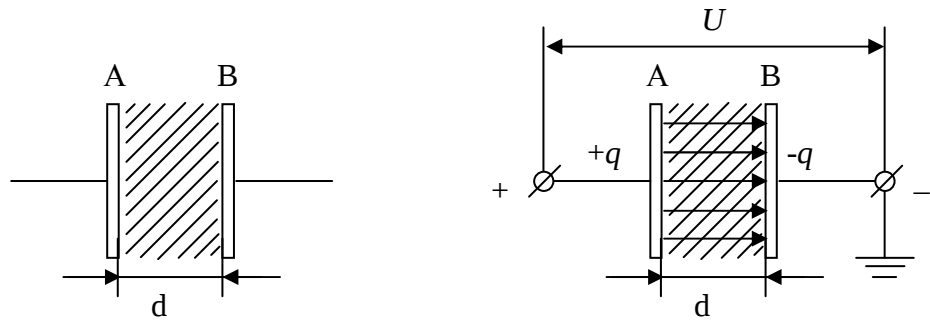
pikofarada, $pF - 10^{-12} F$ lar qo'llaniladi.

23-misol. Agar o'tkazgichga berilgan zaryad miqdori $q=4 \cdot 10^{-5} \text{ k}$ bo'lib, uning potentsiali $\varphi=2 \cdot 10^3 \text{ v}$ ga o'zgarsa, uning sig'imi topilsin.

Yechish. (14) formulaga asosan

$$C = \frac{4 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^{-8} F = 0,02 \text{ mkF}.$$

O'tkazgichning sig'imi uning materialiga, og'irligiga bog'liq bo'lmaydi, balki faqat uning yuzasiga bog'liq bo'ladi.



Kondensatorning musbat plastinkasida musbat zaryad (+q), manfiy plastinkasida manfiy zaryad (-q), plastinkalar o'rtasidagi dielektrikda elektrostatik maydon vujudga keladi va u shunday yoziladi:

$$E = \frac{U}{d},$$

bu yerda, E – kondensatorning dielektrigidagi elektrostatik maydon energiyasi, *volt/metr*.

U – kondensator plastinkalaridagi kuchlanish, *volt*;

d – plastinkalar orasidagi masofa, *metr*.

24-misol. Kondensatorga $U=250$ v kuchlanish berilgan. Agar plastinkalar orasidagi masofa $d=2$ mm bo'lsa, kondensator dielektrigining elektrostatik maydoni topilsin.

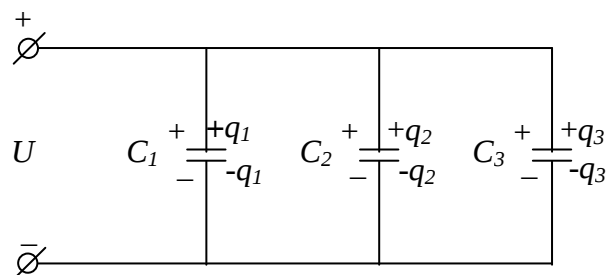
Yechish. Elektrostatik maydon energiyasini topish formulasiga asosan

$$E = \frac{U}{d} = \frac{250}{2 \cdot 10^{-3}} = 125000 \frac{\text{v}}{\text{m}}.$$

4.1. Kondensatorlarni parallel ulash

Bir necha kondensatorlarni o'zaro parallel, ketma-ket yoki aralash ulash natijasida kondensatorlarning sig'im batareyasi tashkil qilinadi.

Oldin parallel ulangan kondensatorlarni ko'rib chiqaylik. Bunday ulanish sig'imni oshirish kerak bo'lgan hollarda qo'llaniladi. Ushbu ulanish 7-rasmda ko'rsatilganidek bo'lishi mumkin.



7-rasm.

$$U_1 = U_2 = U_3 = U, \quad (15)$$

bu yerda, U – elektr energiyasi zanjiridagi kuchlanish;

$U_1 = U_2 = U_3$ – kondensatorlar ulangan joydagi kuchlanish.

Ko‘rilayotgan batareya U kuchlanishli manbaga ulangan bo‘lsa, har bir kondensator ma’lum bir zaryad bilan zaryadlanadi va batareyaning umumiy sig‘imi quyidagicha topiladi:

$$q_1 = C_1 U; \quad q_2 = C_2 U; \quad q_3 = C_3 U; \quad (16)$$

bu yerda, q_1 , q_2 va q_3 birinchi, ikkinchi va uchinchi kondensatorlarning elektr zaryadi.

(16) formuladan

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{C_1}{C_2}; \quad \frac{q_2}{q_3} = \frac{C_2}{C_3}; \quad \frac{q_3}{q_1} = \frac{C_3}{C_1}. \quad (17)$$

Demak, parallel ulangan kondensatorlarning elektr zaryadlari shu kondensatorlarning sig‘imiga proporsional ekan. Umumiy kondensator batareyasining zaryadi q esa alohida olingan kondensatorlar zaryadlari yig‘indisiga teng ekan.

$$q = q_1 = q_2 = q_3 \quad (18)$$

yoki (16) ni hisobga olgan holda

$$q = C_1 U + C_2 U + C_3 U = (C_1 + C_2 + C_3) \cdot U,$$

bu yerdan $\frac{q}{U} = C_1 + C_2 + C_3$ ni topamiz.

$\frac{q}{U}$ qiymat – kondensatorning umumiy zaryadini kondensator ulangan zanjirga berilayotgan kuchlanishga bo‘lgan nisbatiga teng.

Kondensator batareyasining umumiy sig‘imi

$$C_0 = \frac{q}{U}, \text{ yoki } C_0 = C_1 + C_2 + C_3. \quad (19)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, parallel ulangan kondensatorning sig‘imi shu batareyani tashkil etayotgan alohida olingan kondensatorlarning sig‘imlari yig‘indisiga teng ekan.

25-misol. Agar, $C_1 = 2 \text{ mkF}$, $C_2 = 0,5 \text{ mkF}$ va $C_3 = 0,1 \text{ mkF}$ bo‘lsa, parallel ulangan 3 ta kondensatordan tashkil topgan batareyaning ekvivalent sig‘imi topilsin.

Yechish. (19) formulaga asosan

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0,5 + 0,1 = 2,6 \text{ mkF}.$$

Agar parallel ulangan kondensatorlarning sig‘imi bir xil bo‘lsa, alohida olingan kondensatorning sig‘imini ularning soni – n ga ko‘paytirish kerak.

$$C_0 = C \cdot n. \quad (20)$$

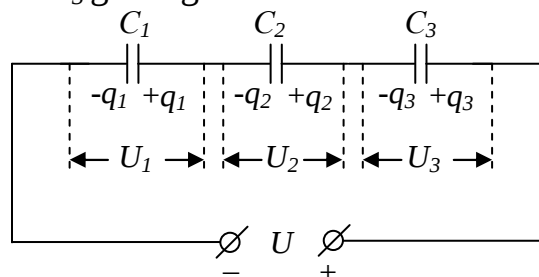
26-misol. Agar bizda $C = 0,25 \text{ mkF}$ li kondensatorlar bo‘lsa, $C_0 = 2 \text{ mkF}$ li sig‘im batareyasini tayyorlash uchun necha kondensator olish kerak.

Yechish. (20) formulaga asosan zarur kondensatorlar sonini topamiz:

$$n = \frac{C_0}{C} = \frac{2}{0,25} = 8 \text{ ta kondensator kerak ekan.}$$

4.2. Kondensatorlarni ketma-ket ulash

8-rasmda uchta kondensatorning o‘zaro ketma-ket ulanishi berilgan va ularning sig‘imi C_1 , C_2 va C_3 ga teng.



8-rasm.

$$q_1 = q_2 = q_3 = q; \quad (21)$$

bu yerda, q_1, q_2 va q_3 – birinchi, ikkinchi va uchinchi kondensatorlarning elektr zaryadi;

U – umumiy batareyaga berilgan kuchlanish;

U_1, U_2 va hokazo alohida olingan kondensatorlarga berilayotgan kuchlanish.

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (22)$$

(16) formulaga asosan bu yerda ham

$$q_1 = C_1 \cdot U_1; \quad q_2 = C_2 \cdot U_2; \quad q_3 = C_3 \cdot U_3;$$

$$q_1 = q_2 = q_3 = q.$$

Bundan $C_1 \cdot U_1 = C_2 \cdot U_2 = C_3 \cdot U_3 = q$.

Bu yerdan alohida olingan kondensatorlarga tushayotgan kuchlanishlarni quyidagicha topamiz:

$$U_1 = \frac{q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{q}{C_2}; \quad U_3 = \frac{q}{C_3}.$$

Topilgan kuchlanishlarni (22)-formulaga qo'yib

$$U = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3},$$

yoki tenglamani har ikkala tarafini q ga bo'lsak

$$\frac{U}{q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3},$$

$$\frac{U}{q} = \frac{1}{C_0},$$

C_0 – kondensator batareyasining umumiy sig'imi.

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}, \quad (23)$$

Demak, ketma-ket ulangan kondensatorlardan tashkil topgan batareyaning umumiy sig‘imi, ish batareyasini tashkil etayotgan kondensatorlar sig‘imlarining teskari qiymatlari yig‘indisidan iborat ekan.

27-misol. Agar sig‘imlari $C_1=3 \text{ mkF}$, $C_2=4 \text{ mkF}$, $C_3=12 \text{ mkF}$ bo‘lgan uchta kondensator ketma-ket ulangan bo‘lsa kondensatorlar batareyasining umumiy sig‘imini toping.

Yechish. (23) formulaga asosan

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{11}{12},$$

bundan $C_0 = \frac{12}{11} = 1,09 \text{ mkF}$ ekanligini topamiz.

Agar, batareya tarkibida ikkita kondensator bo‘lsa, unda $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ yoki

$\frac{1}{C_0} = \frac{C_2 + C_1}{C_2 \cdot C_1}$, bundan C_0 ni topsak

$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}. \quad (24)$$

Ikkita o‘zaro ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig‘imi ularning ko‘paytmasini shu sig‘imlar yig‘indisiga bo‘lgan nisbatiga teng.

28-misol. Agar $C_1=0,6 \text{ mkF}$ va $C_2=0,3 \text{ mkF}$ bo‘lsa, ketma-ket ulangan ikkita kondensatorning umumiy sig‘imi topilsin.

Yechish. (24) formulaga asosan

$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,6 \cdot 0,3}{0,6 + 0,3} = 0,2 \text{ mkF}.$$

Agar n ta ketma-ket ulangan kondensator bir xil sig‘imga ega bo‘lsa, ya’ni

$$C_1=C_2=C_3=\dots=C_n=C$$

bo‘lsa, u holda $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \dots + \frac{1}{C} = \frac{n}{C}$ bo‘ladi.

Bundan umumiy sig‘imni topsak

$$C_0 = \frac{C}{n}. \quad (25)$$

Ketma-ket ulangan bir xil sig'imga ega bo'lgan kondensatorlar alohida olingan kondensatorlar sig'imidan n marta kichik bo'ladi.

29-misol. Uchta ketma-ket ulangan kondensatorlarning sig'imi $C=1,2 \text{ mkF}$. Kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi topisin.

Yechish. (25) formulaga asosan

$$C_0 = \frac{C}{n} = \frac{1,2}{3} = 0,4 \text{ mkF}.$$

30-misol. Uchta ketma-ket ulangan kondensatorlarga berilgan kuchlanish $U=120 \text{ v}$, $C_1=0,3 \text{ mkF}$, $C_2=0,2 \text{ mkF}$, $C_3=0,12 \text{ mkF}$ ga teng. Kuchlanishning kondensatorlar o'rtasidagi taqsimlanishi, umumiy sig'im hamda umumiy batareya zaryadi topilsin?

Yechish. Umumiy sig'imni (23) formulaga asosan topsak

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{0,3} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,12} = \frac{100}{6}$$

bundan $C_0=0,06 \text{ mkF}$.

Endi kondensatorlardan tashkil topgan batareya zaryadini topsak

$$q = C_0 \cdot U = 0,06 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ k}.$$

Alohida olingan kondensatorlardagi kuchlanish

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{7,2 \cdot 10^{-6}}{0,3 \cdot 10^{-6}} = 24 \text{ v};$$

$$U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{7,2 \cdot 10^{-6}}{0,2 \cdot 10^{-6}} = 36 \text{ v};$$

$$U_3 = \frac{q}{C_3} = \frac{7,2 \cdot 10^{-6}}{0,12 \cdot 10^{-6}} = 60 \text{ v}.$$

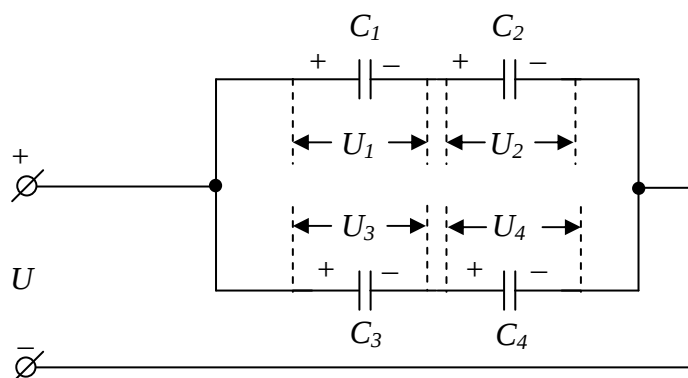
Masalani yechimini to'g'riligini tekshirish uchun, hisoblab topilgan kuchlanishlarni qo'shamiz

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 24 + 36 + 60 = 120 \text{ v}.$$

Shunday qilib, berilgan kuchlanishga teng kuchlanishni topdik.

4.3. Kondensatorlarni aralash ulash

Bunday ulanish asosan bir necha kondensatorlarni ketma-ket, hamda parallel ulanishidan tashkil topadi.



9-rasm. Kondensatorlarni aralash ulash sxemasi.

Oldin alohida olingan ketma-ket ulangan kondensatorlarni sig'imini (24) formuladan topamiz.

$$C_I = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}; \quad C_{II} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4},$$

bu yerda, C_I, C_{II} alohida olingan guruh kondensatorlarining umumiy sig'imi.
Bu guruhlar o'zaro parallel ulanganligi uchun

$$C_0 = C_I + C_{II}.$$

31-misol. Ba'zi elektr qurilmalari uchun kondensatorning sig'imi $C = 2 \text{ mkF}$, kuchlanishi $U = 500 \text{ v}$ ga hisoblangan. $C = 2 \text{ mkF}$ li kondensatorlar mavjud, biroq ularning kuchlanishi $U = 250 \text{ v}$ bo'lganligi uchun ularni bu elektr qurilmasida ishlatib bo'lmaydi. Ularning kuchlanishi $U = 250 \text{ v}$ bo'lganligi uchun, bunday zanjirga ulanganda kuyishi mumkin. Bu kondensatorni qurilmada ishlatish uchun kondensatorlardan batareya tashkil qilib zarur kuchlanish ta'minlansin.

Yechish. Kondensatorlarni aralash ulash sxemasidan foydalangan holda 4 ta kondensatordan tashkil topgan batareyani tashkil qilamiz.

Alohida olingan parallel guruh kondensatorlarini sig'implari.

$$C_I = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ mkF};$$

$$C_{II} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ mkF}.$$

Batareyaning umumiy sig'imi

$$C_0 = C_I + C_{II} = 1 + 1 = 2 \text{ mkF}.$$

Alohida olingan kondensatorlarning sig'imi bir xil bo'lganligi uchun ularda kuchlanish teng taqsimlanadi, ya'ni

$$U_I = U_2 = \frac{500}{2} = 250 \text{ v};$$

$$U_3 = U_4 = \frac{500}{2} = 250 \text{ v}.$$

5. INDUKTIVLIK G‘ALTAGI VA UNI HISOBLASH

Induktivlik birligi qilib *genri* (Gn) qabul qilingan. Bir genri deb induktivlik g‘altagida o‘zinduksiya paytida elektr yurituvchi kuch 1 v bo‘lganida, shu g‘altak tokining qiymati 1 sek da 1 a ga o‘zgarishiga aytiladi. Radiotexnikada induktivlikning nisbatan kichikroq qiymatlari ham ma’lum:

1 milligenri (mGn) $10^{-3} Gn$;

1 mikrogenri ($mkGn$) $= 10^{-6} Gn$;

1 sim $= 10^{-9} Gn = 1 nGn = 10^{-3} mkGn = 10^{-6} mGn$.

Induktivlik quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$h = \frac{\omega^2}{R_m} (Gn), \quad (26)$$

Induktivlik o‘ramalar sonining kvadrati – ω ga to‘g‘ri proporsional, magnit oqimining qarshiligi – R_m ga teskari proporsional bo‘ladi.

$$R_m = \frac{l}{\mu \cdot q} \left(\frac{1}{Gn} \right)$$

bu yerda, l – magnit uzunlik chizig‘i;

μ – mutlaq magnit singdiruvchanlik;

q – magnit oqimining ko‘ndalang kesim yuzi, sm^2 .

Texnikada shunday kattalik qabul qilinganki, u magnit oqimi qarshiligiga teskari bo‘lib, uni o‘ramlar induktivligining koeffitsiyenti deyiladi. Bu A_l koeffitsiyent magnit materiallarini texnik ma’lumotlarida beriladi.

$$A_l = \frac{Mq}{l} (Gn).$$

Mutlaq magnit singdiruvchanlik kattaligi μ materialga bog‘liq. Adabiyotlarda keltirilishicha magnit materiallariga nisbatan magnit singdiruvchanligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_0 \cdot \mu_r (Gn/m), \\ \mu &= 4\pi \cdot 10^{-7} \left(\frac{Gn}{m} \right) = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Gn}{m} = 1,26 \cdot 10^{-8} \frac{Gn}{sm}. \end{aligned} \quad (27)$$

Magnit singdiruvchanligi – cheksiz kattalikdir. Magnit maydonida hosil bo‘lgan energiya:

$$W_m = \frac{w \cdot l^2}{2} (j),$$

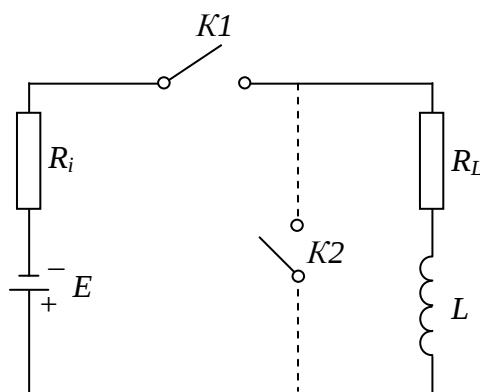
bu yerda l – induktivlik, Gn ; I – tok, a.

G'altak o'ramlarida hosil bo'lgan elektr yurituvchi kuch quyidagi formula bilan topiladi.

$$E_{uh\partial} = -w \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}. \quad (28)$$

Agar zanjirda induktivlik g'altagi ulangan bo'lsa, bu zanjirdagi tok birdaniga o'zgarmaydi, u xuddi doimiy tok zanjiriga ulangan sig'im yoki qarshilik orqali ulangan sig'imning o'zgarishiga o'xshab o'zgaradi.

Agar $R_i \leq R_L$ bo'lsa, faqatgina R_L ni hisobga olish mumkin (10-rasm).



10-rasm.

$K1$ ni ulaganda zanjir toki

$$I = \frac{E}{R_i + R_L} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}) \text{ (amper)},$$

bu yerda, R_i – manbaning ichki qarshiligi, Om ;

R_L – g'altak qarshiligi, Om ;

E – manbaning elektr yurituvchi kuchi, V ;

t – vaqt, sek ;

L – induktivlik, Gn .

Bunda doimiy vaqt

$$\tau_L = \frac{L}{R_i + R_L} \text{ (sek)}.$$

Zanjir manbadan kalit $K1$ orqali uzilib, kalit $K2$ ulanganda zanjir toki

$$I = \frac{E}{R_L} (e^{-\frac{t}{\tau_L}}) \text{ (amper).}$$

Unda doimiy vaqt

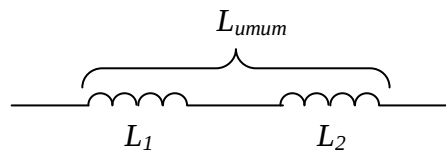
$$\tau_L = \frac{L}{R_L} \text{ (sek).}$$

Tokning maksimal qiymatining yarmiga erishish uchun ketgan vaqt oralig'i:

$$t_H = 0,7\tau \text{ (sek).}$$

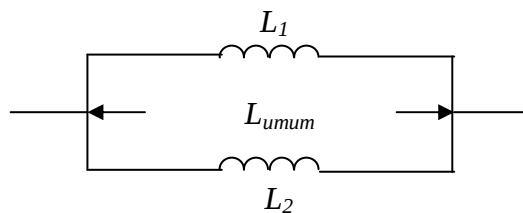
Ketma-ket ulangan va o'zaro induksiyasiz ulangan zanjirning induktivligi quyidagicha topiladi:

$$L_{umum} = L_1 + L_2 + \dots + L_n. \quad (29)$$



Parallel ulanganda quyidagi formula o'rinli bo'ladi:

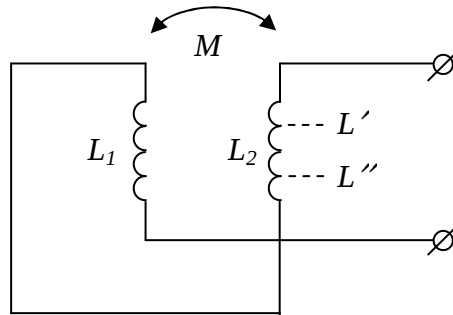
$$\frac{1}{L_{umum}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}. \quad (30)$$



Ikkita g'altak o'zaro parallel ulangan bo'lsa

$$L_{umum} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}. \quad (31)$$

Ikkita magnit induksiya orqali o'zaro ketma-ket bog'langan g'altak uchun



$$L = L_1 + L_2 \pm 2M . \quad (32)$$

Bu yerda, M – o‘zaro induktivlik, Gn .

Ikkita g‘altak o‘zaro parallel ulanganida magnit oqimining yo‘nalishi bir xil bo‘lsa musbat (+), teskari bo‘lsa manfiy (–) ishora qo‘yiladi.

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 \cdot L_2 \pm 2M} .$$

O‘zaro induktivlik quyidagicha topiladi:

$$M = K \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} , \quad (33)$$

bu yerda, K – bog‘lanish ko‘effitsiyenti va u doim birdan kichik $K < 1$.

Ketma-ket ulangan va magnit induksiya orqali bog‘langan zanjir uchun bog‘lanish ko‘effitsiyentini aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi:

$$L_{\min} = L'' = L_1 + L_2 - 2M ;$$

$$L_{\max} = L' = L_1 + L_2 + 2M ;$$

$$M = \frac{L' - L''}{4} ;$$

$$K = \frac{L' - L''}{4L_1 \cdot L_2} .$$

O‘tkazgichning yerga nisbatan induktivligi:

$$L = \left[2e \cdot \ln \left(\frac{2L}{r} \right) \right] \cdot 10^{-3} \text{ (mkGn)}, \quad (34)$$

bu yerda, L – o‘tkazgich uzunligi, sm ;
 h – yerdan o‘tkazgichgacha bo‘lgan masofa, sm ;
 r – o‘tkazgichning radiusi, sm .

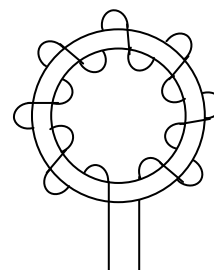
Koaksial kabel induktivligi

$$L = [2L \cdot \ln(\frac{D}{d})] \cdot 10^{-3} \text{ (mkGn)}, \quad (35)$$

bu yerda, D – simning tashqi diametri, sm ;
 d – simning ichki diametri, sm .

Toroidal g‘altak induktivligi

$$L = 4\pi \cdot \mu \cdot F \cdot \frac{w^2}{e} \cdot 10^{-3} \text{ (mkGn)}, \quad (36)$$



bu yerda, w – o‘ramlar soni

μ – materialning mutlaq magnit singdiruvchanligi.

F – magnit o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzi, sm^2 ;

L – magnit chizig‘ining o‘rtacha uzunligi.

32-misol. $R=100 \text{ Om}$ qarshilikni tayyorlash uchun diametri $q=1 \text{ mm}^2$ bo‘lgan konstantan simidan necha metr kerak?

3-jadvaldan konstantan simining solishtirma qarshiligini topamiz.

$$\rho=0,5 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \quad \text{yoki} \quad \chi=2 \frac{\text{m}}{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}$$

$$\text{unda } L = \frac{R \cdot q}{\rho} = \frac{100 \cdot 1}{0,5} = 200 \text{ m};$$

$$\text{yoki } L = R \cdot \chi \cdot q = 100 \cdot 2 \cdot 1 \approx 200 \text{ m}.$$

33-misol Elektromagnit g‘altagining xona temperaturasidagi qarshiligi $R_0=5000 \text{ Om}$. Bir soat ishlagandan keyingi qarshiligi $R=5780 \text{ Om}$ ga o‘zgardi va g‘altak temperaturasi 60°C ga ko‘tarildi. G‘altak simi qaysi materialdan tayyorlangan?

Temperatura koeffitsiyenti

$$D = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot \Delta t} = \frac{5780 - 5000}{5000 \cdot 40} = 0,0039 \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

Buni ham 3-jadvaldan aniqlasak mis simiga to‘g‘ri kelar ekan.

34-misol. Kuchlanishi 500 v bo'lgan doimiy tok zanjiriga 8 mkF ga ega bo'lgan kondensator ulangan. Kondensator zanjiriga ichki qarshiligi kondensatorning qarshiligidan katta bo'lgan voltmetr ulangan. Kondensator uzilgandan 50 sekund keyin zanjirdagi kuchlanish 250 v ga tushgan. Kondensatorni yo'qotish qarshiligi topilsin.

Kondensatordagi tushish vaqtining intervali (t_n) 50 sek ni tashkil qilsa

$$t_n = 0,7 \cdot \tau,$$

$$\tau = \frac{t_n}{0,7} = \frac{50}{0,7} = 71,5 \text{ sek},$$

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{71,5}{8} = 9 \text{ mOm}.$$

35-misol. Kondensatorni razryadlash uchun ba'zi hollarda, sim yoki otvyortka yordamida uning uchlarini korpusga o'tkazish yo'li bilan amalga oshiriladi. Lekin bunday qilish oqibatida tok kondensatorni ishdan ham chiqarishi mumkin. Agar otvyortka yoki simning qarshiligini 0,05 Om deb qabul qilsak, qisqa tutashuv ($t=0$) bo'lgan vaqt uchun tokning qiymati va shu qarshilikdan ajralayotgan quvvat topilsin.

Bundan oldingi misolga asosan:

$$I_{\text{raz}} = \frac{E}{R_{\text{pas}}} = \frac{500}{0,05} = 10000 \text{ v}.$$

$$P = I^2 \cdot R = 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^6 \text{ W} = 5 \text{ mW}.$$

36-misol. Ikkita bir-biri bilan induktiv bog'langan g'altak va kondensator priyomnikning kirish qurilmasini tashkil etadi. Induktivlik qiymatlari $L_1=100 \text{ mkGn}$, $L_2=6 \text{ mkGn}$, $L'=130 \text{ mkGn}$ va $L''=110 \text{ mkGn}$. Bog'lanish koeffitsiyenti hisoblansin.

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \frac{L' - L''}{4\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \frac{130 - 110}{4\sqrt{100 \cdot 6}} = 0,204.$$

37-misol. Diametri 1 mm bo'lgan sim yerga nisbatan 5 m balandlikda parallel tortilgan. Agar simning uzunligi 10 m bo'lsa, uning induktivligi topilsin?

$$L = \left[2l \cdot \ln\left(\frac{2h}{r}\right) \right] \cdot 10^{-3} = (2 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}}) \cdot 10^{-3} \approx 20 \text{ mkGn}$$

38-misol. O'zakli induktivlik g'altagi $L=200 \text{ mkGn}$ ga teng, o'ram koeffitsiyenti $A1 - 36,5 \cdot 10^{-3} \text{ mkGn}$ ga teng.

G'altakning o'rami qancha bo'lishi kerak?

$$W = \sqrt{\frac{L}{Al}} = \sqrt{\frac{200}{36,5 \cdot 10^{-3}}} \approx 74 \text{ o'ram.}$$

39-misol. Qurilmaning korpusidan 0,5 sm uzoqlikda joylashgan, diametri 0,5 mm, uzunligi 10 sm bo'lgan montaj simining sig'imi topilsin?

$$C = \frac{0,24 \cdot Er \cdot l}{\lg \frac{4 \cdot h}{D}} = \frac{0,24 \cdot 1 \cdot 10}{\lg \frac{4 \cdot 0,5}{5 \cdot 10^{-2}}} = 1,5 \text{ pF.}$$

6. ELEKTROMAGNIT MAYDON ENERGIYASI

Har qanday kondensator zaryadlanish paytida elektr manbasini o'ziga oladi va uni dielektrik material maydonida to'playdi. Ikki plastinkali kondensator zaryadlanayotgan kondensatorning energiyasini qiymatini topamiz. Zaryadlanish davomida kondensatorning zaryadi q manbadan olayotgan energiya hissobiga oshadi. Shuning uchun kondensator plastinkasidagi kuchlanish U_C ham oshadi. Bizga ma'lumki kondensatorning zaryadi q bilan plastinkalar kuchlanishi U_C o'rtasida to'g'ri proporsionallik bor:

$$q = C \cdot U_C.$$

Bu bog'liqlik 11-rasmda OB to'g'ri chiziq bilan ko'rsatilgan.

Agar kondensator zaryadi tugasa, u elektr manbasidan Q energiyani oladi va shu bilan uning ulangan joyda kuchlanishi U ga teng bo'ladi. Elektr manbasini energiyasini bajargan ishi OQB uchburchak yuziga teng.

Q – kondensatorning to'la zaryadi;

U – kondensatorning zaryadi tugagan paytdagi kuchlanishi.

To'g'ri burchakli uchburchakning yuzi uning katetlari ko'paytmasining yarmiga teng, ya'ni

$$A = \frac{U \cdot Q}{2}, \quad (37)$$

bu yerda, Q – elektr zaryadi, k;

U – kuchlanish, v;

A – ish, j.

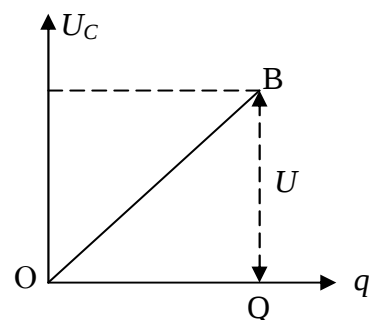
(37)-formuladan:

$$\begin{aligned} Q &= C \cdot U, \\ W &= \frac{C \cdot U^2}{2}, \end{aligned} \quad (38)$$

bu yerda, C – sig'im, F;

U – kuchlanish, v;

W – energiya, j.



11-rasm.

40-misol. Kondensatorning uchlaridagi kuchlanish $U=500$ v va zaryadi $q=0,0001$ k. Bu kondensatorning maydon energiyasi topilsin.

Yechish. (37) ga asoslanib

$$W = \frac{U \cdot Q}{2} = \frac{500 \cdot 0,0001}{2} = 0,025 \text{ j.}$$

41-misol. Kondensator plastinkalarining yuzi $S=0,004 \text{ m}^2$, plastinkalar orasidagi masofa $d=0,001 \text{ m}$, dielektrikning o'tkazuvchanligi $\epsilon_r=5$ va plastinkalarga berilayotgan kuchlanish $U=120$ v. Ikki plastinkali kondensatorning elektrostatik maydonida yig'ilgan energiyasi topilsin.

Yechish. Bu hol uchun kondensatorning elektrostatik maydonidagi holati bir xil deb qaralib, elektrostatik maydon quyidagiga teng bo'ladi:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{120 \text{ v}}{0,0001 \text{ m}} = 120\,000 \text{ v/m.}$$

Maydondagi energiya hajmining zichligi:

$$W_0 = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot E^2}{2} = \frac{5 \cdot 120000^2}{2 \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 0,318 \text{ j/m.}$$

Elektrostatik maydonning egalaydigan hajmi:

$$V = S \cdot d = 0,004 \cdot 0,001 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

Elektrostatik maydonning shu hajmda yig'ilgan energiyasi:

$$W = W_0 \cdot V = 0,313 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 1,272 \cdot 10^{-6} \text{ j.}$$

6.1. Dielektrik materiallarning elektr mustahkamligi

Kondensatorning uchlariga berilayotgan kuchlanish oshgan sari kondensator plastinalari orasiga qo'yilgan dielektrik materialda elektrostatik maydon ham oshib boradi. Ma'lumki, kuchlanish oshgan sari, ihtotalangan har qanday material o'zining dielektrik xususiyatini yo'qotadi va natijada bu dielektrik teshiladi va ishga yaroqsiz ahvolga keladi. Elektr teshilish gazlarda va qattiq jismlarda har xil bo'ladi. Gazlarda, normal holatlarda bir necha erkin elektronlar, musbat va manfiy ionlar mavjud. Shuning uchun kichik elektr maydonda o'tkazuvchanlik juda kichik bo'ladi va u hisobga ham olinmaydi. Lekin gaz dielektrigining elektr holati elektrostatik maydon kuchlanishida sezilarli o'zgaradi. Erkin elektr zaryadlarining harakati tezlashadi va kinetik energiyani zaryadi ham oshadi. Elektrostatik maydon kuchlanishi ma'lum bir qiymatga etganda, erkin zaryadlarning kinetik energiyasi shunday ko'payadiki, ular molekulalar bilan to'qnashganda urilish ionizatsiyasi sodir bo'ladi. Bu jarayon gazlarda ko'proq uchraydi hamda ba'zan ro'y berib, ba'zan ro'y bermasligi kuzatiladi.

Erkin zaryadlarning gazlardagi o'zgarishi uning holatini keskin o'zgartiradi va buning oqibatida gazlarda elektr tokining oshishi yuz beradi va dielektrikda

elektr chaqnashi paydo bo'ladi. Bunga misol sifatida havodagi to'yingan razryadlardan kelib chiqadigan chaqmoqni keltirish mumkin.

6.2. Qattiq jismlarning elektr teshilish jarayoni

Qattiq jismlardagi bu jarayon gazlardagidan boshqacharoq bo'ladi. Qattiq jismlarda erkin elektronlarning atomlar va molekulalar orasidagi harakati juda kam bo'ladi. Shuning uchun, ular tez harakat qilolmaydi va urilish ionizasiyasi yuz bermaydi. Qattiq jismlarning elektr teshilishi asosan bu dielektriklarni ko'p vaqt ichida elektr maydon ostida bo'lishidir. Agar dielektrik qalin materiallardan tayyorlangan bo'lsa energiyaning bu materialdagi yo'qolgan qismi shu materialning temperaturasini o'zgarishiga olib keladi. Temperaturaning oshishi bilan materialning qarshiligi kamayadi. Bu hodisa teskari temperatura koeffitsiyentiga asosan yuz beradi. Bunda dielektirikning tok o'tkazuvchanligi oshib, uning yana ham qattiq qizishiga olib keladi. Natijada dielektrikning mustahkamligi buzilib, uni teshilishi yuz beradi. Qattiq jismlar tarkibining buzilishiga issiqlikdan teshilish deyiladi.

6-jadval.

Materiallarning elektr mustahkamligi

№	Dielektriklar nomi	Elektr mustahkamligi, kv/sm
1	Quruq kabel qog'ozi	60-90
2	Yog' shimdirilgan qog'oz	100-250
3	Havo	30
4	Transformator yog'i	50-180
5	Mikonit	150-300
6	Marmar	35-55
7	Parafin	150-300
8	Quriq elektrokarton	80-100
9	Yog' shimdirilgan elektrokarton	120-170
10	Muskovit slyudasi	1200-2000
11	Flogolit slyudasi	600-1250
12	Shisha	100-400
13	Fibra	40-110
14	Farfor	180-250
15	Shifer	15-30
16	Ebonit	80-100

Kondensator dielektrigining qalinligi qanchalik kichik bo'lsa, issiqlikdan teshilish kondensatorning issiqligini almashtirishiga bog'liq bo'ladi. Lekin yupqa qatlamli qattiq dielektriklarda ionizasiyadan teshilish ehtimoli ham mavjud. 6-jadvalda elektrotexnikada ishlatiladigan dielektriklarning ayrim turlari berilgan.

7. ELEKTRON LAMPALAR

Elektron lampalar bundan bir necha yil avval texnikada keng qo'llanilgan bo'lib, ular xalq xo'jaligida, asosan radiotexnika, avtomatika va telemexanika qurilmalarida ko'proq qo'llanilgan. Hozirgi kunda yarim o'tkazgichli texnikalar, mikrosxemalar rivojlanishi bilan bir qatorda, elektron lampalardan ham keng foydalanilmoqda. Shuning uchun elektron lampalar to'g'risida ozgina tushuncha berib o'tmoqchimiz.

Elektron lampaning tuzilishi. Radiolampalar asosan metall, shisha yoki keramika ballonidan tashkil topib, uning ichidagi metallga elektrodlar o'rnatilgan. Ballon ichidagi havo lampaning pastki yoki ustki qismidan vakuum apparati yordamida so'rib olingan. Hamma radiolampalarda KATOD elektrodi bo'lib, bu elektrodga manfiy zaryad, ANODiga esa musbat zaryad beriladi.

Katod asosan volfram yoki metall silindrdan tashkil topadi va cho'g'lanish tolasi tomonidan isitiladi.

Anod metall plastinka yoki qutisimon silindrdan iborat bo'ladi.

Bu volfram tola katod vazifasini bajaruvchi va cho'g'lanish tolasining rolini bajaruvchi ham bo'lishi mumkin. Ko'p hollarda radiolampalarning katodi va anodi o'rtasida setkalari bo'ladi. Lampaning qo'llanilish joyiga qarab, uning setkalari bittadan beshtagacha bo'lishi mumkin.

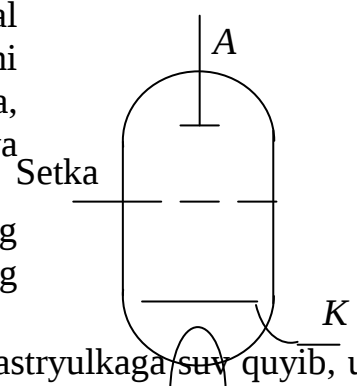
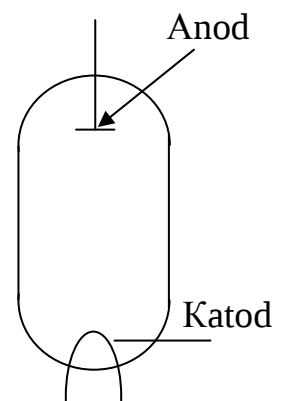
Anod, katod va setkalarni qo'shgan holda ularni uch elektrodli, to'rt va besh elektrodli deb yuritiladi. Misol uchun triod (bitta setkali), tetrod (ikkita setkali), pentod (uchta setkali) bo'ladi.

Uch elektrodli lampaning ichki tuzilishi quyidagicha bo'ladi:

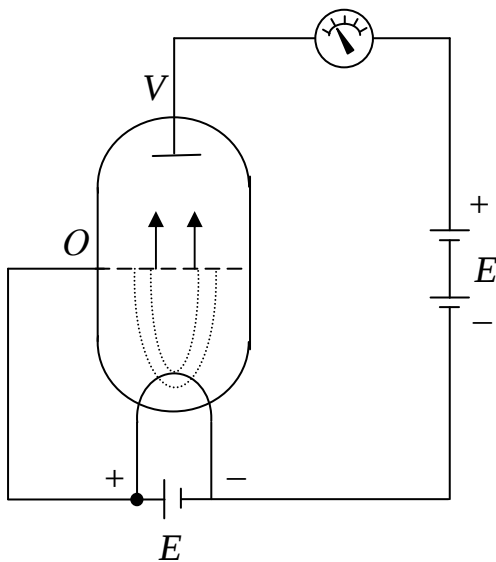
Triod, tetrod va pentod lampalari universal hisoblanadi. Ularni o'zgaruvchan va o'zgarmas toklarni va kuchlanishlarni kuchaytirishda, detektor vazifasida, elektr tebranishlar hosil qiluvchi generatorlarda va hokazalarda ishlatish mumkin.

Radiolampalarni ishlashi asosan elektronlarning yo'naltirilgan harakatiga asoslangan. Elektronlarning asosini 800-2000°C da qizdirilgan katod tashkil qiladi.

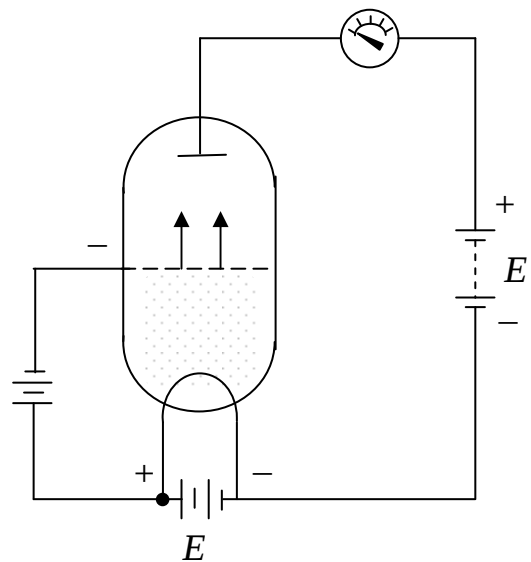
Buning asosiy mohiyati shundaki, agar biz biron kastryulkaga suv quyib, uni o'tga qo'ysak, suv qizishi bilan suv zarrachalarining sekin astalik bilan harakatini kuzatamiz, suvning temperaturasi oshgan sari bu zarrachalarning tezligi ham oshib borishini kuzatamiz. Suv qaynashi bilan bu harakatning tezlashganini va suv yuzidan uzilib, parga aylanayotganini ham ko'ramiz. Xuddi shunday hol elektron lampa uchun ham o'rinlidir. Yuqori temperatura ta'sirida katoddan ajralgan elektronlar juda kuchli tezlik bilan harakatlanadi. Bulardan ba'zilar katodni tashlab, katod atrofida elektron bulut hosil qiladi. Elektronlarni bunday



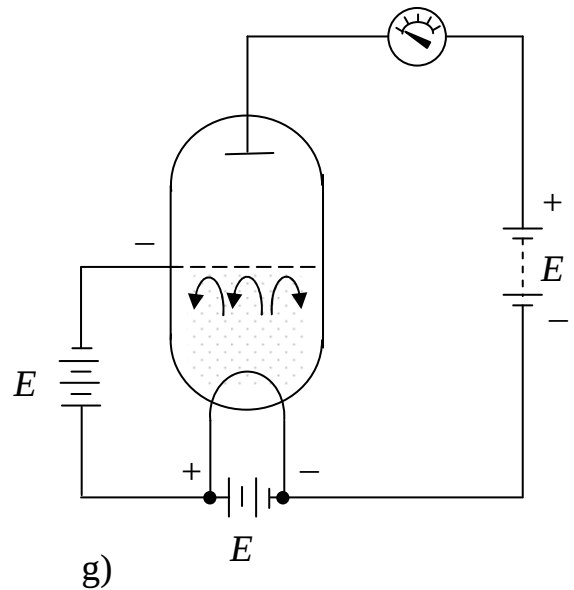
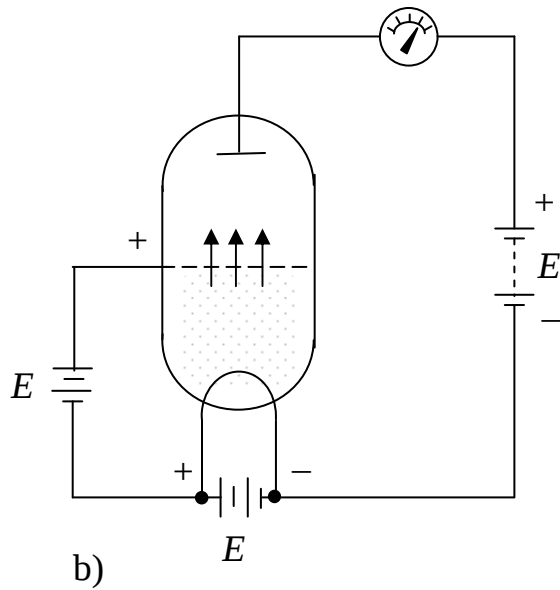
ko‘rinishiga termoelektron emissiya hodisasi deyiladi. Katodning temperaturasi qancha katta bo‘lsa undan ajralayotgan elektronlarning soni ko‘payib elektronlar buluti quyushadi. Ba’zi paytlarda lampa «emissiyasi»ni yo‘qotsa, katoddan ajraladigan elektronlar soni kamayadi. Emissiyasini yo‘qotgan lampa ishlamaydi. Elektronlarning harakati nafaqat temperaturaga, balki lampa ichidagi vakuumga ham bog‘liq. Agar ballon ichida havo qoldig‘i bo‘lsa elektronlar aralashib, ularning tezligi pasayadi. Shuning uchun lampa ichidagi havo vakuum priborlari bilan tortib olinadi. Bu ballon ichidagi havoning tortib olinishiga yana bir sabab, yuqori temperaturada katod kislorodli havoni o‘ziga tortadi va buning oqibatida katod ustini har xil oksidlar qoplab lampa tez ishdan chiqadi. Shuning uchun katod elementini ustki qismi bariy oksidi, stronsiy va kalsiy bilan qoplanadi. Shunday qilinganda elektronlar past temperaturada ham ajraladi.



a)



v)



Uch elektrodli lampaning ishlashi

Katod zanjirida turgan R_k qarshilik quyidagi formula bilan hisoblanadi

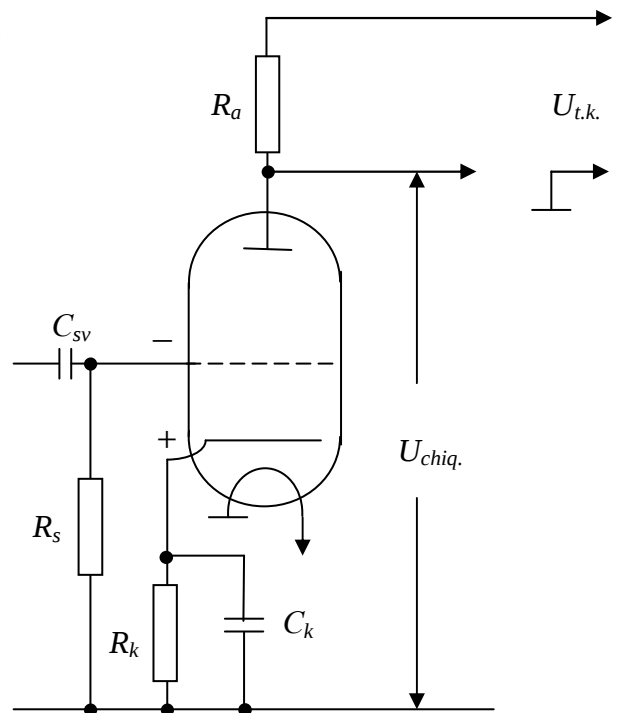
$$R_k = U_c / I_k, \quad (39)$$

bu yerda I_k – katod toki.

Misol uchun uch elektrodli 6S5C lampaning boshqarish setkasiga siljish kuchlanishi $U_c = 8$ v berilsin. Anod toki 8 ma ga teng. Bu holda siljish qarshiligi $R_k = 8 / 0,008 = 1$ kOm.

Endi shu qarshilikning quvvatini topaylak:

$$P = U \cdot I = 8 \text{ v} \cdot 0,008 \text{ a} \approx 0,06 \text{ w}.$$



Uch elektrodli lampa yordamida yig‘ilgan kuchaytirgich sxemasi.

Bundan ko‘rinib turibdiki R_k qarshiligi quvvati 0,1 W dan kichik bo‘lmasligi kerak (MLT-0,125). Aks holda qarshilining kuyish (ishdan chiqish) ehtimoli ko‘p.

Bu uch elektrodli lampani bipolyar tranzistor bilan solishtirish mumkin.

Lampaning katodi tranzistorning emmitterini eslatsa, anod – kollektorini va boshqarish setkasi – tranzistorning bazasini eslatadi. Lampa bilan tranzistorning

elektrodlaridagi o'xshashliklar ularning bir xil ish bajarishlaridan to'la darak bermaydi. Qattiq jisimli bipolyar tranzistorlar manfiy va musbat tok tashuvchilar evaziga ishlasa, vakumli elektron lampalar esa manfiy elektronlar hisobiga shilaydi.

Agar maydon tranzistorini ko'radigan bo'lsak uning kanalidagi tok musbat zaryadning hisobiga (**p** tipli kanal) yoki faqat manfiy zaryad (**n** tipli kanal) hisobiga ishlaydi. Shuning uchun bu tipdagi tranzistorni ishlashi elektron lampaga yaqin hisoblanadi va lampaning katodini maydon tranzistorining ictokiga anodini – stokiga va setkasini – zatvorga o'xshatish mumkin.

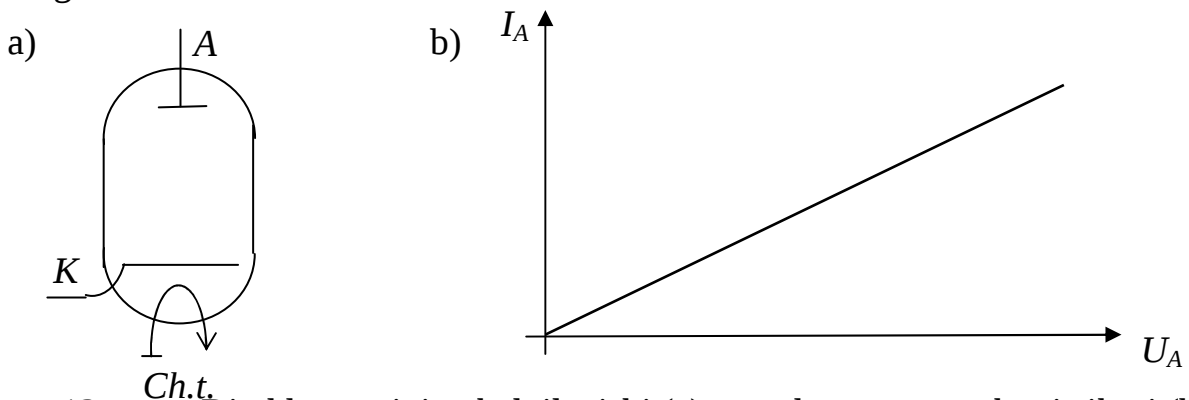
7.1. Diod lampasi hamda uch elektrodli elektron lampalari

Diod va uch elektrodli lampalar oddiy elektrovakuum qurilmalarga misol bo'la oladi. Bularning tuzilishi, ishlashi va volt-ampere xarakteristikalarini fizika va elektronika kursida etarlicha o'rganilgan. Shuning uchun bu elektron lampalarning asosiy parametrlariga to'xtalamiz. Diod lampasining asosiy parametrlari:

- ruxsat etilgan anod qaytish kuchlanishi $U_{qay. max}$ – anod bilan katod orasidagi eng katta qaytish kuchlanishi, lampaning yaxshi ishlaydigan oralig'i ($U_{qay. max}$ – zamonaviy diodlarda bir necha kilovolti tashkil etadi);

- ruxsat etilgan to'g'ri anod toki I_{amax} – bir qancha vaqt davomida ish faoliyatini saqlaydi va I_{amax} – bir necha o'nlab mikroampelni tashkil qiladi. Bu kichik quvvatli yuqori kuchlanishli kenotronlar uchun, kuchli quvvatli bir necha yuzlab milliamperega teng. Ruxsat etilgan quvvat P_{amax} bir necha o'nlab vattga teng.

12-rasmda diod lampasining belgilanishi va volt-ampere xarakteristikasi berilgan.



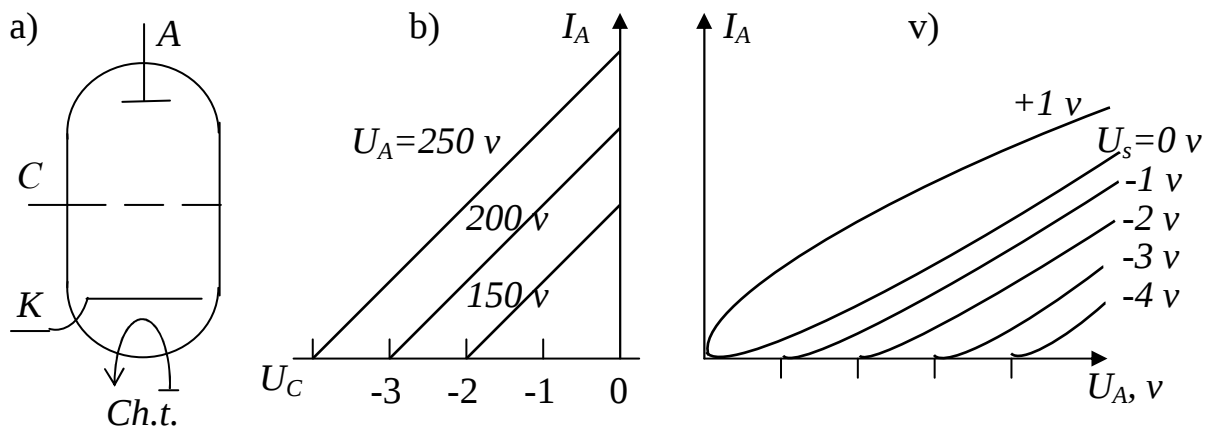
12-rasm. Diod lampasining belgilanishi (a) va volt-ampere xarakteristikasi (b).

Uch elektrodli elektron lampaning asosiy parametrlari:

- ichki qarshiligi;
- anod-setka xarakteristikasi;
- kuchaytirishning statik koeffitsiyenti;
- ruxsat etilgan quvvat;
- setka-anod orasidagi sig'imi;

- anod-katod orasidagi sig'imi.

Uch elektrodli lampaning elektr sxemalaridagi grafik belgilanishi va anod-setka xarakteristikalari 13-rasm, a), b), v) da ko'rsatilgan.



13-rasm.

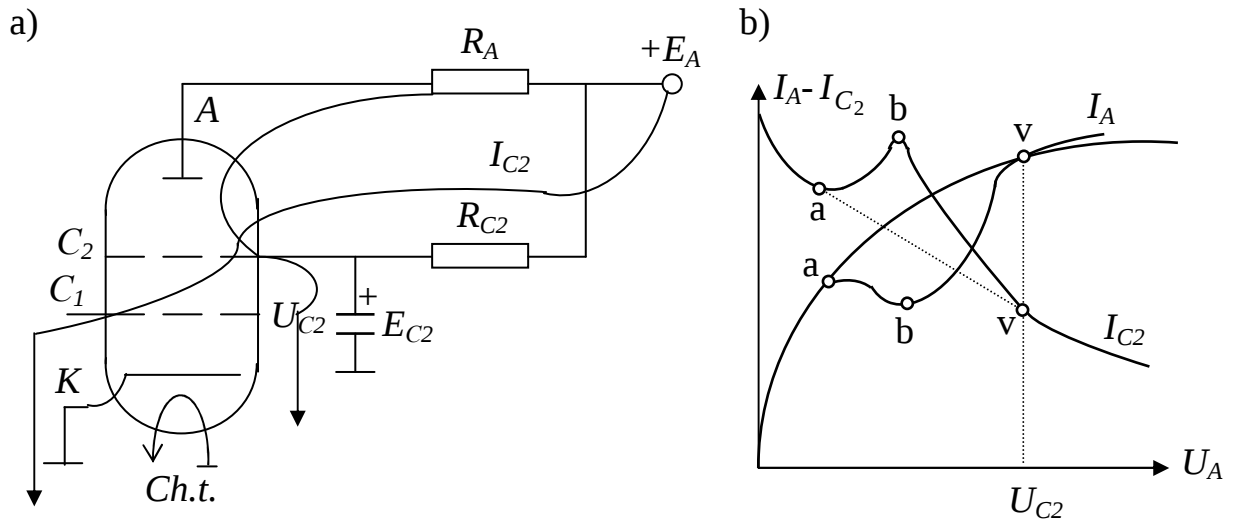
Uch elektrodli elektron lampaning asosiy vazifasi kuchaytirish va tebranuvchan elektr signallarini hosil qilishdan iborat. Uning ish chastotasining chegarasi 0 Hz dan to 3300 MHz (to'liq uzunligi $\lambda=9\text{ sm}$) gacha. Setkaga berilayotgan o'zgaruvchan kirish signali U_c , anod tokini boshqarish uchun ishlatiladi.

7.2. Ko'p elektrodli lampalar

Uch elektrodli lampa ayrim nuqsonlarga ega. Masalan, boshqarish setkasi bilan anod ma'lum miqdorda kondensator plastinkalarini tashkil qiladi va bu sig'im $5\text{-}10\text{ pF}$ orasida bo'ladi. Bu ovoz chastotasining tebranishiga katta qarshilik ko'rsatmaydi.

Lekin yuqori chastotali tebranishlarda bu sig'imning yomon taraflari ham mavjud. Misol uchun yuqori chastota energiyasi anod zanjiridan setka zanjiriga o'tishi mumkin. Buning oqibatida parazit qayta aloqa paydo bo'lishi va kuchaytirgich yaxshi ishlamasligi mumkin.

Kuchaytirish koeffitsiyentini oshirish va kirish sig'imini kamaytirish uchun birinchi setka bilan anod o'rtasiga ikkinchi setka kiritiladi va bu lampani tetrod lampasi deb yuritiladi. Kiritilgan ekran setkasi yordamida boshqarish setkasi bilan anod orasidagi sig'im kamaytiriladi. Ekran setkasiga ham doimiy musbat kuchlanish beriladi va bu kuchlanishning qiymati anod kuchlanishidan kamroq bo'ladi hamda u $0,5\text{-}0,8\text{ V}$ ni tashkil qiladi. Bu setkani himoya setkasi deyiladi. Himoya setkasi lampaning ichida katod bilan ulangan. Unga anodga nisbatan manfiy potensial beriladi va harakati susaygan elektronlarni anod tomon tezlatadi.



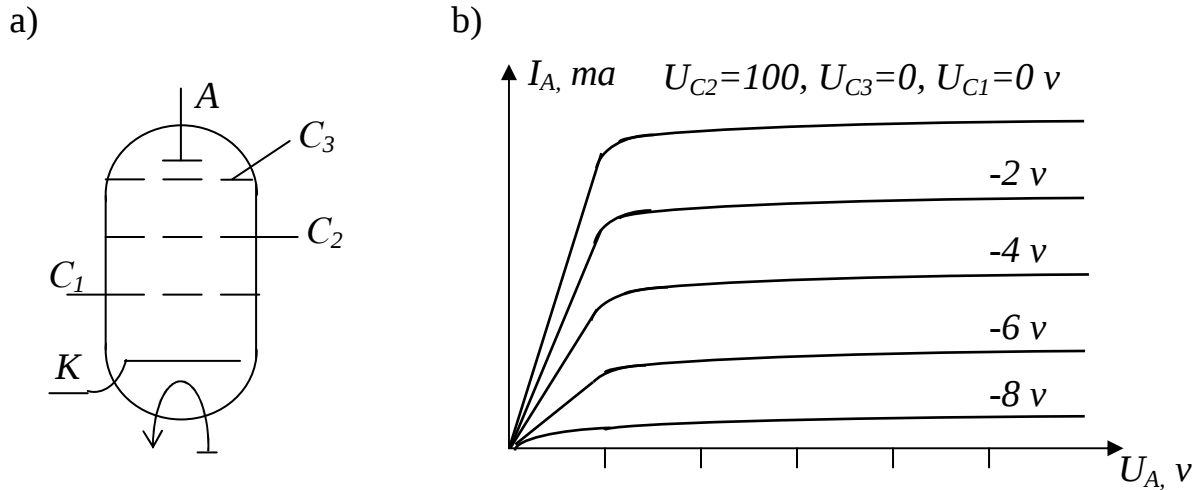
14-rasm. To'rt elektrodli (tetrod) lampasining ulanishi (a) va dinatron effektini ko'rsatuvchi xarakteristikasi (b).

Shunday qilib kondensator E_{C2} ni qarshiligi kam bo'lganligi uchun I_{0C} tokning ko'p qismi ichki qayta bog'lanish zanjiri orqali birinchi setkani aylanib, katod zanjiriga o'tadi. Bunda anod tokini boshqarish amalga oshmaydi. Bu esa ekvivalent sig'im C_1 ni kamayishiga olib keladi.

To'rt elektrodli (tetrod) lampaning asosiy kamchiliklaridan biri, uning volt-ampere xarakteristikasining tushishidir (dynamon effekt). U ikkinchi setka kuchlanishi anod kuchlanishidan ko'paygan vaqtda ($U_{C2} > U_A$) yuz beradi (14-rasm, b). Bunday rejimda anod plastinkasidan anod toki hisobiga chiqayotgan ikkilamchi elektronlar ikkinchi setka tarafga qarab tezlashib, uning I_{S2} tokini oshiradi. Tetrod lampasining anod xarakteristikasi 14b-rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda dinatron effekti grafikdagi *a* va *b* nuqtalar oralig'ida pasayadi, bunga sabab tetrod ichki qarshiligining ushbu oraliqda manfiy bo'lishidir. Shunday qilib, tetrod lampasi xarakteristikasini buzilish vaqtidan boshlab generator rejimiga o'tadi.

Bu lampa kuchaytirishda va elektr tebranish generatorlarida 25 MHz chastota oralig'idagi quvvati 10 kw gacha bo'lgan qurilmalarda ishlatiladi. Bu lampadagi dinatron kamchiligini yo'qotish uchun ikkinchi setka bilan anod orasiga yana bitta ekran setka kiritiladi. Bu lampani besh elektrodli (pentod) lampasi deyiladi. Pentod o'zining kuchaytirish xarakteristikasi bo'yicha triod va tetrod lampalaridan yaxshi hisoblanadi.

Uchinchi setka potentsiali katod potentsialiga teng, shuning uchun u bilan anod orasidagi kuchlanish, elektr maydonini mavjud qilib, ikkilamchi elektronlarning anodga qaytishiga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun dinatron kamchiligi bo'lmaydi. Pentod lampalari asosan kuchaytirish kaskadlarida va elektr tebranishini hosil qiluvchi qurilmalarda, xususan, 120 MHz chastota oralig'ida ishlaydigan qurilmalarda keng ishlatiladi:



15-rasm. Besh elektrodli (pentod) lampasining ko‘rinishi (a) va anod xarakteristikasi (b).

Bulardan tashqari nurli tetrod – bir ballon ichida ikkita triod lampasi yig‘ilgan. Bir ballon ichida uch elektrodli va besh elektrodli (pentod) lampalari ham bo‘lishi mumkin. Bulardan tashqari ko‘p elektrodli geksod lampalari ham mavjud.

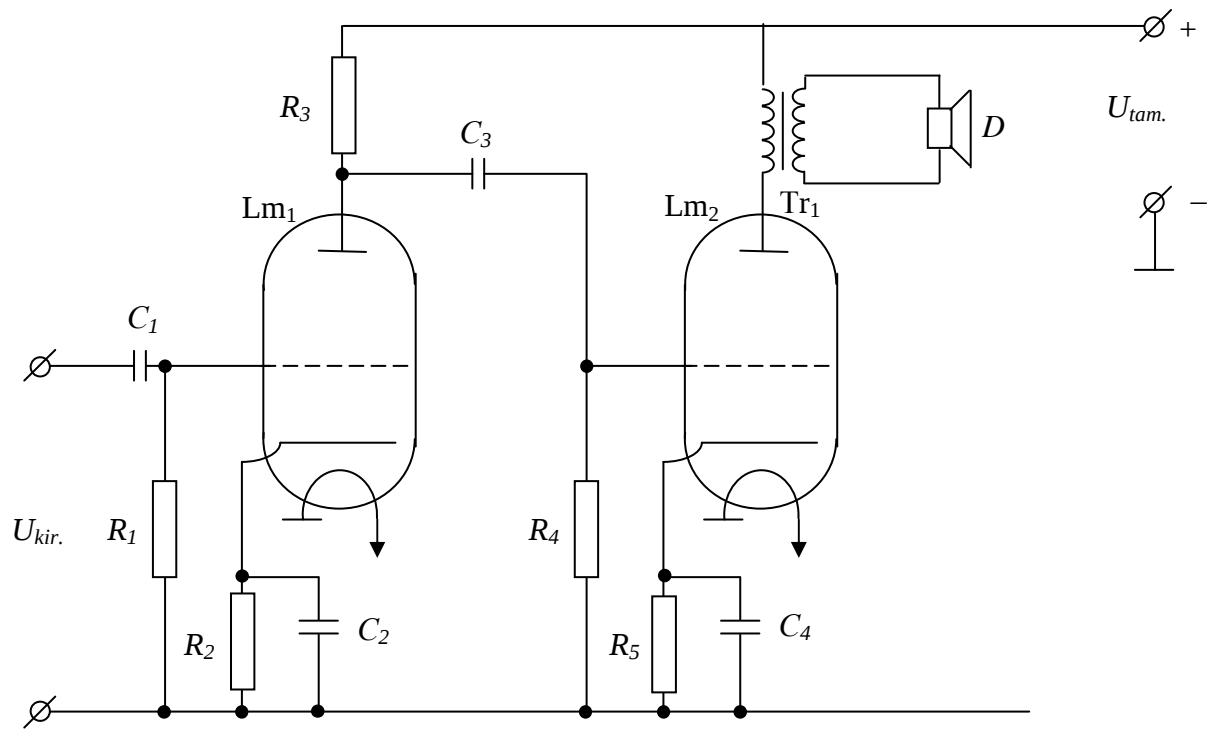
Lampalar har xil ko‘rinishda va ularning yozuvi ham har xil bo‘lishi mumkin. Misol uchun 6K1P, 6N8C, 6J8, 6N1P, 6D21P, 6J3P, 6I1P, 6P14P va hokazo.

Birinchi raqam lampaning cho‘g‘lanish tolasini bildiradi (6,3 V), ikkinchi yozuv (harf) lampaning nimaga mo‘ljallanganini bildiradi. Misol uchun, D harfi diodligini bildiradi.

Uchinchi raqam shu lampaning tartib nomerini bildiradi. Oxirgi to‘rtinchi harf esa lampa ballonining nimadan tayyorlanganini bildiradi. Agar lampa balloni kattaroq bo‘lsa C bilan (masalan, 6P3C), kichik bo‘lsa P bilan (masalan, 6P14P), juda kichik bo‘lsa B yoki A bilan belgilanadi.

Ko‘rib o‘tilganlardan tashqari elektron lampalar generator va modulyator lamalariga va impuls rejimida ishlaydigan hamda yuqori chastotalarda ishlaydigan lampalarga ham bo‘linadi. Bulardan tashqari, ular gaz razryadli, tiratron hamda elektron trubkalarga ham bo‘linadi.

Misol uchun, ikki kaskaddan iborat uch elektrodli lampada yig‘ilgan kuchaytirgich sxemasi quyidagicha bo‘ladi (16-rasm):



16-rasm.

8. DIOD VA STABILITRONLAR

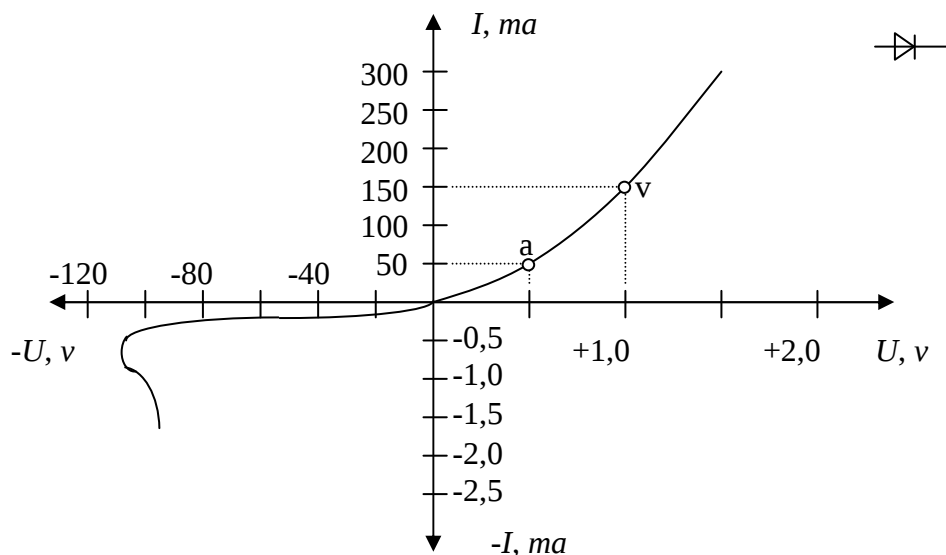
8.1. Yarim o'tkazgichli diodlar

Eng ko'p ishlatiladigan yarim o'tkazgichlarga kremniy va germaniy elementlaridan tashkil topgan diodlar kiradi. Bu diodlar o'zlarining konstruktiv tuzilishlariga qarab har xil ko'rinishlarga ega. Bulardan tashqari ularning materiallari va toklari hamda kuchlanishlari ham har xil bo'lishi mumkin. Konstruktiv tuzilishlariga qarab ularni yassi hamda nuqtali diodlarga bo'lish mumkin.

Nuqtali diodlar asosan elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichli yupqa plastinkalardan iborat bo'lib, bir uchi metall asosga payvadlangan, ikkinchi uchi esa indiy yoki alyuminiy bilan qoplangan bo'lib volfram sim bilan bog'langan. Shu bois **r** va **n** yarim o'tkazgichlar orasida elektron teshikli o'tish paydo bo'ladi. Namlik hamda chang zarrachalaridagi kirlar **p-n** o'tishini sekinlashtirishi mumkin. Shuning uchun diodlar shisha yoki metall ballon ichiga joylashtiriladi. Nuqtali diodning **p-n** o'tishining sig'imi kichik bo'lganligi uchun ularni yuqori chastotali avtomatika va radiotexnika qurilmalarida keng ishlatiladi.

Yassi diodlar asosan tok to'g'rilagichlarida keng ishlatiladi.

Yarim o'tkazgichning toki asosan uning qutblariga berilayotgan musbat va manfiy kuchlanish orqali ifodalab yarim o'tkazgichli diodning volt-amper xarakteristikasini quramiz. Bu xarakteristika 17-rasmda ko'rsatilgan.



17-rasm. Yarim o'tkazgichli diodning volt-amper xarakteristikasi.

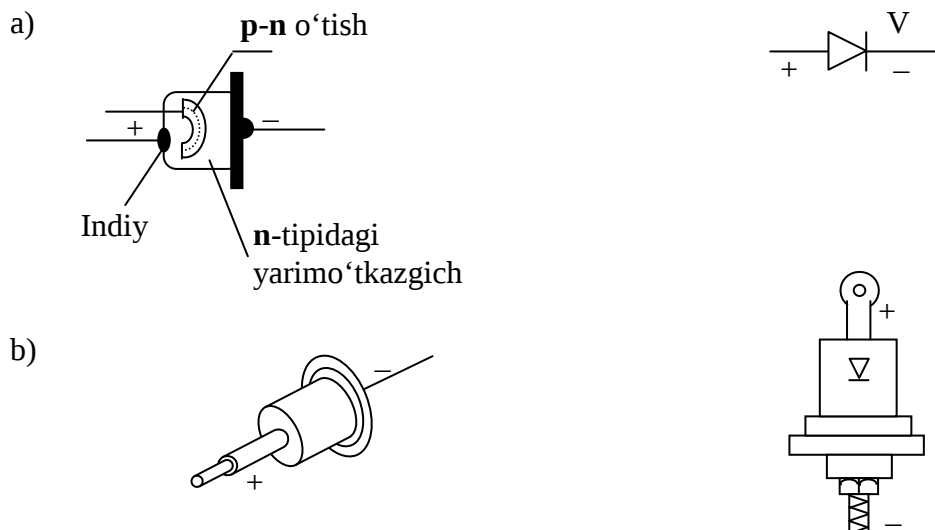
Bu yerda vertikal o'qning yuqori va pastki qismida musbat va manfiy ishorali tokning qiymatlari joylashgan. Gorizantal o'qning o'ng va chap taraflarida esa musbat va manfiy kuchlanish qiymatlari joylashgan.

Misol uchun kuchlanish $U=0,5$ v bo'lsa, undan o'tayotgan musbat tok $I=50$ ma ni tashkil etadi (xarakteristikadagi a nuqta). Agar kuchlanish $U=1$ v bo'lsa, tokning qiymati $I=150$ ma ga oshadi (xarakteristikadagi v nuqta).

Kuchlanish manfiy bo'lganida $U=-100$ v bo'lsa, manfiy tokning qiymati $I=-0,5$ ma (500 mka)dan oshmaydi.

Germaniy yarim o'tkazgichlarining volt-amper xarakteristikalari ham shunga yaqin bo'ladi. Kremniyar yarim o'tkazgichining bunday xarakteristikasi ozgina o'ng tarafga surilgan bo'ladi. Buni quyidagicha izohlash mumkin: germaniy elementidan tayyorlangan yarim o'tkazgich 0,1-0,2 v kuchlanish berilishi bilan ochiladi va o'zidan tok o'tkaza boshlaydi; kremniyar elementidan tayyorlangan yarim o'tkazgich esa 0,5-0,6 v kuchlanishda ochiladi va o'zidan tok o'tkaza boshlaydi.

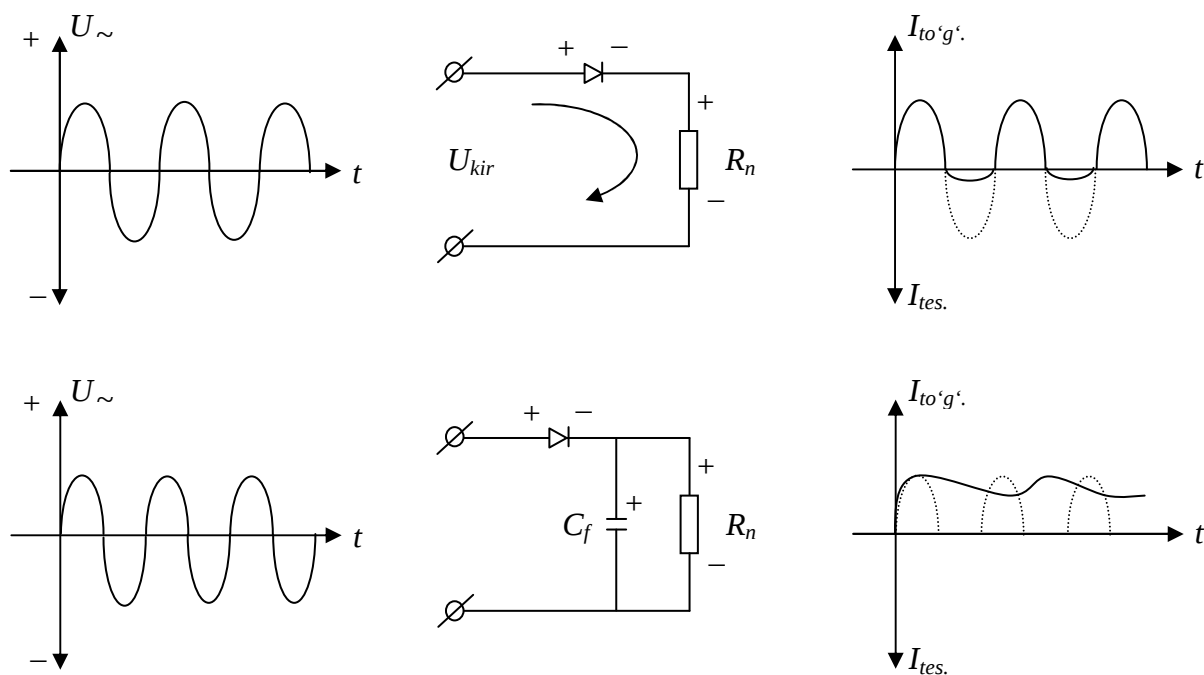
Yarim o'tkazgichli diodlarning sxematik ko'rinishi quyidagicha bo'ladi (18-rasm):



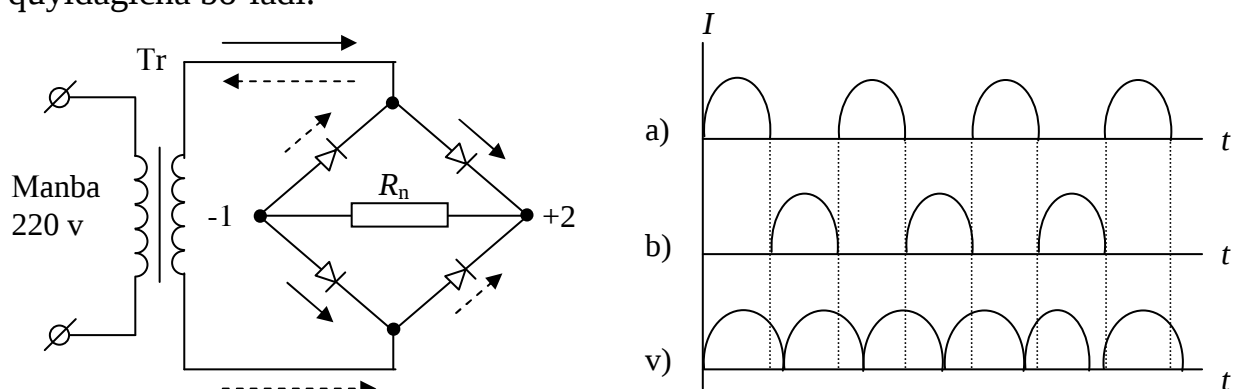
18-rasm. Yarim o'tkazgichli diodning sxematik ko'rinishi (a) va uning tashqi ko'rinishlari (b).

8.2. Yarim o'tkazgichli diodlar asosida har xil tok to'g'rilagichlarini qurish va o'zgaruvchan toklarni o'zgarmas toklarga aylantirish

Misol uchun, bir fazali bir yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



Bir fazali ikki yarim davrli transformatorli tok to'g'rilagichining sxemasi esa quyidagicha bo'ladi:



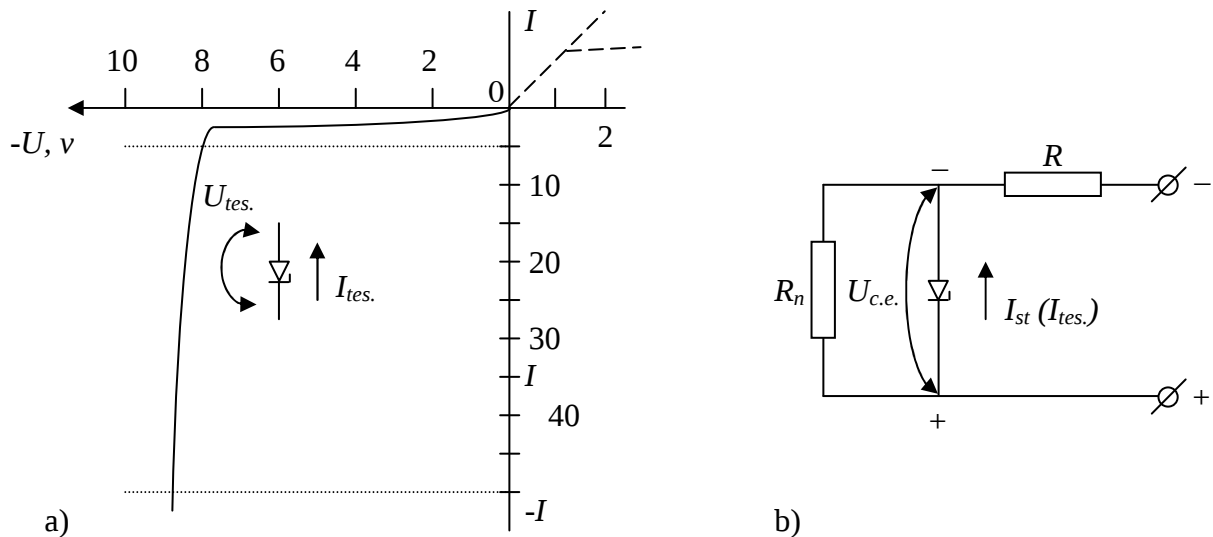
Bu sxemalardan ko'rinib turibdiki bir fazali bir yarim davrli sxemalar ancha xavfli hisoblanadi va ulardan kamroq foydalaniladi. Bu to'g'rilagichlarni to'g'rilash ko'effitsiyentlari ancha katta bo'lib, u ish jarayonida katta fon miqdorini tashkil qiladi.

Bir fazali ikki yarim davrli tok to'g'rilagichlari bu kamchilikdan xoli bo'lib ular texnikada keng qo'llaniladi.

8.3. Stabiltron va uning ishlashi

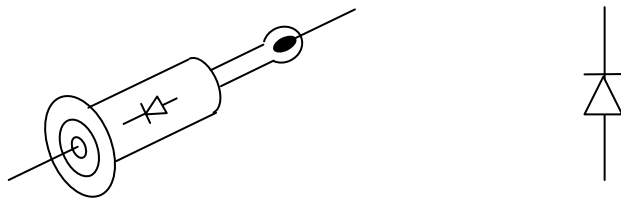
Stabiltron – bu ham kremniy diodi bo'lib, faqat u zanjirdagi kuchlanishni bir xil miqdorda ushlab turish uchun mo'ljallangan.

Stabiltron diodga o'xshash emas, balki uning teskarisidir. Uning volt-amper xarakteristikasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.



19-rasm. Stabilitronning volt-amper xarakteristikasi (a) va parametrik kuchlanish stabilizatori (b).

Bu yerda manfiy kuchlanishning ($-U$) juda kichik o'zgarishi stabilitron zanjiridagi manfiy tokni ($-I$) sekin o'zgarishiga olib keladi. Xarakteristikadan ko'rinib turibdiki, u gorizontall o'qqa nisbatan deyarli parallel o'zgarmoqda. Lekin kuchlanishning ma'lum bir qismida, misol uchun $-U=8$ v bo'lganda stabilitronning **p-n** o'tishi ochilib, undan ma'lum bir $-I$ tok qiymati oqa boshlaydi. Endi volt-amper xarakteristikasi keskin burilib vertikal $-I$ o'qiga parallel o'zgaradi. Bu uchastka stabilitronning ish uchastkasi hisoblanadi. Stabilitronning ochilishi, agar unga berilgan tokning qiymati chegaradan oshib ketmasa, uning ishdan chiqishiga sabab bo'lmaydi.

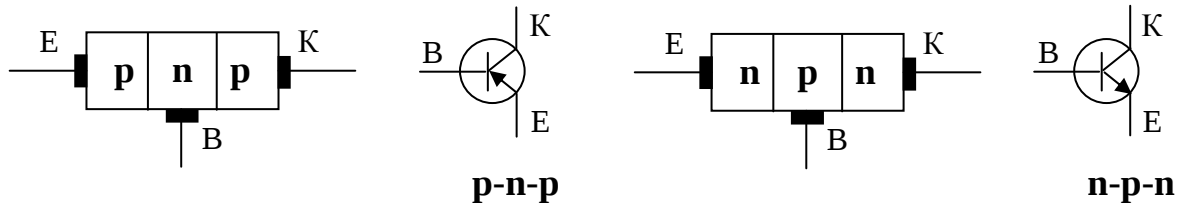


20-rasm. Stabilitronning ko'rinishi va uni sxemada belgilanishi.

9. TRANZISTORLAR

9.1. Tranzistorlar va ularning ulanishi

Tranzistorlar avtomatika-telemexanika, radiotexnika va hisoblash texnikalarida signallarni kuchaytirishda va elektron kalit sifatida ishlatiladi. Tranzistorlar ikki xil strukturali bo‘ladi: 1. **p-n-p** strukturali; 2. **n-p-n** strukturali



bu yerda, B – baza;

E – emitter;

K – kollektor.

Tranzistorlar katta, o‘rta va kichik toklarga mo‘ljallangan bo‘lib, ular yuqori, o‘rta va past chastotalarda ishlashi mumkin. Shuningdek ular yuqori va kichik kuchlanishlarda ham ishlashi mumkin.

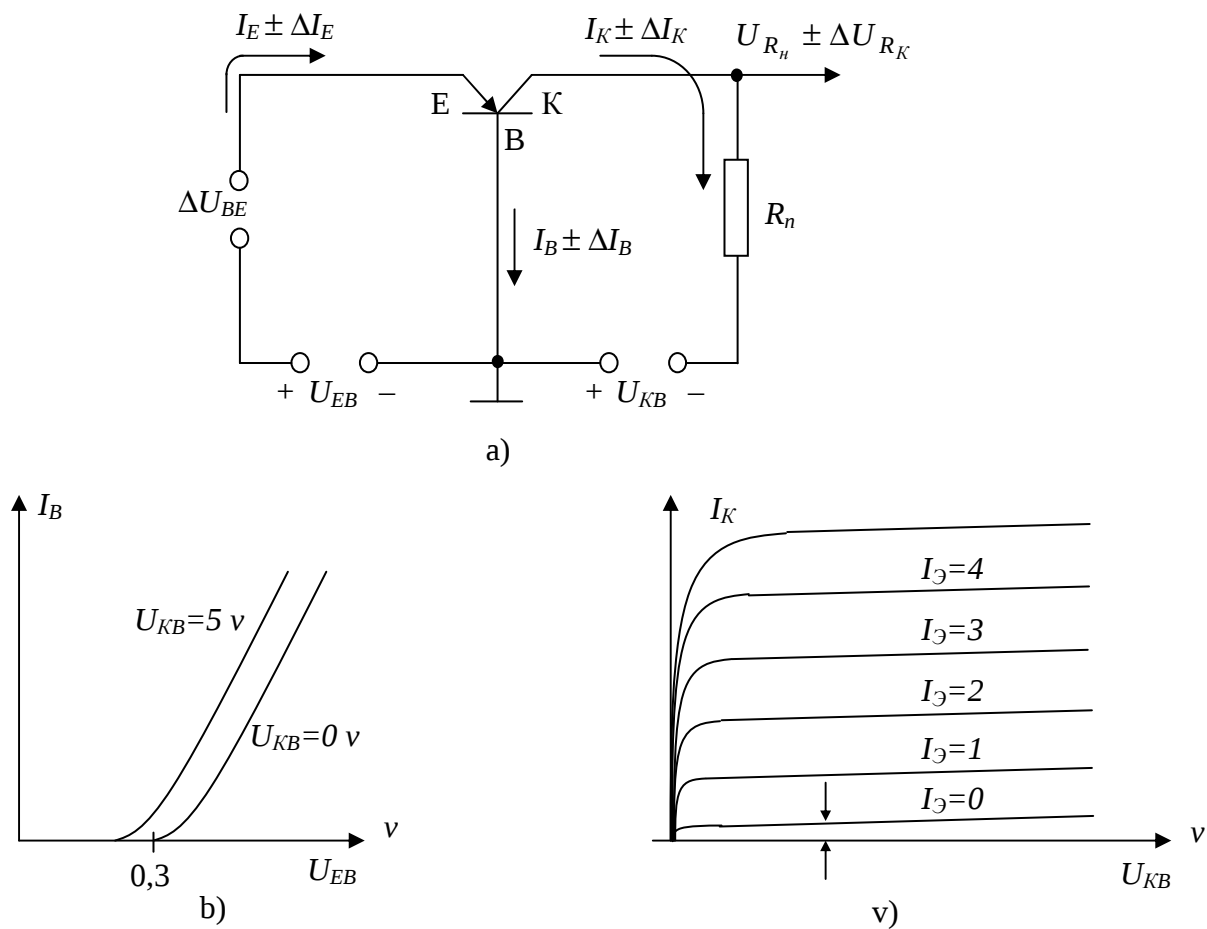
Tranzistorlar asosan uch xil ulanishga ega:

- umumiy baza bilan;
- umumiy emitter bilan;
- umumiy kollektor bilan.

Tranzistor umumiy baza bilan ulanganda, unga berilayotgan kirish signali shu tranzistorning emitter zanjiriga berilib, chiqish signali bazaga nisbatan kollektor zanjiridan olinadi.

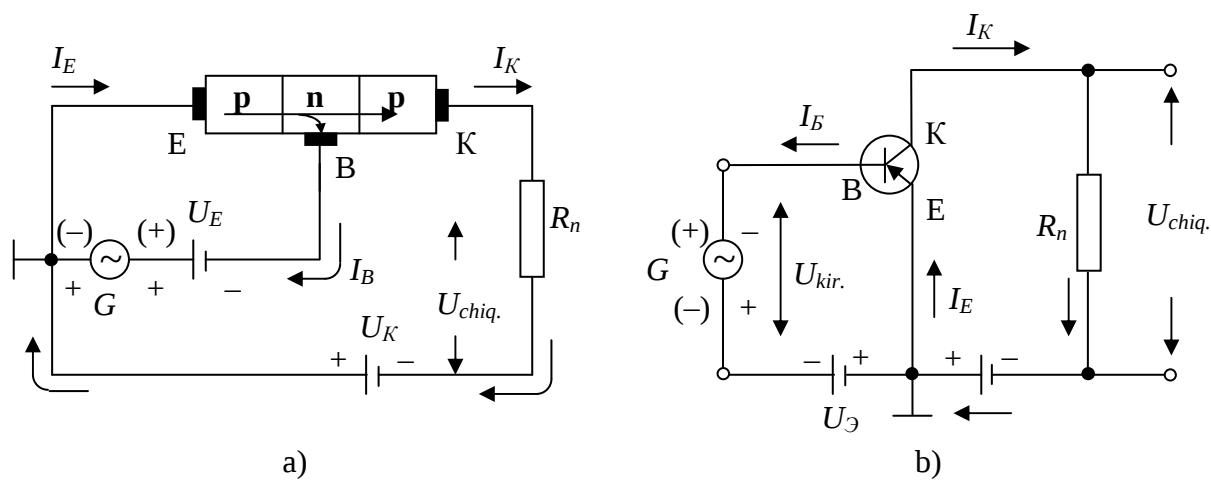
Umumiy baza bilan ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasi emitter tokining emitter-baza orasidagi kuchlanishiga va kollektor zanjiridagi kuchlanishga bog‘liq, ya’ni $I_E = f(U_{BE})$ va $U_{KB} = \text{const}$.

Tranzistorning umumiy baza bilan ulanish sxemasi va kirish hamda chiqish xarakteristikalari 21-rasm (a), (b), (v) da ko‘rsatilgan. Umumiy baza bilan ulangan tranzistorning chiqish xarakteristikasi kollektor tokining, kollektor-baza o‘rtasidagi kuchlanishga va doimiy emitter tokiga bog‘liq, ya’ni $I_K = f(U_{KB})$ va $I_E = \text{const}$.



21-rasm. Tranzistorning umumiy baza bilan ulanish sxemasi (a), kirish (b) hamda chiqish xarakteristikalar (v).

9.2. Tranzistorning umumiy emitter bilan ulanishi



22-rasm. Tranzistorni umumiy emitter bilan ulashning struktura sxemasi (a) va elektr sxemasi (b).

Kirish signali U_{kir} , emitter bilan bazaga beriladi. Kollektor zanjiriga berilayotgan manba kuchlanishi va yuklama qarshiligi emitter bilan kollektor oralig'iga ulangan, shuning uchun $I_K \approx I_E$ ga teng. Tranzistorning baza toki

$$I_B = I_E - I_K.$$

Umumiy emitter bilan ulangan sxemaning umumiy baza bilan ulanganidan asosiy farqi kirish qarshiligining kattaligidir. Shuningdek, umumiy emitter bilan ulangan sxemaning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti ham umumiy bazanikiga nisbatan ko'proq hisoblanadi:

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E - \Delta I_K} = \frac{1}{\Delta I_E / \Delta I_K - 1} = \frac{1}{1/\alpha - 1} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}, \quad (39)$$

$\alpha < 1$ ($\alpha = 0,9 \div 0,99$), chunki $I_K < I_E$.

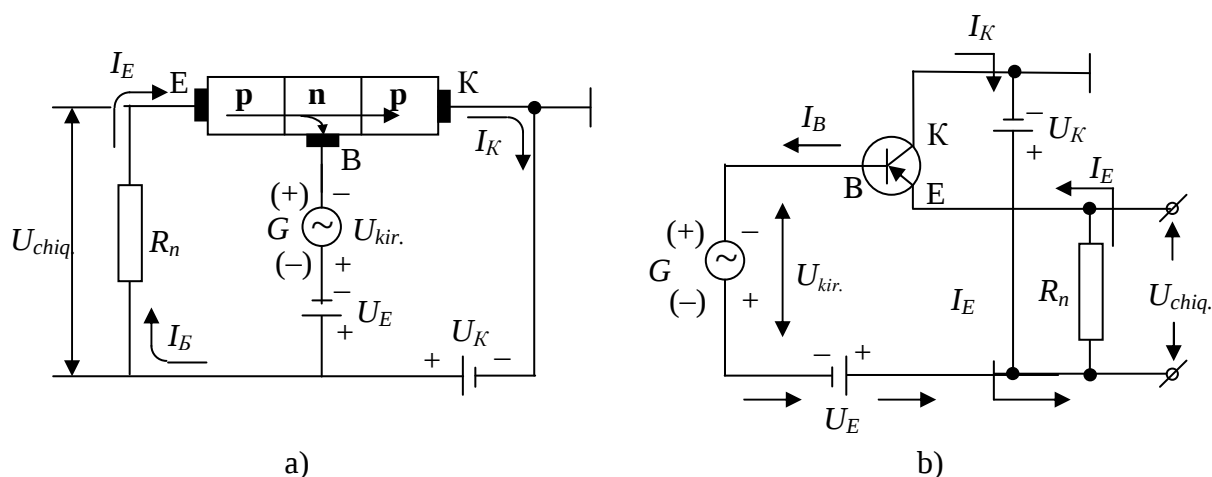
Agar α – qancha katta bo'lsa, emitter va kollektor toklarining farqlari shuncha kichik bo'ladi va tranzistorning kuchlanishi hamda quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti ham katta bo'ladi. Ikkala sxema uchun ham chiqish kuchlanishi bir-biridan katta farq qilmaydi va kollektor tokining o'zgaruvchan tashkil etuvchisi va yuklama qarshiliklari ham bir xil. Umumiy emitter bilan ulangan tranzistorning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti quyidagiga teng:

$$K_P = \beta \cdot K_U.$$

bu quvvat umumiy baza sxemasinikidan katta.

Umumiy emitter bilan ulanishning asosiy farqi chiqish kuchlanishi U_{chiq} , ni kirish signaliga nisbatan 180° ga o'zgarganidir.

9.3. Tranzistorning umumiy kollektor bilan ulanishi



23-rasm. Tranzistorni umumiy kollektor bilan ulashning struktura sxemasi (a) va elektr sxemasi (b).

Kirish signali tranzistorni baza zanjiriga berilib, chiqish kuchlanishi esa emitterga ulangan nagruzka R_N qarshiligidan olinadi. Kirish va chiqish zanjiri uchun umumiy nuqta qilib kollektor qabul qilingan. Bu sxema uchun kirish toki qilib baza toki olinadi, chiqish toki qilib nagruzka qarshiligidan oqib o'tayotgan emitter toki olinadi.

Bu sxema uchun tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

$$\gamma = \frac{\Delta I_{\mathcal{E}}}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_{\mathcal{E}}}{\Delta I_{\mathcal{E}} - \Delta I_K} = \frac{\Delta I_{\mathcal{E}}}{1 - \Delta I_K / \Delta I_{\mathcal{E}}} = \frac{I}{1 - \alpha}. \quad (40)$$

Bu sxemaning kirish qarshiligi katta bo'lib, chiqish qarshiligi esa juda kam hisoblanadi. Shuning uchun kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti birdan kichik bo'ladi:

$$K_U < 1.$$

Quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti tok bo'yicha olingan kuchaytirish koeffitsiyentidan kamroq. Bu ko'rilgan ulanish oldingilariga qaraganda kamroq ishlatilib, asosan, qurilmalar o'rtasida moslash qurilmasi sifatida yoki kuchaytirgich chiqishida va kichik qarshilik o'rtasida ishlatilishi mumkin.

Tranzistorlar chiziqsiz elementlar turkumiga kirgani uchun, ularning ishlashini ta'minlash ko'proq statik xarakteristikalariga bog'liq bo'ladi. Tranzistorlarning asosiy parametrlari ularning kirish hamda chiqish toklari va kuchlanishlaridir.

Tranzistorning statik xarakteristikalar, asosan, tranzistor sxemalarini hisoblashda va bu statik xarakteristikalar orqali tranzistorning har xil vaziyatdagi

parametrlarini aniqlashda qo'llaniladi. Tranzistorning emitter, baza va kollektor toklari bir-birlariga juda bog'liq bo'lgani uchun, uning statik xarakteristikasi ulanishiga bog'liq bo'ladi.

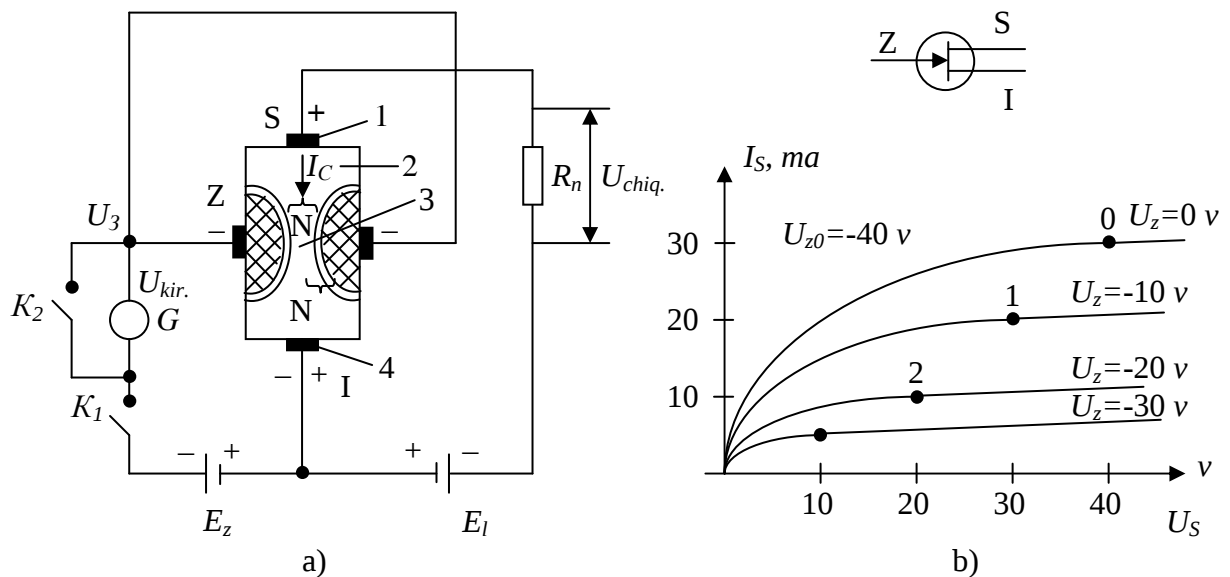
9.4. Maydon tranzistori

Maydon tranzistorining ishlashi bir xil ishorali zaryad tashuvchilarga asoslangan. Maydon tranzistori deb atalishiga asosiy sabab, uning bipolyar tranzistoriga o'xshab tok bilan emas, balki elektr maydonida boshqarilishidir.

Maydon tranzistorlarining har xil turlari mavjud.

p–n o'tishli maydon tranzistorlari

24a-rasmda p–n o'tishli maydon tranzistorining ishlashi ko'rsatilgan.



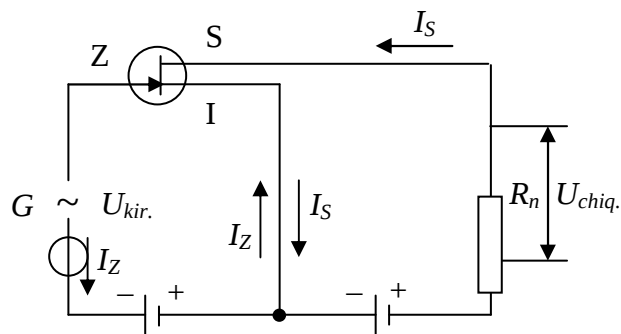
24-rasm. p–n o'tishli maydon tranzistorini ishlash prinsipi (a), kuchlanish hamda tokining chiqish xarakteristikasi (b).

Maydon tranzistorining tuzilishi: to'g'ri burchakli n-tipidagi yarim o'tkazgich plastinadan (2), uning chekkalarida juda kichik qarshilikka ega bo'lgan kontaktlardan (1 va 4) iborat. Uning ikkala keng tarafidagi plastinalar (3) p o'tkazuvchanlik qalinligini tashkil qilib, bu qalinlik material bilan umumiy elektrodni hosil qiladi va zatvor (Z) deb yuritiladi. Birinchi va to'rtinchi kontaktlar (1 va 4) ta'minlovchi E_l manbasiga ulangan va alohida kontaktlarni tashkil qiladi. Asosiy elektronlar harakatlanadigan kontakti istok (I), ikkinchi kontakti esa – stok (S) deb yuritiladi. Shuningdek n-tipi maydon tranzistorining stoki istokka nisbatan musbat ishoraga ega va p–n o'tishiga manfiy kuchlanish beriladi.

Maydon tranzistorini (24a-rasm) bipolyar tranzistor bilan solishtirganda ularning oyoqchalari (stok, zatvor va istok) bipolyar tranzistorining kollektor, baza va emitter oyoqchalariga o'xshashdir.

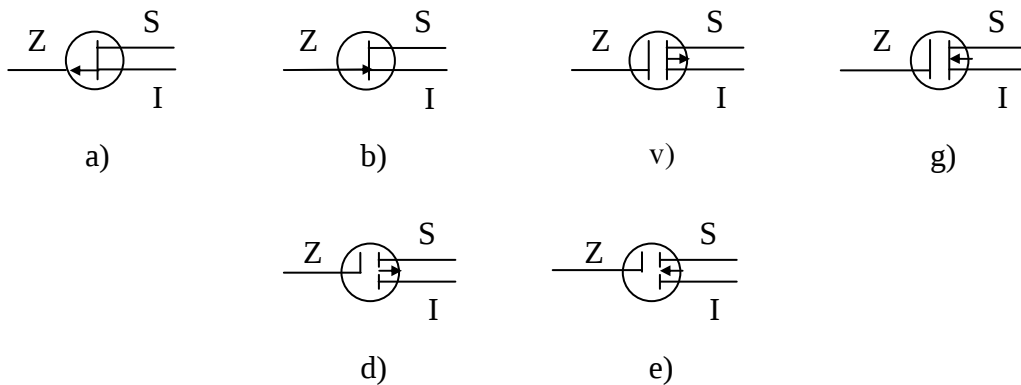
Kalit K_1 uzilganda E_1 manbasi tashkil etgan elektr maydon ta'sirida yarim o'tkazgichning **n**-tipidagi elektronlari istokdan stok tomon harakatlanadi va stok I_S tokini hosil qiladi. Stok bilan istok oralig'ida nagruzka qarshiligi R_N ulanganligi uchun stok toki I_S chiqish hisoblanadi. Tok I_S bilan kuchlanish U_S o'rtasidagi bog'lanish, zatvor zanjiridagi kuchlanish $U_3=0$ bo'lganida, 24b-rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'ladi.

Boshlanishida $I_S=f(U_S)$ chiziqli bo'lib, keyinchalik bu chiziqli bog'lanish 0 nuqtada buziladi.



25-rasm. Maydon tranzistorini **p-n** o'tishli umumiy istok bilan ulanishi.

Maydon tranzistorlarining ko'rinishlari



a) **p** kanalli **p-n** o'tishli; b) **n** kanalli **p-n** o'tishli; v) ajratilgan **p** kanalli; g) ajratilgan **n** kanalli; d) induksiyalangan **p** kanali boyitilgan va s) induksiyalangan **n** kanali boyitilgan tipdagi maydon tranzistorlari.

10. KUCHAYTIRGICHNING UMUMIY XARAKTERISTIKASI

Kuchaytirgich avtomatika, telemexanika va hisoblash texnikasining asosiy qismlaridan biri hisoblanadi. Kuchaytirgichlarni sinflashda asosan ularni tashkil etuvchi elementlariga qaraladi: elektron lampali, tranzistorli, integral mikrosxema, operasion elementlar va optik elementlar bazasidagi kuchaytirgichlar mavjud.

Elektron kuchaytirgichlarni elektr signallarini kuchaytirishini chastota diapazoniga qarab tasniflash qulay:

1. Kichik chastotali kuchaytirgich. Signal chastotasining spektri bir necha o'nlab Hz dan bir necha kHz gacha. Yuqori chastotaning past chastotaga nisbatiga f_{yu}/f_p .

2. Doimiy tok kuchaytirgichi yoki sekin o'zgaradigan kuchaytirgich. Bunda chastota diapazoni $f_p=0$ dan f_{yu} ba'zi paytlarda o'nlab va yuzlab kHz ga yetadi. Bunday kuchaytirgichlar asosan hisoblash texnikalari va axborotga ishlov berish texnikalarida ko'proq ishlatiladi.

3. Rezonans kuchaytirgichlari. Bu xil kuchaytirgichlar tor chastota oralig'idagi signallarni ($f_{yu}/f_p < 1,1$) kuchaytirishda va radioto'lqinlarni qabul qilish qurilmalarida, axborot uzatishda keng qo'llaniladi.

4. Keng oraliqli (impulsli) kuchaytirgichlar. Ularning chastotalari bir necha kHz dan bir necha MHz gacha bo'lishi mumkin. Bunday kuchaytirgichlar aloqa vositalarida, radiolokasiya qurilmalarida, televidenie va hisoblash texnikalarida axborotni videomonitor ekraniga kichraytirib chiqarishda ishlatiladi.

Kuchaytirgichlarning yuklama xarakteristikalarini va ishlatilish joylariga qarab, ularning asosiy parametrlari va xarakteristikalarini ko'rab chiqaylik.

Kuchaytirish ko'effitsiyenti

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti har xil kuchaytirgichlarda bir necha ming bo'lishi mumkin

$$K_i = U_{chiq.}/U_{kir.}$$

Ko'p hollarda kuchaytirish ko'effitsiyenti K_i ni oshirish uchun ko'p kaskadli kuchaytirgichlardan foydalaniladi. Buning uchun birinchi kuchaytirgichning chiqishi ($U_{chiq.}$) ikkinchi kaskad uchun kirish ($U_{kir.}$) hisoblanadi va umumiy kuchaytirish ko'effitsiyenti alohida olingan kuchaytirish ko'effitsiyentlarining ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$K_u = K_{u_1} \cdot K_{u_2} \cdot \dots \cdot K_{u_n}. \quad (41)$$

Kuchaytirish ko'effitsiyentining o'lchov birligi yo'q. Ayrim paytlarda logarifmik birlikda – desibelda aniqlanadi.

$$K_{Db} = 20 \lg (U_{chiq.}/U_{kir}).$$

Buning teskarisi $K_u = 10^{2Db/20}$. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar uchun (41) ni logarifmlab quyidagini hosil qilamiz:

$$K_{Db} = K_{1Db} + K_{2Db} + \dots + K_{nDb}. \quad (42)$$

Bundan tashqari tok va quvvat bo'yicha (K_I , K_P) kuchaytirish koeffitsiyentlarini ham desibelda ifodalash mumkin:

$$K_{I_{Db}} = 20 \lg (I_{chiq.}/I_{kir})$$

va quvvat bo'yicha

$$K_{P_{Db}} = 10 \lg (R_{chiq.}/R_{kir})$$

Ba'zi paytlarda kuchlanishning qancha kuchayganligini desibelidagi qiymatidan foydalanib hisoblamoqchi bo'lsak, unda $K_u = 10^{K_{uDb}/20}$ formuladan foydalanamiz. Agar $K_{uDb} = 1$ desak, u holda $K_u = 10^{K_{uDb}/20} = 10^{1/20} = 1,12$. Bu shuni ko'rsatadiki, kuchaytirish bir desibelga teng bo'lganida, chiqishdagi kuchlanish 1,12 marotaba ortadi va kirish kuchlanishidan 12% katta bo'ladi.

Quyidagi jadvalda ayrim kuchaytirish koeffitsiyentlarini desibelga o'tkazish ko'rsatilgan.

7-jadval.

K_u	2	3,16	10	31,6	100	1000	10000
K_{uDb}	6	10	20	30	40	60	80

Quvvat kuchlanishning yoki tokning kvadratiga proporsional ($P = U^2 / R = I^2 \cdot R$).

Chiqish quvvati. Aktiv yuklamadagi sinusoida ko'rinishdagi kuchlanish uchun

$$P_{chiq.} = \frac{U_{chiq.}^2}{R_n} = \frac{(U_{chiq.m} / \sqrt{2})^2}{R_n} = \frac{U_{chiq.m}^2}{2 \cdot R_n} = \frac{U_{chiq.m} \cdot I_{chiq.m}}{2},$$

bu yerda, $U_{chiq.}$ va $U_{chiq.m}$ – ta'sir etuvchi chiqish kuchlanishining amplituda qiymati;

$I_{chiq.m}$ – nagruzka tokining amplitudasi.

Foydali ish ko'effitsiyenti quyidagi formula bilan topiladi:

$$\eta = (P_{chiq.} / P_{\lambda}) \cdot 100\%,$$

bu yerda, P_{λ} – kuchaytirgichning manbadan oladigan umumiy quvvati.

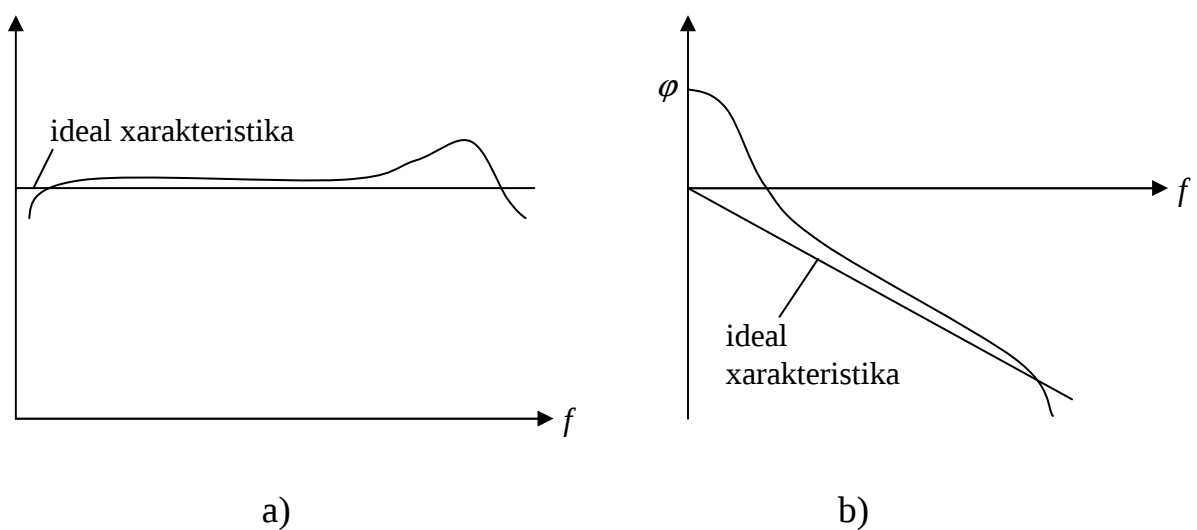
Shuni aytish kerakki, kuchaytirgich qaysi energiya asosida ishlamasin u $R_{chiq.}$ quvvati uchun regulyator rolini o'ynaydi va manbadan yuklamaga quvvatni o'tkazadi. Kirish signali esa shu quvvatni boshqarish uchun ishlatilib, $R_{kir.}$ quvvatini sarflaydi.

Nominal kirish kuchlanishi. Nominal kirish kuchlanishi deb, kuchaytirgichning kirishiga berilib, chiqishida juda katta bo'lgan quvvatni olishga aytiladi. Bu kuchaytirgichni qancha quvvatga hisoblanganligiga ham bog'liq.

Kuchaytirgichning kuchaytirish chastota oralig'i (o'tkazish oralig'i). Kuchaytirish ko'effitsiyenti u yoki bu kuchaytirgich uchun ko'p o'zgarmaydi (past chastotali kuchaytirgich uchun kuchaytirish ko'effitsiyenti $K=3\text{ Db}$ dan oshmaydi), ya'ni bu kuchaytirish chastotasi oralig'ini nisbatan torroq bo'lishini talab qiladi. Chastota oralig'ini kengayishi kuchaytirgich sxemasining murakkablashishiga olib keladi, shuning uchun chastota diapazoni ma'lum bir oraliqqa qisiladi va kuchaytirgichning ishi yaxshilanadi.

Amplituda-chastota xarakteristikasi. Bu xarakteristika kuchaytirish ko'effitsiyentini (kuchlanish bo'yicha) kuchaytirilayotgan signalning chastotasiga bog'liqligini ifodalaydi (26-rasm, a).

Fazachastota xarakteristikasi. Bu – kuchaytirgichning kirish va chiqish kuchlanishlari orasidagi chastota o'zgarishi natijasida hosil bo'ladigan siljish burchagi α ga aytiladi (26-rasm, b).



26-rasm.

Kuchaytirgichning chiqish signalining buzilishiga sabab, asosan uni tashkil etuvchi elementlarning xarakteristikalarini to'g'ri chiziqli emasligidadir.

Misol uchun, 27-rasmda umumiy emitter bilan ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasi berilgan. Baza tokining $I_B(t)$ yoki kuchaytirgichning kirish tokining formasini buzilishini aniqlash uchun u o'zgaruvchan kirish kuchlanishining formasiga taqqoslanadi $I_{\text{kirish}}(t)$. Kirish kuchlanishining ushbu chiziqsiz buzilishlari kuchaytirgichning chiqishida qo'shimcha yuqori chastotali garmonikalarni hosil qiladi.

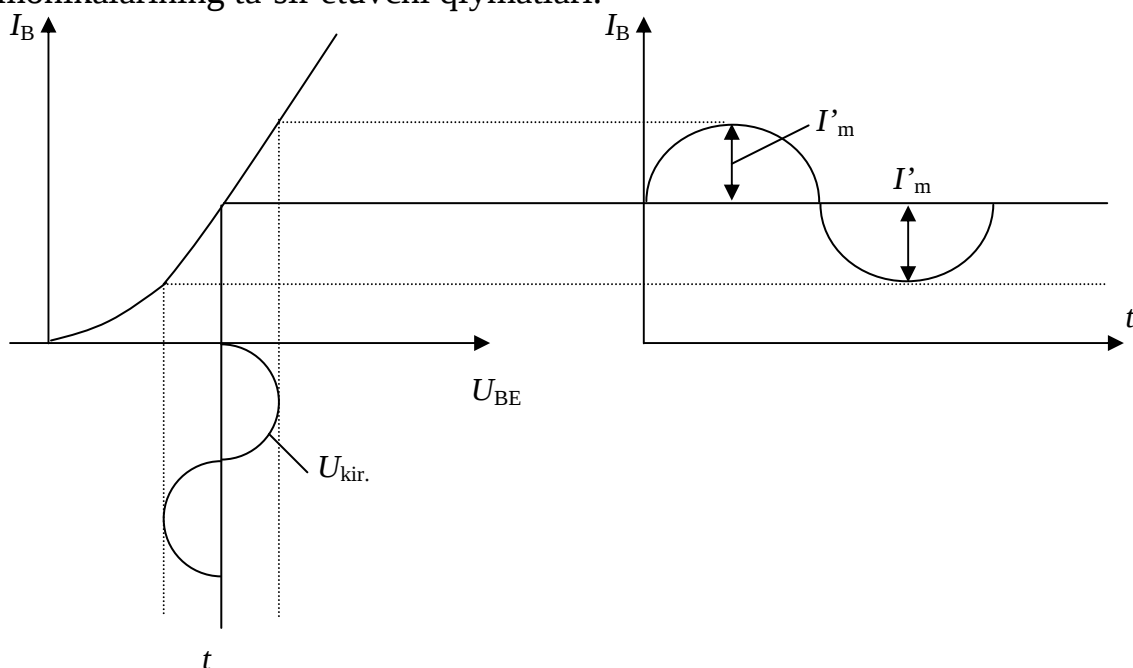
Kuchaytirgichning chiziqsiz buzilish darajasi chiziqsiz buzilish koeffitsiyenti bilan baholanib, yuqori garmonikali quvvatning chiqish signalini, uning to'la chiqish quvvatiga kvadrat ildiz ostidagi nisbati bilan

$$K_n = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}},$$

yoki unga yaqin garmonika koeffitsiyenti bilan

$$K_r = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}{U_1^2}}$$

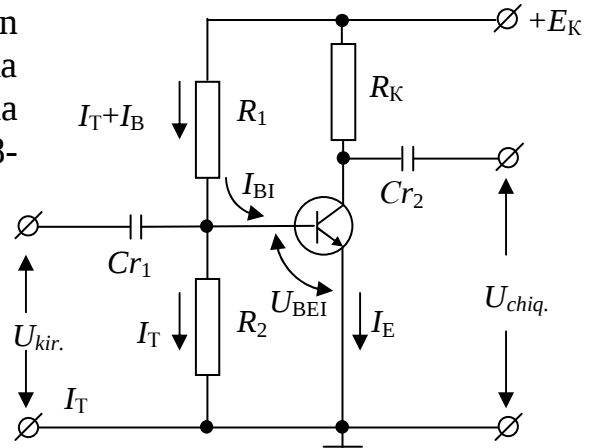
topiladi, bu yerda $U_1, U_2, \dots, U_n$ – birinchi, ikkinchi va boshqa chiqish kuchlanish garmonikalarining ta'sir etuvchi qiymatlari.



27-rasm.

10.1. Bipolyar tranzistoridan yig'ilgan past chastotali kuchaytirgich kaskadi

Bipolyar kuchaytirgichlarda asosan umumiy emitter bilan ulangan sxema ishlatilib (28-rasm), u yordamida kuchlanish yoki tok kuchaytiriladi (8-jadvalga qarang)



28-rasm.

8-jadval

Ulanish tiplari	Kuchaytirish koeffitsiyentlari			Kirish qarshiligi, O_m
Umumiy baza bilan	≈ 1	1000	1000	birdan o'ngacha
Umumiy emitter bilan	10÷100	100÷1000	10000	yuzlab
Umumiy kollektor bilan	10÷100	≈ 1	10÷1000	o'n minglab

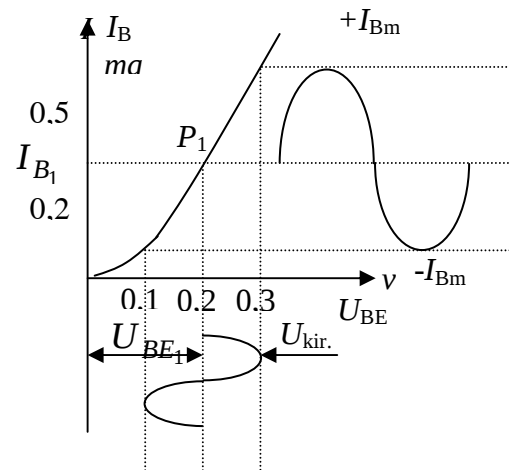
Sxemada (28-rasm) turgan R_1 va R_2 korpus bilan $+E$ orasiga ulanib, kuchlanishni bo'luvchi qarshilikni tashkil etadi. Kuchlanish R_2 qarshiligida tushib, baza-emitter U_{BE} kuchlanishini tashkil qiladi va ish nuqtasi P_1 ni aniqlaydi (29-rasm).

Taqsimlagich tokining chegarasi $I_t \approx (2 \div 5) / I_{B_1}$.

Taqsimlagich asosida bo'lingan tok qiymati qancha katta bo'lsa, kuchaytirish kaskadining ishi shuncha turg'un (stabil) bo'ladi.

Tranzistorning baza toki $I_B = I_K - I_E$ ga teng bo'lib, siljish kuchlanishiga katta ta'sir ko'rsatmaydi.

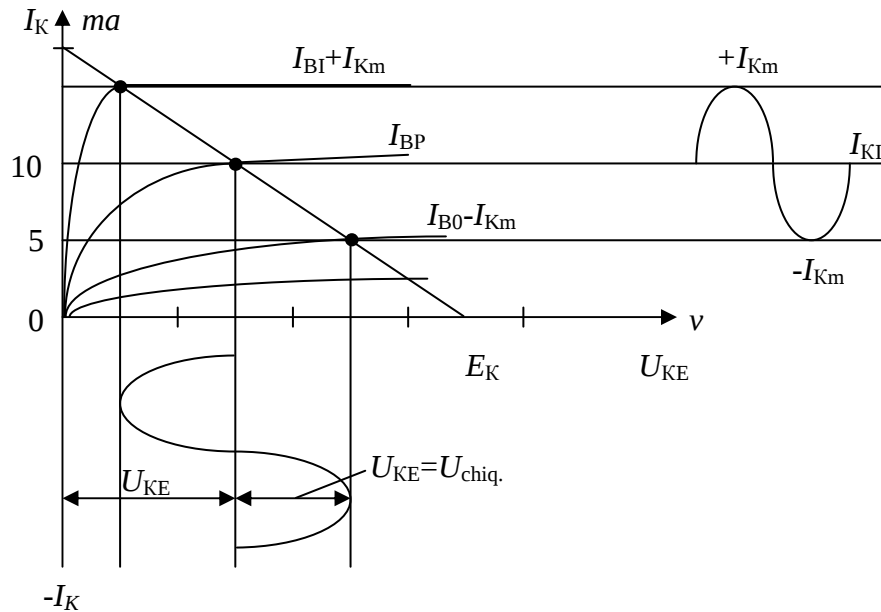
Taqsimlagich qarshiligi tarafidan bo'lingan tok qiymatini haddan tashqari ko'p olinishi kuchaytirish kaskadining foydali ish koeffitsiyentini pasaytiradi. Bu pasayish taqsimlagich qarshiligida energiyaning yo'qolishi hisobiga bo'ladi.



29-rasm

Aytaylik, kirish kuchlanishi $U_{kir}=0$. Baza-emitter kuchlanishi U_{BE} tranzistorning **pn**-ochiq o'tishidan «emitter-baza» baza toki I_B oqib o'tadi. Ajratuvchi kondensator Cr_1 doimiy tokning kirish signali orqali o'tishiga yo'l bermaydi.

Bu holda tranzistor ochiq bo'lib, aktiv holatda bo'ladi. Uning holatini ish nuqtasi P_1 bilan E_K nuqtasidan o'tkazilgan yuklama to'g'ri chizig'i (E_K/R_K) belgilaydi. U asosan shu tranzistor bazasiga berilayotgan tok qiymatiga bog'liq (30-rasm).



30-rasm.

Kollektordagi doimiy tok I_{KI} kuchlanishning kamayishiga sabab bo'ladi – $I_{KI} \cdot R_K$, bu esa kollektor-emitter kuchlanishini U_{KEI} ko'rsatadi. Shunday qilib, ajratuvchi Cp_2 kondensatoridan doimiy kuchlanish o'tmaydi, chunki chiqish kuchlanishi $-U_{chiq.}=0$. Sxemaning bu holati doimiy tok tartibidagi holati deb yuritiladi.

Misol uchun, tashqaridan sinusoida amplitudali U_{kirish} signali berilayotgan bo'lsin. Uning ta'siri, kirish xarakteristikasiga asoslanib (29-rasm), baza tokining o'zgaruvchan tashkil etuvchi kondensator Cr_1 dan o'tib, emitter-baza zanjiri – Cr_1 ga berilayotgan signal $+I_{Bm}$ va $-I_{Bm}$ amplituda signali tranzistorning kollektor zanjiridagi tok holatini o'zgartiradi.

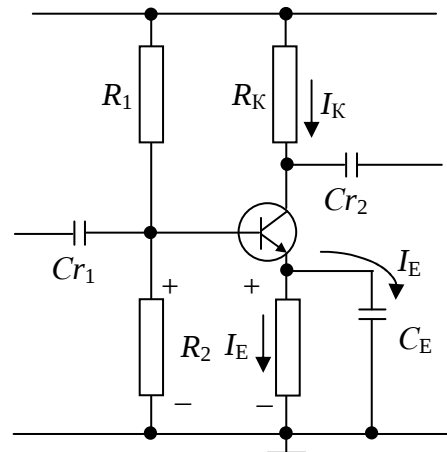
Kollektor tokining o'zgarishi $I_{Kr}+I_{Km}$ dan to $I_{Kr}-I_{Km}$ tushish kuchlanishining pulsasiyasini oshishiga olib keladi – $I_{Km} \cdot R_K$, shuningdek, kuchlanish pulsasiyasi U_{KE} va amplitudasini $U_{KEm}=E_K-I_{Km} \cdot R_K$ o'zgarishiga ham olib keladi.

Bu pulsasiya Cr_2 kondensator orqali o'tib kuchaytirgichning chiqishida paydo bo'ladi $U_{chiq.}=U_{KEm}$. Bu holat o'zgaruvchan tok rejimida ishlash deyiladi. 28-rasmda ko'rsatilgan sxema ma'lum bir siljish kuchlanishida ishlab, u ancha turg'un hisoblanadi, biroq tashqi temperaturani o'zgarishi ish nuqtasi R ni o'zgarishiga olib

keladi. Shuning uchun, ularning ishlashini har xil termostabilizasiya qilish elementlaridan foydalanib yaxshilanadi.

Kuchaytirish kaskadida temperaturaning oshishi, masalan har 10° da tranzistorning boshqarilmaydigan I_K tokini ikki martagacha oshirishi mumkin. Ko'p ishlatiladigan $R_E C_E$ elementi bilan termostabilizasiya qilingan kaskad 31-rasmda ko'rilgan.

Siljish kuchlanishi U_b qarshilik R_2 da paydo bo'ladi va bunga R_E qarshiligida hosil bo'layotgan kuchlanish ta'sir etib, u orqali doimiy ta'sir etuvchi emitter toki I_E oqib o'tadi. Temperaturaning ortishi bilan doimiy ta'sir etuvchi I_K toki oshadi. Shunday qilib $I_E = I_K + I_{BI}$ va kollektor tokining o'zgarishi doimiy ta'sir etuvchi emitter I_E tokining o'zgarishiga va kuchlanishning pasayishiga (tushishiga) olib keladi $R_E \cdot I_E$, $U_{KE} = U_B^1 - R_E \cdot I_E$. Bu o'z navbatida tranzistorning baza I_{BI} tokini kamayishiga ham sabab bo'ladi. Kollektor zanjiridagi R_E qarshilikdan o'zgaruvchan tok qoldig'ini ayirish uchun, zanjirga shunt kondensatori ulanadi. Bu kondensatorning sig'imi o'nlab mikrofarada bo'lib, reaktiv qarshiligi – $x_c = \frac{1}{2\pi f} \cdot C_E$, bu qiymat o'zgaruvchan tok uchun juda kam miqdordagi qarshilik hisoblanadi.



31-rasm. Termostabilizasiya qilingan ($R_E C_E$ – elementi) tranzistorli kuchaytirish kaskadi.

11. INTEGRAL MIKROXEMALAR

Integral mikrosxemalar (IMS) bu – elementlari va ulanishlari yuqori zichlikda amalga oshirilgan ko‘p sonli mikroelektron elementlar majmuasidir. Integral mikrosxemani tashkil etuvchi alohida biron-bir elementi asosida ma’lum bir funksiyani bajaradigan sxema yig‘ish mumkin emas. Bunga sabab mikrosxema ichidagi hamma elementlar bir-biri bilan o‘zaro bog‘liq va ular ma’lum bir sxemani tashkil qiladi. Shuning uchun mikrosxemani alohida olingan bir qismini ishlatish mumkin emas.

Mikrosxemalar asosan murakkabligi va integrasiya darajasi bilan bir-birlaridan farqlanadi. IMS o‘nta elementni o‘z ichiga olsa, buni birinchi darajali integrasiyaga ega deyiladi, 11 dan to 100 gacha bo‘lsa, ikkinchi daraja va hokazo.

Hozirgi kunda oltinchi daraja integrasiyasiga ega bo‘lgan mikrosxemalar mavjud va ular 100001 dan to 1000000 gacha elementlarni o‘z ichiga oladi.

Bulardan tashqari ularning elementlar soni, hamda sifatini aniqlash asosan to‘rt guruhga bo‘linadi: kichik – KIS, o‘rta – O‘IS, katta IS va yuqori kattalikdagi IS.

Axborot signallarini qayta ishlashi bo‘yicha, uzluksiz va raqamli integral mikrosxemalariga bo‘linadi. Ularning ichidagi aktiv tranzistor tipiga qarab, bipolyar yoki unipolyar tranzistorli deyish mumkin (9-jadval).

9-jadval

№	Guruhi	Nimaga moslashgani	Aktiv elementlar	Elementlar soni
	Kichik IS	raqamli raqamli	Bipolyar Unipolyar Bipolyar	1-100 1-30 1-30
2.	O‘rtacha IS	raqamli raqamli uzluksiz	Unipolyar Bipolyar unipolyar	101-1000 101-500 31-101 31-101
3.	Katta IS	raqamli raqamli uzluksiz	Bipolyar Unipolyar Bipolyar	1001-10000 501-2000 101-300 101-300
4.	Yuqori kattalikdagi IS	raqamli raqamli uzluksiz uzluksiz	Unipolyar Bipolyar Unipolyar Bipolyar	10000 dan yuqori 2000 300 300

Yarim o‘tkazgichli mikrosxemalarini belgilanishi, misol uchun, quyidagicha:

K	1	55	T	V	1	Loyiha raqami
						Funksional ish bajarishi
						Podguruhi
						Seriya tartib raqami
						Konstruksiya texnologiya guruhi
						K – qurilmalarda keng ishlatish uchun

12. TOVUSH BOSIMI VA KUCHINING O'LCHOV BIRLIKLARI HAMDA UNING DINAMIK DIAPAZONI

12.1. Tovush bosimi va kuchini o'lchash

Agar tovush bosimi $0,00002 \text{ n/m}^2$ bo'lsa, biz umuman hech narsa eshitmaymiz. Bunday tovush bosimiga to'g'ri keladigan tovush kuchi 10^{-12} W/m^2 bo'lib, uni eshitilish chegarasi (yoki porogi) deb yuritiladi. Qolgan hamma eshitiladigan tovushlar kuchi eshitilish chegarasidan baland bo'ladi va tovush kuchini baholash uchun desibeldan foydalaniladi. Akustika mutaxassislari tovush bosimini va tovush kuchini umuman hisoblashmasdan, bu kattaliklarni to'g'ridan-to'g'ri eshitish chegarasidan boshlab desibelda ifodalaydilar.

Masalan, $0,001 \text{ W/m}^2$ o'rniga «Tovush kuchi – 90 desibel» yoki $0,02 \text{ Pa}=0,02 \text{ n/m}^2$ o'rniga «Tovush bosimi 60 desibel», deb aytishadi. Tovush kuchayishi yoki pasayishini baholashda desibel juda keng qo'llaniladi.

12.2. Eshitiladigan tovushning dinamik diapazoni

10-jadvalning birinchi ustunida tovush kuchi bosimining W/m^2 dagi qiymatlari, ikkinchi ustunida esa tovush bosimi (nyuton/kvadrat metrda) keltirilgan. Uchinchi ustunda esa mos bosim yoki kuchga to'g'ri keladigan tovush eshitish chegarasidan qanchalik yuqoriligi desibellarda ko'rsatilgan.

10-jadval

Tovush kuchi W/m^2	Tovush bosimi $\text{n/m}^2 (\text{Pa})$	<i>Db</i>	Misollar
10^{-12}	$2 \cdot 10^{-5}$	0	Eshitish chegarasi (porogi)
10^{-11}	$6,5 \cdot 10^{-5}$	10	Bir metr masofadagi sekin so'zlangan gap
10^{-10}	$2 \cdot 10^{-4}$	20	Tinch bog'dagi shivirlar
10^{-9}	$6,5 \cdot 10^{-4}$	30	Tinch xonadagi g'ijjak ovozi
10^{-8}	$2 \cdot 10^{-3}$	40	O'rtacha musiqa ovozi
10^{-7}	$6,5 \cdot 10^{-3}$	50	Oynasi ochiq xizmat kabinetidagi shovqin
10^{-6}	0,02	60	Bir metr masofadagi gaplashish ovozi
10^{-5}	0,065	70	Tramvay ichidagi shovqin
10^{-4}	0,2	80	Ko'cha shovqini
10^{-3}	0,65	90	Katta orkestrdagi fortissimo ovozi
0,01	2	100	Avtomobil shovqini

10-jadvalning davomi

0,1	6,5	110	Bug'da ishlaydigan yanchish mashinasi ovozi
1	20	120	5 metr masofadagi reaktiv dvigatel shovqini
10	65	130	Eshitishning yuqori chegarasi, quloqda og'riq paydo bo'lishiga olib keladi.

12.3. Tovush

Inson hayotida tovush tebranishlari, ya'ni tovushlar muhim ahamiyat kasb etadi. Insonlarni bir-biri bilan aloqa vositalaridan biri so'zlashuv bo'lib, u ketma-ket keladigan tovushlardan iborat. Tebranayotgan barcha jismlar o'zidan tovush chiqarishi tajribalardan ma'lum.

Tovush tebranishlarini chiqaruvchi qurilma tebranish vibratori deyiladi. Vibratordan tovushni bizga yetib kelish oralig'ida elastik muhit mavjud bo'lishi zarur. Tovush to'lqinlarining quvvati bizni quloqlarimizni seza olish darajasida bo'lishi kerak. Tovush ham mexanik to'lqin tabiatiga ega bo'lgani uchun, u muhitda ma'lum bir tezlik bilan tarqaladi. Tovush to'lqinlari bo'ylama to'lqin bo'lganligi uchun, ularni elastik muhitda tarqalishini kuzatish mumkin.

Tovushning tarqalish tezligi turli muhitlarda turlicha. Masalan, 0°C da tovush havoda 330 m/s, vodorodda – 1270 m/s, suvda – 1435 m/s, po'latda – 4980 m/s tezlik bilan tarqaladi. Demak, tovush to'lqinlari qattiq, suyuq va gazsimon jismlarda har xil tezlik bilan tarqaladi.

Tovush tezligini aniqlash uchun tovush manbaidan to iste'molchigacha bo'lgan masofa aniqlanadi va bu masofa tovush yetib kelishi uchun ketgan vaqtga bo'linadi:

$$V = \frac{S}{t}, \quad (43)$$

bu yerda, S – tovush manbaidan iste'molchigacha bo'lgan masofa.

Tovush to'lqin xususiyatlariga egaligini inobatga oladigan bo'lsak, tovush tezligini quyidagi formula yordamida ham aniqlash mumkin:

$$V = \lambda \cdot f.$$

Bu yerda, λ – to'lqin uzunligi;
 f – to'lqin chastotasi.

Inson quloqlari ma'lum bir chastota intervalida tebranayotgan tovushlarni eshitish imkoniyatiga ega. Bu chastotalar 20-20000 Hz oralig'idagi chastotalar bo'lib, eshitish chastotalari deb yuritiladi.

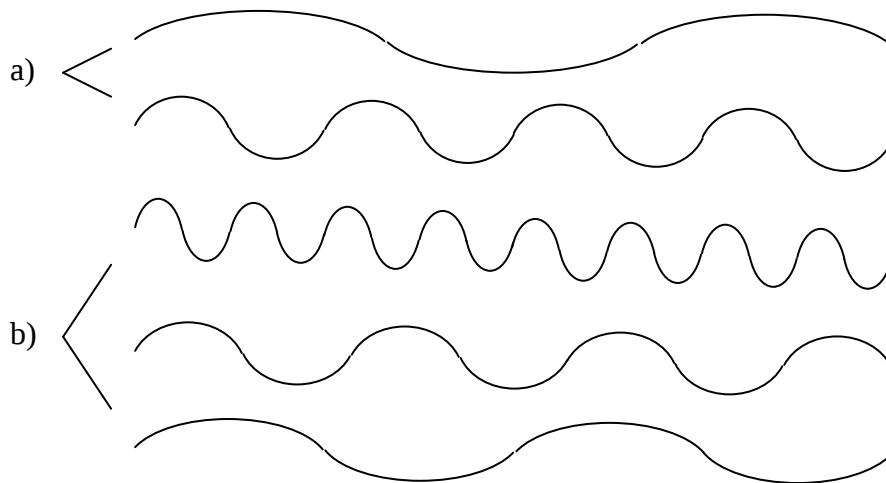
20 Hz dan kichik bo'lgan tebranish chastotalarini infratovushlar deb, 20000 Hz dan yuqori chastotalardagi tovushlar ultratovushlar deb yuritiladi.

To'lqinlar shakli va xususiyatlariga qarab 2 xil bo'ladi.

1. Tovush zarbalari. Bular o'tochar qurollardan otishda, portlashda, elektr uchqunida va shuncha o'xshash jarayonlar vaqtida paydo bo'ladi.

2. Musiqa tovushlari. Manbalarining biror qonuniyat asosida davriy ravishda tebranishlaridan kelib chiqadi: cholg'u asbobidan taralayotgan tovushlar, ashulachi ovozi va boshqalar. Biz, mazkur ishda ko'proq musiqa tovushlariga e'tibor qaratamiz. Musiqa tovushlari balandlik va qattiqligi bilan xarakterlanadi.

Tovush balandligi nimalarga bog'liq ekanligini aniqlash uchun har xil kamerton olib, ularga bolg'acha bilan urib, taralayotgan tovushlarni yozib olamiz.



32-rasm.

Tovush baland bo'lsa tebranish davri shunchalik kichik, tebranish chastotasi esa kattaligini payqash mumkin. Demak, tovushning balandligi tebranish chastotasiga bog'liq ekan. 32a-rasmdagi yuqori sinusoida egri chizig'i past tonli kamertonda, pastkisi esa baland tonli kamertonda hosil bo'lgan tebranishlardir.

Tovushning qattiqligi tovush intensivligiga bog'liq.

Tovush intensivligi deb, (I) tovush to'lqinlarining vaqt birligi ichida to'lqin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar joylashtirilgan yuza birligidan o'tayotgan energiya miqdoriga aytiladi. Tovush intensivligini SI sistemasidagi o'lchov birligi 1 w/m^2 . Tovush kattaligini tovush intensivligiga bog'liq ekanligini kamertonning tebranishini ma'lum vaqt oralig'ida ketma-ket yozib olish yo'li bilan aniqlash mumkin (32b-rasm). Kamertonning tebranishini ketma-ket uch marta yozib oldik deylik. Har bir holatda tebranish amplitudasining vaqt o'tishi bilan kichraya

borishini ko'ramiz. Ya'ni, tovush intensivligi (kuchi) vaqt o'tishi bilan kamaya boradi. Demak, tovushning qattiqligi tebranish amplitudasi bilan xarakterlanadi.

Ultratovushlar texnikada va tibbiyotda juda keng qo'llaniladi. Masalan, dengiz chuqurligini o'lchashda (exolot asbobi) ultratovushlardan foydalaniladi. Dengizdagi kema yo'lini va dengiz tagidagi jismgacha bo'lgan masofani aniqlashda (gidrolokasiya), metall buyumlarning har xil nuqsonlarini aniqlashda, bu usul yordamida har xil emulsiyalar hosil qilishda va shunga o'xshash masalalarni hal etishda ham ultratovushlardan foydalaniladi.

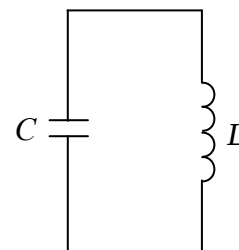
Rezonans hodisasi, chastotasi har xil mexanik tebranishlarda kuzatilgani kabi, tovush tebranishlarida ham kuzatiladi. Buning uchun tovush balandligini kuchaytirishga mo'ljallangan ikkita quti ustiga joylashtirilgan, bir xil tebranish chastotasini hosil qiladigan, ikkita kamertondan foydalaniladi.

12.4. Elektromagnit tebranishlar

Zaryad miqdori, tok kuchi va kuchlanishning davriy ravishda o'zgarishlari elektromagnit tebranishlar deyiladi. Jismni prujinaga osib, uni tebrantirish qanchalik oson bo'lsa, elektromagnit tebranishlarni hosil qilish ham shunchalik oson. Lekin elektromagnit tebranishlarni kuzatish u qadar oson emas. Chunki kondensatorni qayta zaryadlanishini va g'altak tokini ko'rib bo'lmaydi. Ustiga-ustak, elektromagnit tebranishlar yuqori chastotalarda sodir bo'ladi. Bu jarayonlarni kuzatish uchun maxsus asboblarda – ossilograflardan foydalaniladi.

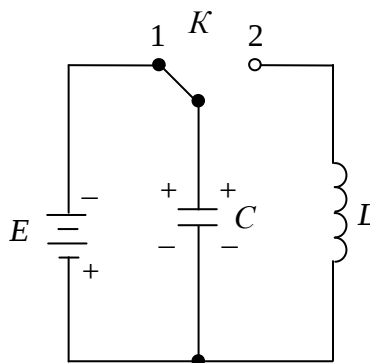
Elektromagnit tebranishlar yuzaga keladigan tizimga tebranish konturi deyiladi.

Kondensator plastinkalariga ulangan g'altak tebranish konturini tashkil qiladi va uni I. Tompson tebranish konturi deyiladi.



Tompson konturiga berilgan dastlabki energiya hisobiga yuzaga keladigan elektromagnit tebranishlar erkin elektromagnit tebranishlar deyiladi.

Tebranish konturida elektromagnit tebranishlar qanday sodir bo'lishini ko'rib chiqaylik (33-rasm).



33-rasm.

Kondensator C ni kalit K yordamida doimiy tok manbai E ga ulaymiz.

Kondensator ma'lum vaqt ichida zaryadlanadi uning plastinkalarida energiya to'planadi.

$$W_0 = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{C \cdot U_0^2}{2}.$$

Bu yerda, q – kondensator plastinkalarida to'plangan maksimal zaryad miqdori.

U_0 – plastinkalar orasidagi maksimal kuchlanish.

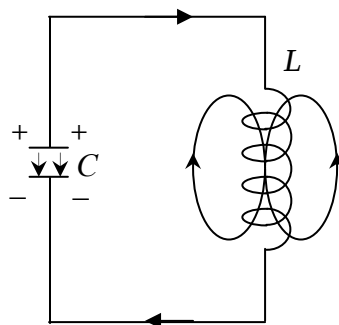
Tompson konturining to'la energiyasi

$$W = W_0 + W_m = \frac{q^2}{2C} + \frac{L \cdot I^2}{2}. \quad (44)$$

Ko'rilayotgan kontur uchun

$$W = W_0 = \frac{C \cdot U_0^2}{2}.$$

$0 < t < \frac{T}{4}$ vaqt ichida kondensatorning zaryadsizlanishi natijasida konturda soat strelkasi bo'ylab yo'nalgan i tok hosil bo'ladi (34-rasm).



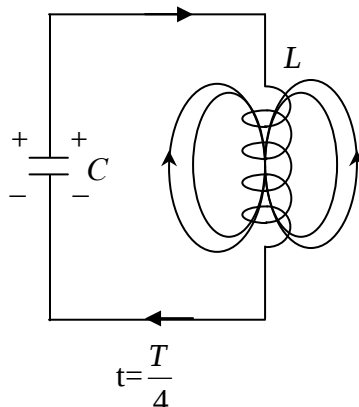
34-rasm.

Tok kuchi g'altakda magnit maydonini yuzaga keltiradi. Bunda Lens qoidasiga asosan g'altakda tokning ortishiga to'sqinlik qiluvchi o'ziinduksiya natijasida $0 < t < \frac{T}{4}$ vaqtda EYuK hosil bo'ladi. Kondensatorning zaryadsizlanishi natijasida E elektromagnit maydon kuchlanganligi va plastinkalar orasidagi kuchlanish kamayadi. Bu o'z navbatida elektromagnit maydon energiyasini kamayishiga olib keladi. Bu energiyani kamayishi hisobiga konturdagi tok kuchi

(i) va magnit maydon induksiyasi (B) hamda g'altakdagi magnit maydon energiyasi ortadi.

$t = \frac{T}{4}$ vaqt momentida kondensator to'la zaryadsizlanadi, undagi elektromagnit maydon va uning plastinkalaridagi kuchlanish yo'qoladi.

G'altakdagi tok, magnit maydon induksiyasi va g'altakning magnit maydon energiyasi o'zining yuqori qiymatiga erishadi (35-rasm).



35-rasm.

Konturning to'la energiyasi g'altakni magnit maydon energiyasining yuqori qiymatiga teng bo'lib, quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$W = W_m = \frac{L \cdot I_0^2}{2},$$

bu yerda, I_0^2 – konturdan oqib o'tayotgan tok kuchining yuqori qiymati.

Tebranish konturining siklik chastotasini bilgan holda elektromagnit tebranishlar davrini aniqlash mumkin:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{L \cdot C}. \quad (45)$$

Bu formula Tompson formulasi deyiladi.

Elektromagnit tebranish davri konturdagi kondensator sig'imiga va g'altak induktivligiga bog'liq bo'lib, uning tebranish chastotasi

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}. \quad (46)$$

$\frac{C \cdot U_0^2}{2} = \frac{L \cdot I_0^2}{2}$ tenglamadan foydalanib, konturdagi tok kuchi va kuchlanishning amplitudaviy qiymatlarini topish mumkin

$$U_0 = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (47)$$

$$I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}}, \quad (48)$$

Vaqt o'tishi bilan elektromagnit tebranishning amplitudasi kamayib boradigan tebranishlarga so'nuvchi elektromagnit tebranishlar deyiladi.

So'nuvchi elektromagnit tebranishlarning tebranish davri

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} \quad (49)$$

O'tkazgichning qarshiligi $\gamma^2 = \left(\frac{R}{2L}\right)^2 \leq \omega_0^2$, yetarlicha kichik bo'lganligi uchun, elektromagnit tebranishlar davri $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ formula yordamida aniqlanadi va so'nuvchi tebranishlar so'nmaydigan elektromagnit tebranishlarga aylanadi.

12.3. Mikrofonlar va radiokarnaylar

Bugungi kunda mikrofonlarning ko'p turlari mavjud bo'lib, ular qaysi maqsadlarda ishlatilishiga qarab tanlab olinadi. Mikrofonlarning ko'mirli, elektr dinamikli, radiomikrofon va hokazo turlari mavjud. Mikrofonlarning asosiy vazifasi kichik signallarni qabul qilib olib, ularni elektr tokiga aylantirish va bu tokni kuchaytirgichning kirishiga berishdan iborat. Kuchaytirgich bu kichik signallarni kerakli miqdorda kuchaytirib, radiokarnaylarga uzatadi. Mikrofonlar ishlatilish joyiga mos tarzda tanlab olinsa, kirish halaqitlari anchalik kam bo'ladi va kuchaytirgich chiqishida sof ovoz taqdim etiladi. Hozirgi kunda mikrofonlarga bo'lgan talablarning kattaligi, ularning yangi-yangi turlarini yaratilishiga sabab bo'lmoqda.

Mikrofon – bu tovush to'liqini bosimi orqali elektr tokini boshqarishga mo'ljallangan qurilmadir. Aytaylik, mikrofonga yetib kelgan tovush to'liqining bosimi r ni hosil qiladi va mikrofon zanjirida elektr yurituvchi kuch (EYuK) paydo bo'ladi.

$$e = k \cdot p.$$

Bu yerda, k – o'zgarish koeffitsiyenti.

O'zgarish ko'effitsiyentining qiymati imkon darajasida katta bo'lishi kerak. Ana shunda mikrofon kichik signallarga ham sezgir bo'ladi.

Agar o'zgarish ko'effitsiyenti signal chastota va amplitudasiga nisbatan o'zgarishsiz qolganida edi, mikrofon yaxshi ishlagan bo'lardi. Amaliyotda o'zgartirish ko'effitsiyenti, asosan chastota funksiyasiga va tovush bosimining amplituda o'zgarishiga bog'liq. Bu bog'liqlik o'z navbatida u yoki bu tovushning buzilishiga olib keladi. O'zgarish ko'effitsiyentining chastotaga bog'liqligi **chiziqli buzilish** deb aytiladi. Tovush tembrini o'zgartirganda bunday bog'liqlik asosida biz ba'zi chastotalarni kuchliroq, ba'zilarini esa kuchsizroq eshitilishini sezamiz.

O'zgartirish ko'effitsiyentini tovush signalining amplitudasiga bog'liqligi eshitilayotgan tovushda kombinasiya tonini hosil qilib, tovushning yomon eshitilishiga olib kelishi mumkin. Bunday buzilishga **chiziqsiz buzilish** deb aytiladi. Mikrofonning shovqinga nisbatan sezgirligi iloji boricha kichik bo'lishi kerak. Elektroakustik apparatning xususiyati o'zgartirish ko'effitsiyentini chastotaga bog'liqligi orqali topiladi va chastota xarakteristikasi deyiladi.

$$k = k(f),$$

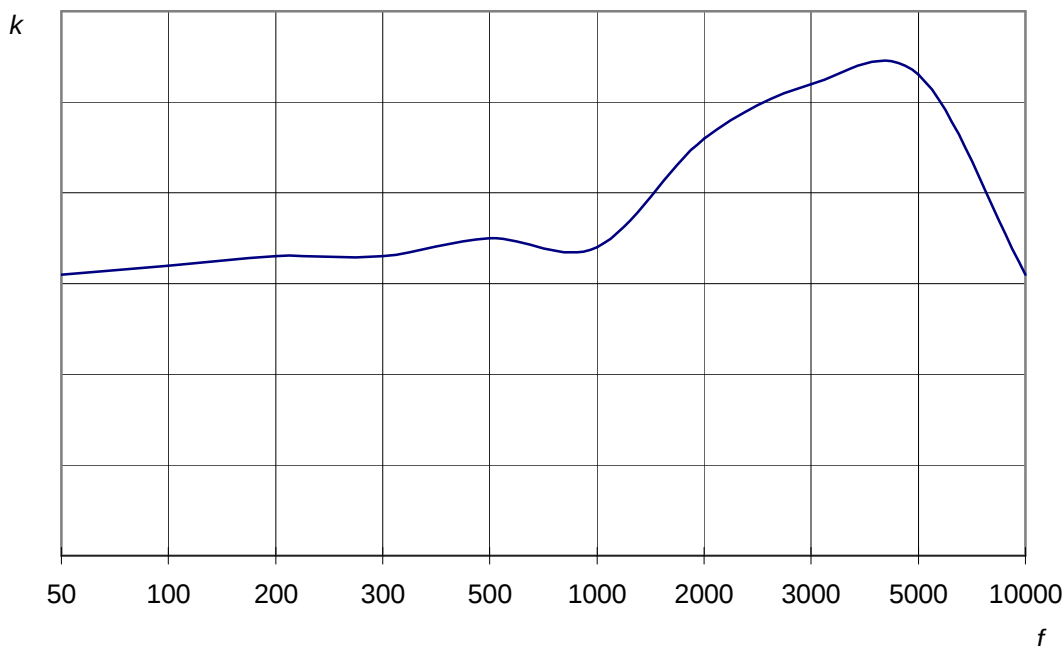
bu yerda k millivolt·bar da o'lchanadi.

Ko'mirli mikrofon

Ko'mirli mikrofon ma'lum o'lchamdagi qalin plastina orasiga ko'mir kukuni to'ldirilgan va usti ko'mir yoki metall membranadan tashkil topgan bo'ladi. Bunday mikrofon doimiy tok zanjirida turgan transformatorning birlamchi o'ramiga ketma-ket ulanadi. Transformatorning ikkinchi o'rami orqali signal modulyatorga yoki kuchaytirgichga berilishi mumkin.

Tovush bosimi bo'lmaganda ko'mir kukunining qarshiligi juda yuqori va mikrofon zanjiri orqali juda kichik tok oqib o'tadi. Agar mikrofon membranasiga tovush to'liqini ta'sir qilsa, ko'mir kukuni deformasiyalanadi. Buning oqibatida uning qarshiligi o'zgaradi va mikrofon zanjirida o'zgaruvchan tok hosil bo'ladi. Induksiya oqibatida ikkilamchi o'ramda EYuK hosil bo'ladi. Transformator asosan kuchaytiruvchi bo'lib, uning kuchaytirish ko'effitsiyenti $p = 5-10$.

Mikrofon ichidagi fizik jarayon hozirga qadar to'la aniqlanmagan. Ko'mir kukuni donalari ustidagi gaz qatlami o'tish qarshiligining o'zgarishiga olib keladi. Ko'mir kukuni donalariga tovush bosimi berilganda gaz qatlami buziladi, buning oqibatida o'tish qarshiligi kamayadi. Tovush bosimi yo'qolganda, u oldingi holatga qaytadi. 36-rasmda takomillashtirilgan ko'mir kukunli mikrofonning xarakteristikasi keltirilgan.



36-rasm.

Bu xil mikrofonning kamchiliklaridan biri, uning xususiy shovqinlari mavjudligidir. Bunga siljish paytida ko'mir kukunining bir-biriga yopishishi va tovush berilmagan holatga qayta olmasligi sabab bo'ladi.

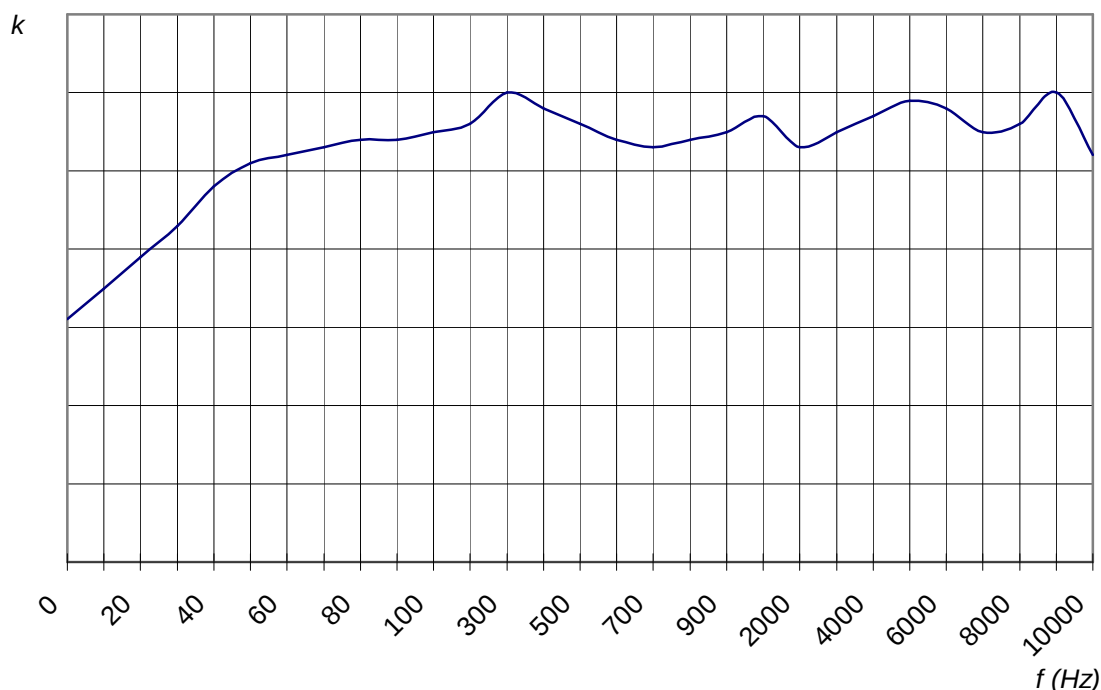
Kondensatorli mikrofon

Bu mikrofonning tuzilishi kondensatorning tuzilishiga o'xshash bo'lib, uning birinchi plastinasi qalin plastina, ikkinchisi membranani tashkil qiladi. U juda yengil bo'lib, oraliq dielektrik vazifasini havo bajaradi. Mikrofon doimiy tok zanjiriga aktiv qarshiligi katta bo'lgan qarshilik yordamida ketma-ket ulanadi. Membranani tebranishi oqibatida kondensator sig'imi o'zgaradi va zanjirda tovush chastotasining o'zgaruvchan toki hosil bo'ladi. Qarshilik uchlarida potentsiallar ayirmasi hosil bo'ladi. Kondensatorli mikrofonning chastota xarakteristikasi ko'mir kukunli mikrofonga nisbatan bir necha marta yaxshi. Uning asosiy kamchiligi sezgirligining pastligi va kuchlanishni ko'proq qabul qilishi hisoblanadi.

Elektrodinamik mikrofon

Bu mikrofon doimiy magnit maydon ta'sirida tebranayotgan o'tkazgichda paydo bo'ladigan EYuK asosida ishlaydi. Tebranayotgan o'tkazgich g'altak membranasiga mahkam yopishtirilgan yupqa metall tasma bo'lib, u tovush bosimi ta'sirida deformasiyalanadi. Mikrofon ikkita g'altakdan tashkil topgan bo'lib, ular

har xil xarakteristikalariga ega. Ular birga ishlaganida keng diapazonda chastota xarakteristikasi deyarli doimiy qoladi (37-rasm).



37-rasm.

Pezoelektrik mikrofon

Tovush bosimi segnet tuzidan tashkil topgan pezokristallga ta'sir qilganda, kristall chegaralarida potentsiallar ayirmasi hosil bo'ladi. Pezokristallning metall qoplamalarda $10 \text{ mV} \square \text{bar}$ signal paydo bo'ladi. Bunday mikrofonlarning chastota xarakteristikasi yaxshi hisoblanadi.

Temperatura ortishi bilan mikrofon xarakteristikasining buzilishi mazkur mikrofonning asosiy kamchiligi sanaladi. 50°C temperaturada segnet tuzini erishi kuzatiladi va 63°C da bu tuz to'la eriydi.

Radiomikrofonlar

Bu mikrofonlar ma'lum bir chastotada ishlashga mo'ljallangan bo'lib, uning mikrofoniga berilayotgan tovush bosimi EYuK ga aylantirilib, modulyatorga beriladi va efir orqali ma'lum bir radiusga tarqatiladi. Bu tovush signalini tarqatgich chastotasiga sozlangan priyomnik qabul qiladi va uni kuchaytirgichga beradi. Kuchaytirgich chiqishdagi signallarni zarur darajada kuchaytirib, eshituvchilar diqqatiga havola qiladi. Bu mikrofonning afzallik tarafi shundaki, u kuchaytirgichga kablesiz, radioto'lqin orqali bog'lanadi.

Radiomikrofonlarning kamchiligi shundan iboratki, ish jarayonida ta'minot batareykasining energiyasini kamayishi ularning xarakteristikasini o'zgarishi olib keladi.

Mikrofonlarni to'g'ri ishlatish jarayoniga, mikrofon bilan kuchaytirgich orasida joylashgan bog'lovchi ekranli kabel simining ham katta ta'siri bor. Agar bu kabelning uzunligi va qarshiligi to'g'ri tanlab olinmasa, kuchaytirgichning chiqish signali salbiy natijalarni beradi.

Endi bir oz radiokarnaylarga to'xtalsak. Ular ham mikrofonlarga o'xshab, turli-tuman quvvatlarga va chastotalarga ega.

Radiokarnaylar birinchi bo'lib 1885 yilda Peterburgda Oxorovich tomonidan kashf etilgan.

Ovoz chastotasining toki I bilan ta'minlanganda elektr dinamikda kuch hosil bo'ladi va uning o'ramida bo'ylama to'lqin hosil qiladi.

$$F \sim I \cdot B,$$

$$B=6000 \div 9000 \text{ gauss},$$

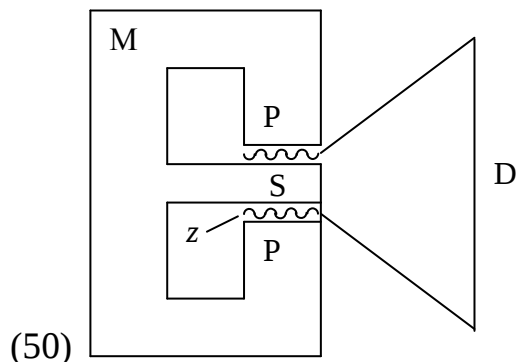
V – induksiyali magnit maydoni

D – diffuzor

z – g'altak (cho'lg'am)

Radiokarnayning
xarakteristikalaridan biri uning
sezgirligidir:

$$l = \frac{P}{U} \text{ bar/v},$$



bu yerda, R – ovoz bosimi, radiokarnaydan ma'lum bir masofada (taxminan 1 m),
 U – diffuzor cho'lg'amidagi kuchlanish.

Radiokarnayning sezgirligi signalning chastotasi yoki amplitudasiga bog'liq. Ixtiyoriy bog'liqlik l_0 tanlab olinib, cheksiz kattalik topiladi.

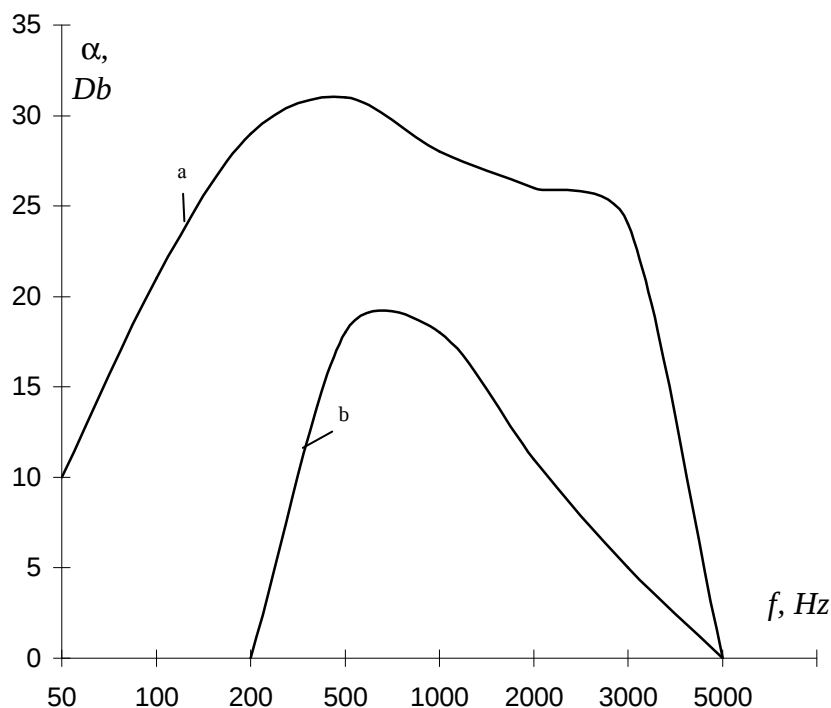
$$\alpha = 10 \lg \frac{l}{l_0} \text{ dB}.$$

Sezgirlikning 10^n o'zgarishi α o'zgarishiga javob bo'lib, u 10^n dB dan iborat.

Buning shunday qabul qilinishiga sabab, bizning ovozni eshitish organlarimizni qabul qilish darajasidir.

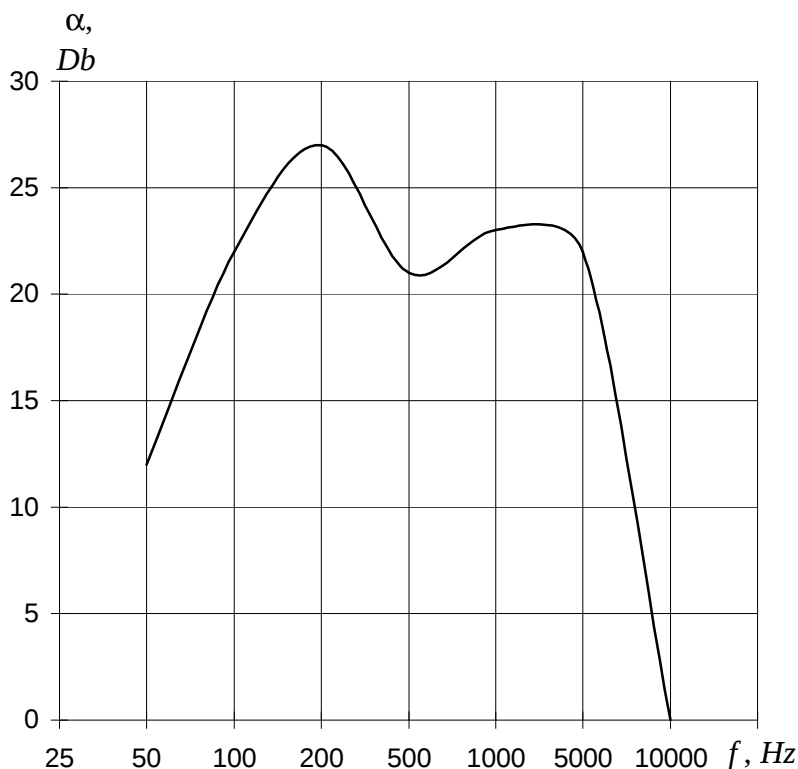
Karnayni chastota xarakteristikasi, karnay joylashadigan qutining ko'rinishiga va o'lchamlariga bog'liq bo'ladi. Quti ichiga o'rnatiladigan karnay o'rtaga emas, balki qutining baland yoki past qismiga o'rnatilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi. 38-

rasmda oʻrtacha sifatli dinamik karnayning (a), elektromagnitli dinamikning (b) chastota xarakteristikalarini berilgan.

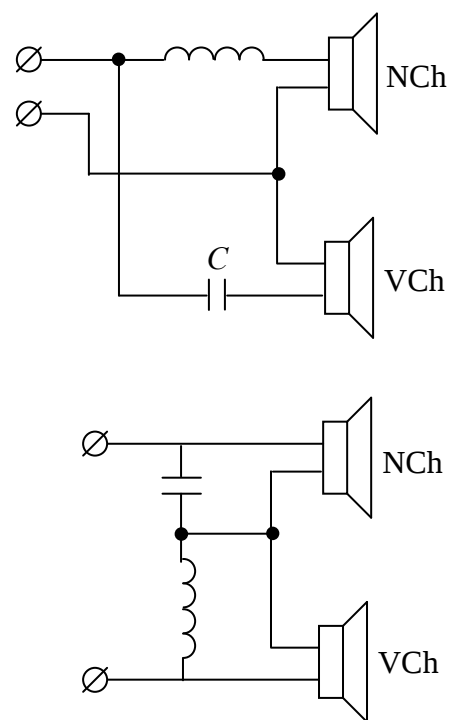


38-rasm.

Ikkala holda ham harakteristikaning past va yuqori chastotalarda pasayishi kuzatiladi. Kichik chastotali tovushni eshittirish uchun diffuzor katta oʻlchamlarda boʻlishi kerak (uzun tovush toʻlqini). Yuqori chastotali tovushni eshittirish uchun diffuzor va uning gʻaltagi yengil qoʻzgʻaluvchan boʻlishi lozim. Bu talablarni bir vaqtning oʻzida bajarish qiyin boʻlganligi uchun ikkita (hatto uchta), yaxshi xarakteristikaga ega, chastota oraliqlari turlicha boʻlgan karnaylar ishlatiladi. Bunday karnaylarni chastota xarakteristikasi 39-rasmda, ikkita karnayni ulanish sxemasi esa 40-rasmda koʻrsatilgan.



39-rasm.



40-rasm.

Radio liniyalariga ulanadigan karnaylar g'altagining qarshiligi 20 *Om* atrofida bo'lganligi uchun, ular radio simlariga doimo pasaytiruvchi transformatorlar yordamida ulanadi. Ularni bergan tovush bosimi 2-4 *bar* va qabul qiladigan quvvati juda kichik. Transformatorni birlamchi o'ramiga beriladigan kuchlanish 15-30 v.

Elektromagnitli karnayning xarakteristikasi ancha yomon bo'lib, uning ta'sir etuvchi kuchi, doimiy magnit induksiyasi yig'indisining kvadratiga proporsional. O'zgaruvchan induksiya $B = B_m \cdot \cos \Omega t$ tovush chastotasi tokini hosil qiladi.

Shuning uchun

$$f = k \cdot (B_0 + B)^2 = k \cdot \left[(B_0^2 + \frac{B_m^2}{4}) + 2B_0 \cdot B_m \cdot \cos \Omega t + \frac{B_m^2}{2} \cdot \cos 2\Omega t \right] \quad (51)$$

So'nggi paytlarda pezoelektrik karnaylari ham keng qo'llanilmoqda. Bu karnaylar membranalarining o'zgarishini, asosan majburiy mexanik pezokristall tebranishlari hosil qiladi. Ular pezokristall plastinalariga tovush chastotalarining kuchlanishi berilishi oqibatida ishlaydi. Pezoelektrik karnayining chastota xarakteristikasi elektromagnitli karnay harakteristikasiga qaraganda ancha yaxshi bo'lishiga qaramasdan, qo'llanilishi ancha chegaralangan. Chunki undagi segnet tuzi temperatura oshishiga chidamsiz.

Pezoelektrik karnaylar rossiyalik olimlar tomonidan ixtro qilingan bo'lib, ularda juda yupqa hamda $15-25 \text{ sm}^2$ yuzali plastinalar mavjud. Ularning chastotasi $250-4000 \text{ Hz}$, xarakteristikasi elektromagnitli karnayga nisbatan ancha yaxshi. Pezoelektr karnay ham xuddi elektromagnitli karnay kabi katta quvvatga ega va tovush bosimi 2-6 bar.

Radiokarnaylarni kuchaytirgich chiqishidagi quvvatga mos qilib tanlash mutaxassis tomonidan amalga oshiriladi. Aks holda, noto'g'ri tanlab olingan radiokarnaylar tez ishdan chiqishi mumkin. Radiokarnaylarni to'g'ri o'rnatilishi ham katta mahorat talab qiladi. Ularning eng ko'p ishlatiladigan tiplari elektrodinamik radiokarnaylardir.

Hozirgi kunda mikrofonlar va radiokarnaylar radiotexnika qurilmalarida, musiqiy ovoz yozish va eshittirish qurilmalarida, san'at saroylarida, hatto fazodan turib yer bilan bevosita axborot almashishda ham keng qo'llanilmoqda.

12.6. Diamagnitliklar, paramagnitliklar va ferromagnitliklar

Jismlarni tashkil etgan atom va molekulalardagi yadrolar atrofida stasionar orbitada aylanayotgan elektronlarning harakati natijasida molekulay toklarni hosil bo'ladi, deyish mumkin. Ularning har biri magnit maydoni hosil qiladi. Molekulay tokning magnit maydoni masofa o'zgarishiga qarab kamaya boradi ($\sim P_m/r^3$). Molekula o'lchamlari doirasidagi masofalarda magnit maydoni ancha katta qiymatlarga ega bo'ladi.

Jismlarning magnitlanish jarayoni dielektriklarning elektrlanish jarayoniga o'xshaydi.

Magnit maydoni ta'sirida magnitlanadigan moddalar **magnitliklar** deyiladi.

Tashqi magnit maydoni bo'lmasa, ya'ni $V=0$, magnitlanish vektori ham nolga teng bo'ladi $j=0$. Magnit singdiruvchanligi (μ)ga qarab moddalarni uch turga bo'lish mumkin.

1. **Paramagnitliklar.** Bu moddalar uchun $\mu \geq 1$ va ularda $\vec{B}_0$ va $\vec{B}'$ vektorlar bir tomonga yo'nalgan.

2. **Diamagnitliklar.** Bu moddalar uchun $\mu \leq 1$ va ularda $\vec{B}_0$ va $\vec{B}'$ vektorlar qarama-qarshi tomonga yo'nalgan.

3. **Ferromagnitliklar.** Bu moddalar uchun $\mu \gg 1$ va ularda $\vec{B}_0$ va $\vec{B}'$ vektorlar bir tomonga yo'nalgan.

Bir xil bo'lmagan magnit maydonida paramagnit jismlar magnit maydoni kuchlanganligi ortayotgan tomonga siljiydi va bu jismlar **maydonga tortiladi**. Diamagnit jismlar esa magnit maydonidan qochadi.

Tokli g'altakning magnit momenti $P = I \cdot S$ ga teng. Bu yerda, I – tok kuchi, S – kontur yuzi.

Bunda aylanma tok kuchi:

$$I = e \cdot v,$$

bu yerda, e – elektron zaryadi;

v – aylanishlar tezligi.

U holda orbita bo‘ylab aylanayotgan elektronning magnit momenti:

$$P_m = I \cdot S = e \cdot v \cdot \pi \cdot r^2$$

bu yerda, r – orbita radiusi;

$$v = 2\pi r \nu;$$

$$\nu = \frac{v}{2\pi r} \quad P_m = e v r / 2.$$

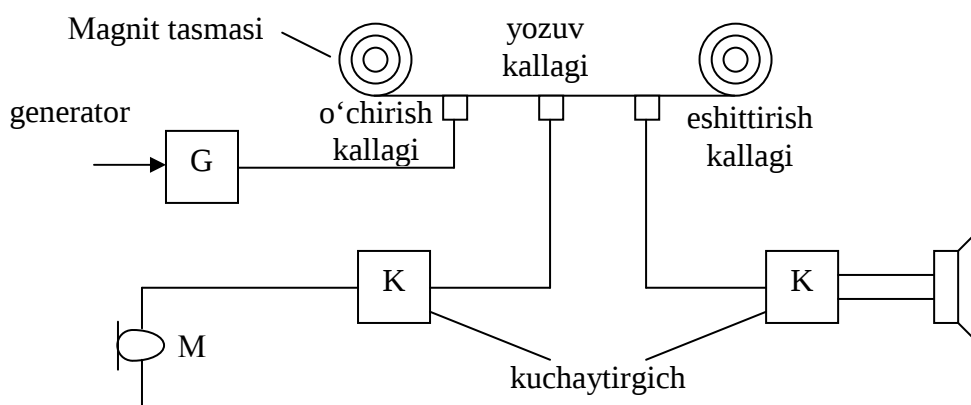
Mexanik impuls momenti $I_m = m \cdot v \cdot r$ ga teng, m – elektron massasi.

Orbital magnit momentining mexanik impuls momentiga nisbati

$$G = \frac{evr}{2mvr} = \frac{e}{2m} \text{ girromagnit nisbat deyiladi.}$$

12.7. Axborotni magnit usulida yozish

Nutq va musiqa tovushlarini saqlash, so‘ngra qayta eshittirishning eng keng tarqalgan usullaridan biri magnit yozuvidir. Magnit yozuvi ferromagnitlarda, tashqi magnit maydoni olingandan keyin ham, qoldiq magnitlanishning saqlanish xossasiga asoslangan. Magnitofonlarda tovush ferromagnit material kukuni aralashmasi qoplangan yupqa tasmaga yoziladi. Tovush to‘lqinlari mikrofon yordamida elektr tebranishlariga aylantiriladi. Tovush kuchaytirilganidan so‘ng halqasimon magnit cho‘lg‘amiga keladi. Magnit tasmasi halqasimon cho‘lg‘am elektromagnit qutblari orasida ma‘lum tezlik bilan tortilganida, uning turli qismlari cho‘lg‘amdagi tokning o‘zgarishiga mos holda magnitlanadi. Demak, magnit yozuvi jarayonini quyidagi chizma orqali ko‘rsatish mumkin (41-rasm):



41-rasm.

Yozuv jarayonida magnit tasmasida magnitlangan yo‘l hosil bo‘ladi. Yozuvni qayta eshittirish uchun magnit tasmasi yozuv vaqtida qo‘llanilgan tezlik bilan tortiladi. Magnitlangan tasma harakatlanganida halqasimon elektromagnitda magnit maydoni o‘zgaradi va unda induksion tok paydo bo‘ladi. Bu induksion tok

kuchaytirgichga beriladi va undan radiokarnay g'altagiga uzatiladi. Kuchaytirilgan induksion tok g'altakdagi tebranishlarni hosil qiladi, g'altakka yopishtirilgan diffuzor esa tebranishlarga mos tovushlar chiqaradi. Magnit tasmasidan yozuvni o'chirish uchun o'chirish kallagidan foydalaniladi.

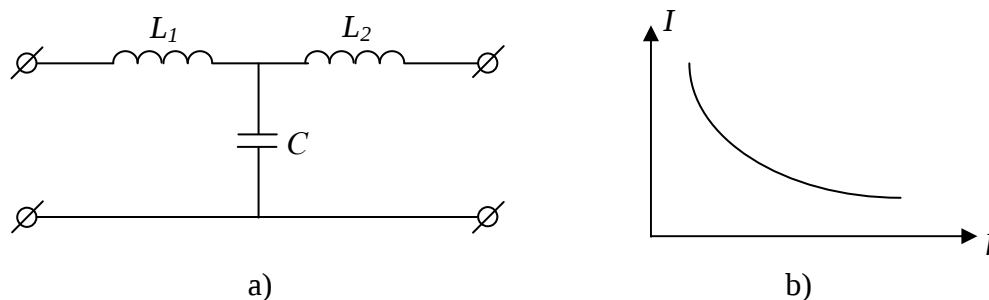
13. Elektr filtrlari haqida tushuncha

Filtrlar asosan radiotexnikada, avtomatika va telemexanika qurilmalarida va ovoz texnikalarida signallarni ajratish yoki tekislash uchun xizmat qiladi. Filtrlarni ishlashi asosida induktivlik bo'lib, yuqori chastotali toklarni ushlab qolib, kichik chastotali toklarni o'tkazish yotadi (doimiy tashkil etuvchi toklar). Shuningdek, sig'imlar yuqori chastotali toklarni o'tkazib, kichik chastotali toklarni ushlab qoladi va tokning doimiy tashkil etuvchisini ham umuman o'tkazmaydi.

Har qanday filtr har xil ko'rinishda ulangan sig'imlar (C) va induktivlik (L) lardan tashkil topadi va o'zidan biron-bir chastota oralig'idagi signallarni o'tkazadi yoki o'tkazmaydi.

Kichik chastotali filtrlar

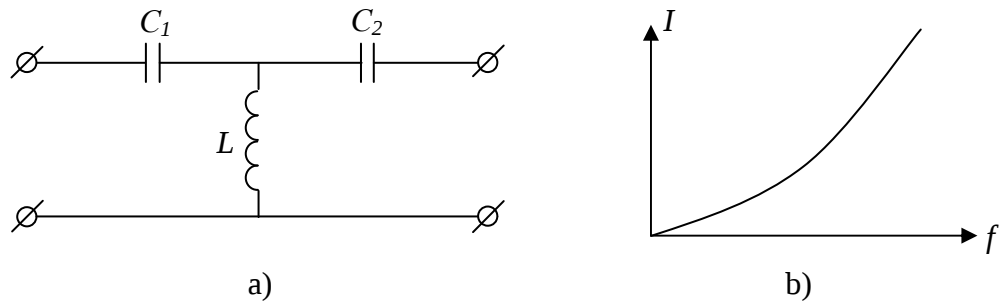
Kichik chastotali filtrlar o'zidan kichik chastotali signallarni o'tkazadi. Kichik chastotali toklar induktiv g'altagidan oson o'tadi, kondesatoridan esa juda yomon o'tadi. Induktivlik g'altaklaridan tuzilgan kichik chastotali L , C filtrlarining sxemasi va xarakteristikasi 42-rasm (a,b) da ko'rsatilgan.



42-rasm. T-ko'rinishdagi kichik chastotali filtr (a) va uning xarakteristikasi (b).

Yuqori chastotali filtrlar

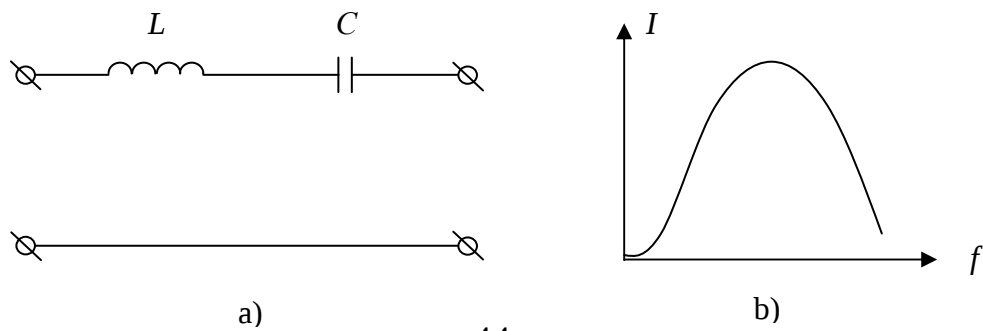
Yuqori chastotali toklar kondensatorlardan yaxshi o'tib, g'altakda tutiladi. Shuning uchun kichik chastotali filtrlar, rezonans chastotasidan oshgan toklarga qarshilik ko'rsatadi. Yuqori chastotali toklar kondensatorlardan oson o'tadi, induktiv g'altaklaridan juda yomon o'tadi. Yuqori chastotali filtrlarning sxemasi va xarakteristikasi 43-rasm (a,b) da keltirilgan.



43-rasm.

Oraliq filtri

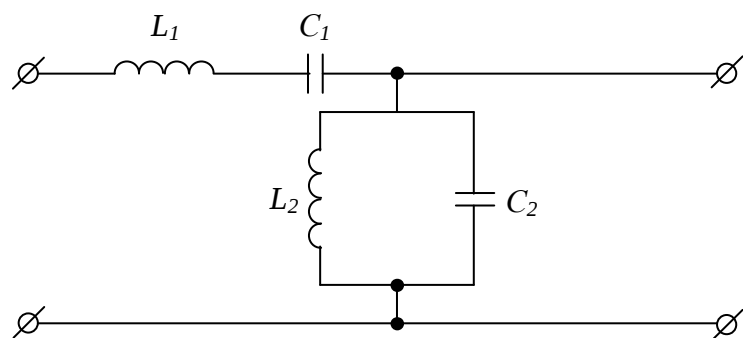
Oraliq filtri ma'lum bir chastotadagi yoki chastota oralig'idagi signallarni o'tkazadi, qolganlarini esa tutib qoladi. Oraliq filtrining sxemasi 44-rasm (a) va xarakteristikasi (b) da ko'rsatilgan.



44-rasm.

Bunday filtr rezonans chastotasiga to'g'ri kelgan chastotadagi tokni bimalol o'tkazish va boshqa chastotalardagi toklarni ma'lum miqdorda ushlab qolish imkoniyatiga ega.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (52)$$

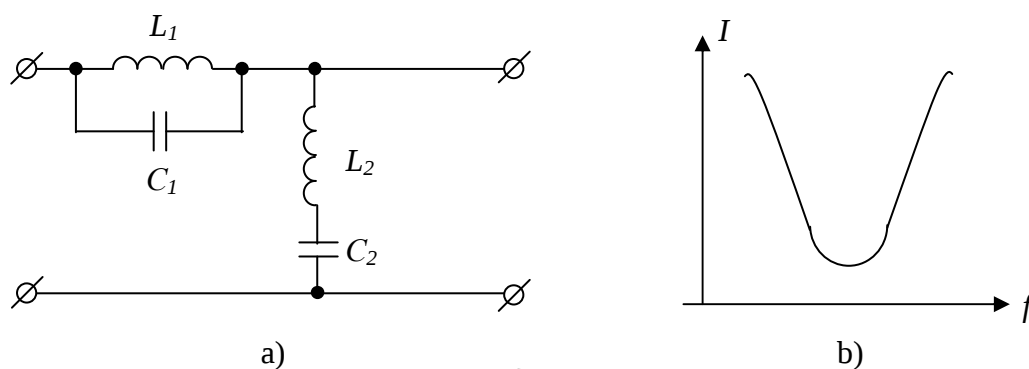


45-rasm.

Oraliq filtr zanjiri L_1C_1 orqali ma'lum U kuchlanishni apparatga o'tkazishga mo'ljallangan. L_2C_2 belgilangan rezonans chastotasiga moslangan (45-rasm). Bu kontur belgilangan chastotani tebranishiga katta qarshilik ko'rsatadi. Buning oqibatida oraliq filtrdan faqat ma'lum chastotadagi signal o'tadi, undan yuqori va kichik chastotaga to'g'ri keladigan signallar apparat qismiga o'tmaydi.

To'suvchi filtrlar

To'suvchi filtrlar asosan ma'lum chastotadagi toklarni ushlab qolib, shu oraliqqa to'g'ri kelmaydiganlarini hammasini o'tkazadi. Bunday filtrning sxemasi 46-rasm (a) va xarakteristikasi (b) da keltirilgan.

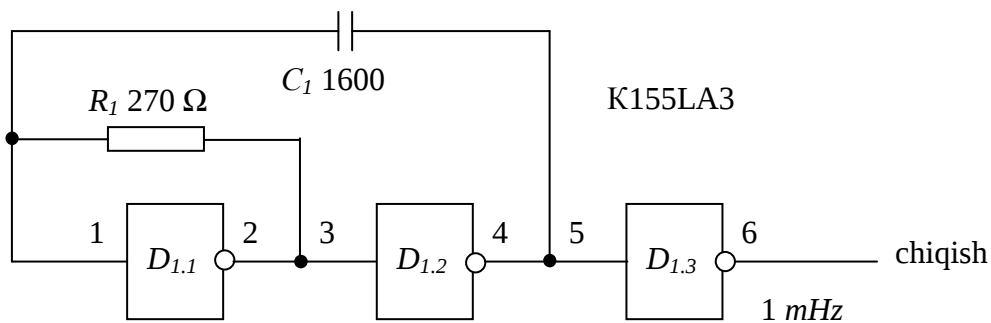


46-rasm.

14. Avtogeneratorlarning har xil ko‘rinishlari va ularni hisoblash

Hozirgi kunda integral mikrosxemalar elektron musiqiy asboblarda keng qo‘llanilmoqda. Bu elektron qurilmalarda har xil chastotalarni beradigan avtogeneratorlar eng qulay va arzon element bazalarida qurilmoqda va ular musiqiy asboblarda keng ishlatilmoqda. Ovoz texnikalariga xizmat ko‘rsatuvchi mutaxassislar bu oddiy avtogeneratorlarning tuzilishi, ishlashi va ularning har xil chastotalarga mo‘ljallab hisoblashni ham bilishlari kerak. Bu bo‘limda mana shunga o‘xshash masalalar ko‘rib, ularning hisoblari ham berilgan.

Oddiy avtogenerator asosan ikkita invertordan tashkil topadi va uning kuchaytirish koefitsienti K_u uncha katta emas. Shuning uchun, avtogenerator 47-rasmda ko‘rsatilganidek mikrosxema ichidagi uchta yoki to‘rtta invertordan tashkil topishi mumkin.



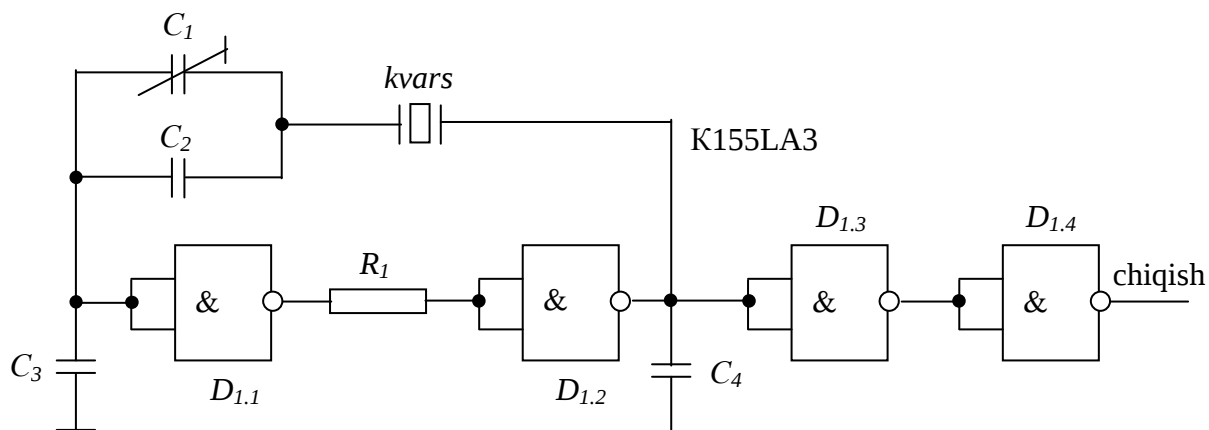
47-rasm.

Musbat qayta aloqa kondensatori C_1 ikkala $D_{1.1}$ va $D_{1.2}$ elementlariga ulangan. Bu yerda $D_{1.1}$ element chiziqli kuchaytirish rejimida ishlaydi. Qarshilik R_1 orqali manfiy qayta aloqa tashkil qilingan. $D_{1.3}$ element bu sxemada bufer vazifasini o‘taydi va nagruzkaning ta‘sirini avtogenerator chastotasiga ta‘sir etmasligini ta‘minlaydi.

47-rasmda ko‘rsatilgan avtogenerator chastotasi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

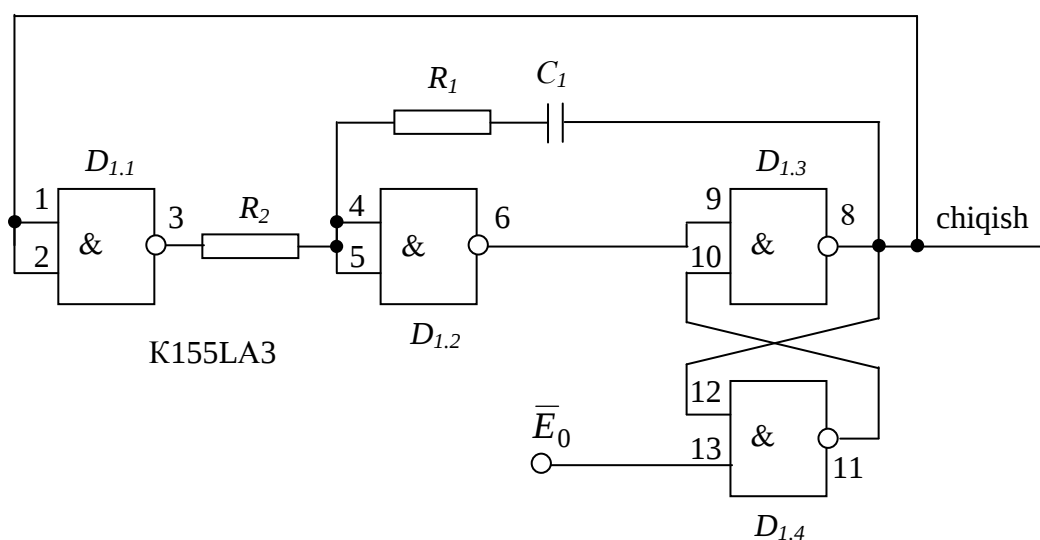
$$f = \frac{1}{3} (R_1 \cdot C_1) \quad (53)$$

48-rasmda xuddi oldingiga o‘xshash, lekin chastotasi kvars rezonatori bilan stabilizasiya qilingan avtogenerator sxemasi berilgan.



48-rasm.

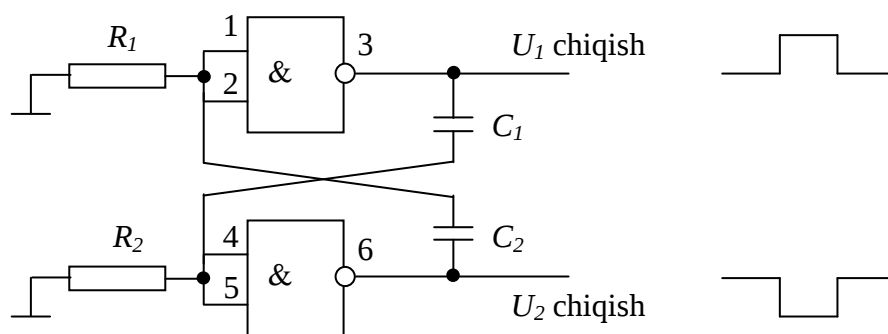
49-rasmda multivibrator asosida yig‘ilgan generatorni boshqarish sxemasi keltirilgan.



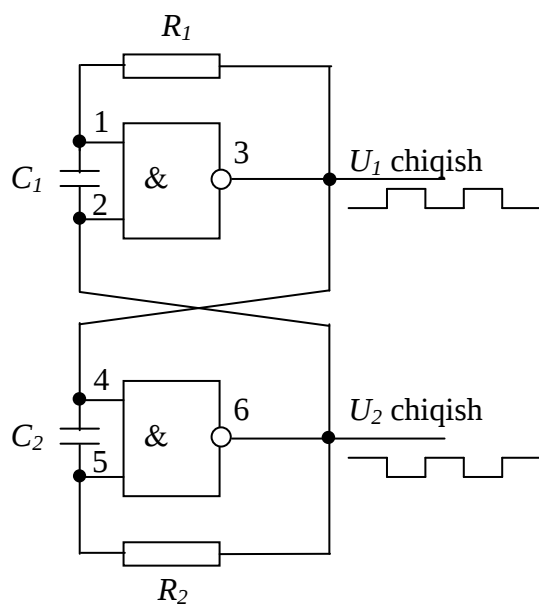
49-rasm.

Agar $\bar{E}_0$ kirishiga past miqdordagi kuchlanish berilsa, $D_{1.3}$ elementining ikkinchi kirishiga (10) yuqori miqdordagi kuchlanish keladi va $D_{1.3}$ chiqishida generator signali hosil bo‘ladi. Agar $\bar{E}_0$ kirishiga yuqori miqdordagi kuchlanish berilsa, $D_{1.3}$ ning (10)-oyog‘ida kichik potensial bo‘lganligi uchun generator chiqishidagi signal past miqdordagi signal bo‘ladi.

Ikki fazali chiqishli avtogenerator sxemasi 50-rasm (a,b)da ko‘rsatilgan.



a)

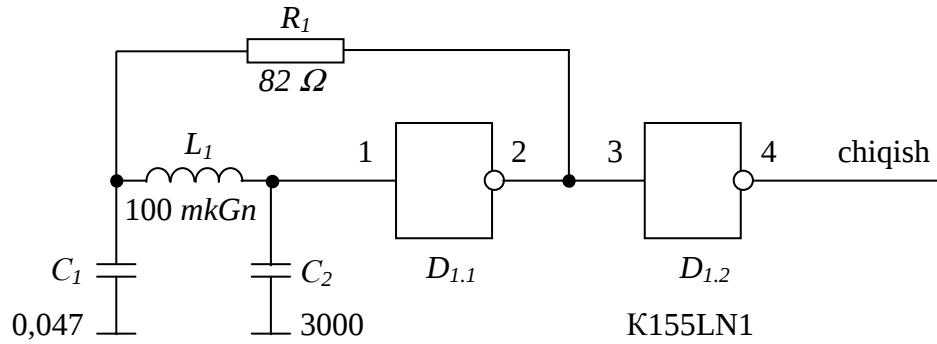


b)

50-rasm.

50-rasmning a) va b) sxemalari ularning vaqtni belgilovchi kondensatorlari va qarshiliklari bilan farqlanadi. 50a-rasmdagi sxemaning chiqish chastotasi, agar $C_1=C_2=100\text{ pF}$ bo'lsa, 2 MHz bo'ladi.

Agar 50b-rasmdagi kondensatorlar sig'imi $C_1=C_2=200\text{ pF}$ bo'lsa, uning chiqish chastotasi 1 MHz ga teng bo'ladi. Kondensatorlarining qiymatini o'zgartirib avtogeneratorning chiqish chastotasini o'zgartirish mumkin.



51-rasm. Tebranish konturli avtogenerator sxemasi.

Bu avtogenerator chastotasi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$f = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L \cdot C_9})}, \quad (54)$$

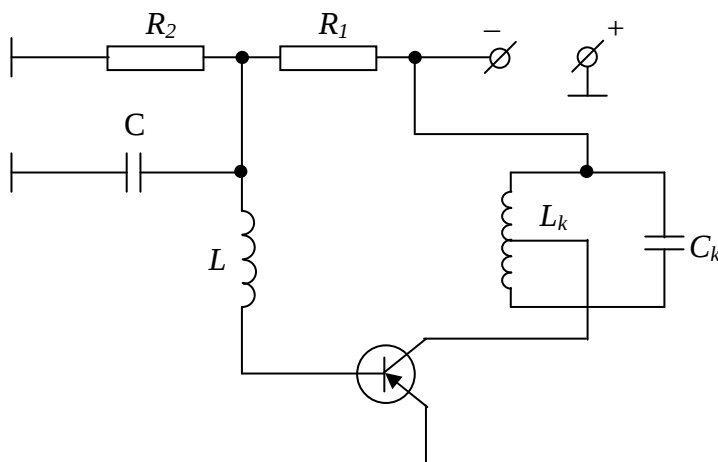
bu yerda, $\pi=3,14$ – doimiy kattalik;

L – induktivlik;

C_e – parallel ulangan C_1 va C_2 kondensatorlarning ekvivalent sig‘imi, yoki

$$C_9 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

Bu sxemaning yaxshi tarafi uning bitta invertor elementidan tashkil topganligidir.

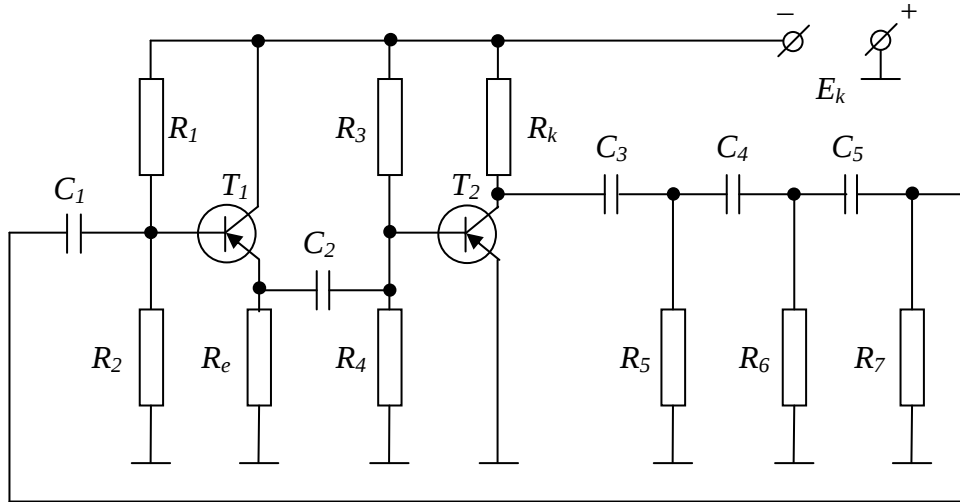


52-rasm. LC tipidagi avtogenerator sxemasi.

Bu sxemaning tebranish chastotasi:

$$f_0 = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L_k \cdot C_k})}, \quad (55)$$

bu yerda, L_k , C_k – tebranish konturining induktivligi va sig‘imi.

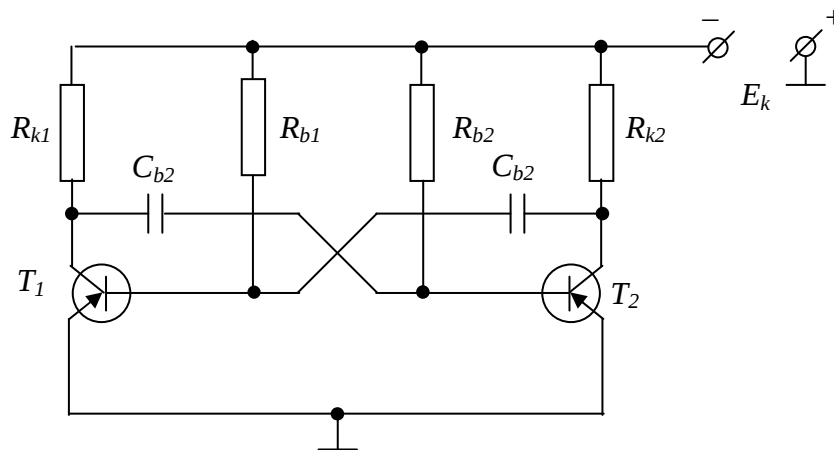


53-rasm. RC tipidagi avtogenerator sxemasi.

Bunday ko‘rinishli avtogeneratorning chastotasi quyidagi formula bilan topiladi:

$$f_0 = \frac{1}{(2\pi\sqrt{6 \cdot R \cdot C})}, \quad (56)$$

bu yerda, R , C – qaytish zanjirida turgan qarshiliklar va sig‘imlar qiymati.



54-rasm. Tranzistorli multivibratorning sxemasi.

Tebranish davri quyidagi formula bilan topiladi:

$$T = 0,7 \cdot (S_{b1} \cdot R_{b1} + S_{b2} \cdot R_{b2}), \quad (57)$$

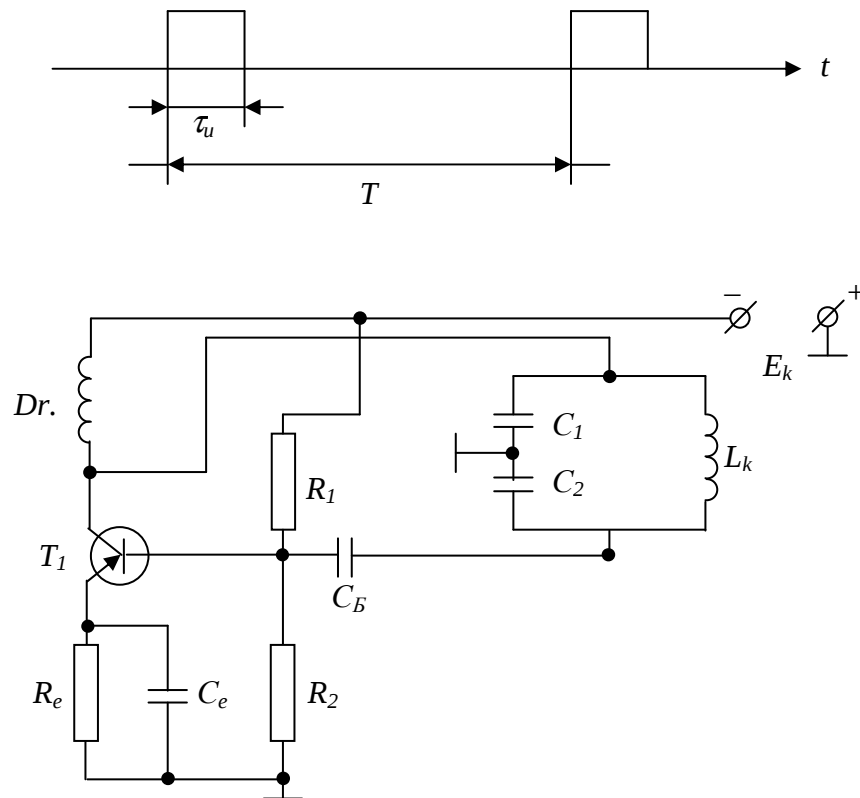
bu yerda, C_{b1}, C_{b2} – tranzistorning baza zanjiridagi kondensatorlar sig‘imi;
 R_{b1}, R_{b2} – baza zanjiridagi qarshiliklar.

Impuls signalining chuqurligi

$$Q = T/\tau_i, \quad (58)$$

bu yerda, T – impuls signalining davri;

τ_i – impulsni o‘tish vaqti.



55-rasm. Tranzistorli avtogeneratorning sxemasi.

42-misol. 55-rasmda keltirilgan avtogeneratorning tebranish chastotasi $f_0 = 2$ MHz. Agar kondensatorlar mos tarzda $C_1 = 430$ pF, $C_2 = 1000$ pF bo‘lsa, konturning induktivligi L_k topilsin.

Yechish. Formulaga asosan avtogeneratorning tebranish chastotasi

$$f_0 = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L_k \cdot C_{umum}})},$$

bu yerda, umumiy sig'ım:

$$C_{umum} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{430 \cdot 1000}{430 + 1000} = 300 \text{ pF}.$$

Konturning induktivligi

$$L_k = \frac{1}{(4\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot C_{umum})} = \frac{1}{(4 \cdot 3,14^2 \cdot (2 \cdot 10^6)^2 \cdot 300 \cdot 10^{-12})} = 21 \text{ mkGn}.$$

43-misol. Agar konturning rezonans vaqtidagi qarshiligi $R_{k.rez.}=20 \text{ kOm}$, kontur qarshiligi $r_k=20 \text{ Om}$, kontur sig'imi $C_1=C_2=410 \text{ pF}$ ga teng bo'lsa, 55-rasmda keltirilgan sig'imli qayta bog'langan generatorning tebranish chastotasi f_0 topilsin.

Yechish. $R_{k.rez.}=q \cdot R_k$.

Bundan $q = R_{vol.}/r_k$, q – tebranish konturining sahiyligi (dobrotnost).

$$R_k = \sqrt{R_{k.rez.} \cdot r_k} = \sqrt{20 \cdot 10^2 \cdot 20} = 632 \text{ Om},$$

$$C_{umum} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 205 \text{ pF}.$$

Chastota

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot C_{umum} \cdot R_k} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 205 \cdot 10^{-12} \cdot 632} = 1,2 \text{ mHz}.$$

44-misol. Tranzistorli multivibrator (54-rasm) uchun impuls orasidagi vaqt τ_2 topilsin. Bunda $R_{b1}=10 \text{ kOm}$, $S_{b1}=0,01 \text{ mkF}$.

Yechish. (58) formulaga asosan impuls chuqurligi (skvajnosti)

$$Q = T/\tau_i = (\tau_1 + \tau_2)/\tau_i.$$

Bu yerdan impuls oraliqidagi vaqt

$$\tau_2 = \tau_1 \cdot (Q - 1) = 0,7 \cdot R_{b1} \cdot S_{b1} \cdot (Q - 1) = 0,7 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot (20 - 1) = 1,33 \text{ ms}.$$

15. ATOM YADROSI FIZIKASI

Atom yadrosi va elementlar zarralari fizika kursida juda ko'p tilga olinadi. Bizga ma'lumki, atom yadrodan va elektronlardan tuzilgan. Bu atom yadrolarining tuzilishi va ularning aylaninishini o'rganuvchi fan yo'nalishini yadro fizikasi deb yuritiladi.

Barcha kimyoviy elementlar o'zlarining atomlarini har xil bo'lishiga qarab, ular bir-birlaridan fizik, kimyoviy jihatlaridan farqlanib, ichki tuzilishlari, og'irligi, atom og'irliklari, shaxsiy energiyalari va boshqa parametrlari bilan farqlanadi. Misol uchun, vodorod atomi o'zining tarkibi bilan kislorod atomidan va uran atomidan farqlanadi.

Atomlarning o'lchami va ularning massalari juda kichik bo'ladi. Masalan, vodorod atomining massasi $m=1,67 \cdot 10^{-24}$. Bu shundan dalolat beradiki, bir gramm vodorod tarkibida taxminan $6 \cdot 10^{23}$ miqdordagi atom bo'ladi.

Kimyoviy elementlar atom og'irliklarining taxminiy o'lchov birligi qilib kislorod atomi og'irligining $\frac{1}{16}$ qismi qabul qilingan. D.I.Mendeleyevning

kimyoviy elementlar davriy jadvalida hamma kimyoviy elementlarning atom og'irliklari keltirilgan. Bu jadvaldan bizga ma'lum bo'lishicha eng yengil atom vodorod atomi bo'lib, uning atom og'irligi 1.008 ga teng, uglerodniki – 12, kislorodniki – 16 va hokazo. Ba'zi og'ir kimyoviy elementlarning atom og'irliklari, vodorod atom og'irligidan taxminan ikki yuz marta ko'p. Simobning atom og'irligi 200,6, radiy elementining atom og'irligi 226 va hokazo. Mendeleyev davriy jadvalining pastki satrlarida joylashgan kimyoviy elementlarining atom og'irliklari yuqori hisoblanadi.

Agar jadvalda bir xil raqamda joylashgan kimyoviy elementlar bir xil kimyoviy tuzilishga ega bo'lib, atom og'irliklari bo'yicha farqlansa, ularni izotoplar deb yuritiladi. Izotoplar ko'plab kimyoviy elementlarda topilgan. Xlor ikkita izotopga ega, kalsiy – to'rtta, rux – beshta, qalay – o'n to'rtta va hokazo.

Moddalarning atom tuzilishining elektron nazariyasiga asoslanib, har qanday kimyoviy element markazi – yadrodan va uning atrofida aylanayotgan elementlardan tuzilgan bo'ladi.

Atom yadrosi asosan bir necha elementar zarrachalarning protonlarini o'z ichiga oladi. Agar siz atom tuzilishini va undagi fizik hamda kimyoviy jarayonlarni bilmoqchi bo'lsangiz, kam bo'lsa-da atom qismini tashkil etuvchi elektron zarrachalarining asosiy xarakteristikalarini bilan tanish bo'lishingiz kerak.

Elektron – juda kichik zarracha bo'lib, u tabiatda juda kam uchraydigan manfiy elektr zaryaddir. Elektron ham boshqa zarrachalar kabi o'zining massasiga ega. Uning tinch holatdagi massasi

$$m_0 = 9,1 \cdot 10^{-28}.$$

Elektronning massasi xuddi boshqa elementar zarrachalar kabi uning harakat tezligiga bog'liq bo'ladi. Elektronni harakat tezligining oshishi, uning massasining oshishiga sabab bo'lib, bu hodisa asosan elektromagnit xossasiga bog'liq ekani kuzatiladi. Bu shundan dalolat beradiki, harakatlanayotgan elektronda elektromagnit maydoni bo'lib, uning massasi va elektromagnit energiyasi bo'ladi. Elektron qancha tez harakatlansa, elektromagnit maydon inersiyasi shuncha ko'payadi, massasi va elektromagnit energiyasi ham ortadi.

Elektronning tinch holatdagi massasi va harakat tezligiga qarab, harakatdagi elektronning massasi quyidagi formula bilan topiladi

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (59)$$

bu yerda, m_v – harakatdagi elektron massasi, grammda;

m_0 – elektronning tinch holatdagi massasi, grammda;

v – elektron harakatining tezligi, sekundiga santimetrlarda (*sm/sek*);

c – $3 \cdot 10^{10}$ *sm/sek* – yorug'lik tezligi.

Atom yadrosi tarkibiga elektrondan tashqari proton va neytron zarrachalari kiradi. Proton musbat elektr zaryadi bo'lib, uning absolyut qiymati zaryadlangan elektron qiymatiga teng. Proton massasi $1,67 \cdot 10^{-24}$ ga teng va bu tinch holatdagi elektron massasidan 1840 marta ko'pdir.

Elektron va protonlardan farqli bo'lgan neytron elektr zaryadiga ega emas. Shuning uchun, bu elementar zarrachalar elektroneytral holatda bo'ladi deb ham tushuniladi. Amalda neytron massasi proton massasiga teng ($1,67 \cdot 10^{-24}$ g).

15.1. Atom yadrosining energiyasi

Massa bilan energiyaning bog'liqlik qonuni har qanday material uchun qat'iy hisoblanib, quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$W = m \cdot c^2, \quad (60)$$

bu yerda, W – materialning energiyasi, *erg*;

m – materialning massasi, *gramm*;

c – $3 \cdot 10^{10}$ *sm/sek* – yorug'lik tezligi.

Materialning o'zidan energiya ajratgan vaqtdagi massasi o'zgarishini – massaning energiyaga aylanib ketishi deyish to'g'ri emas. Har qanday energiyaning tarqalishi massaning saqlanib qolishini ta'minlaydi va umumiy energiya miqdori ham saqlanadi. Kimyoviy element atomi yadrosida bo'ladigan yadro reaksiyasi jarayoni esa nisbatan boshqacharoq kechadi.

15.2. Yadro reaksiyasi

Yadro reaksiyasi bu – bir atomning yadrosi boshqa atomning yadrosiga aylanishi mumkin bo‘lgan fizik jarayon hisoblanadi. Shu reaksiyada qatnashgan yadro materiali, misol uchun, atom bombasini portlashi grammlarda o‘lchanadigan massani yo‘qolishiga olib keladi. Shuningdek, juda katta yadro (atom) energiyasi ham ajraladi. Misol uchun, atom bombasi portlashida yadro materialining massasi boshqa massaga aylanadi va agarda uning og‘irligi 10 gr bo‘lsa, uning ajratayotgan energiyasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$W = m \cdot c^2 = 10(3 \cdot 10^{10})^2 = 2 \cdot 10^{21} \text{ erg yoki } 216 \cdot 10^9 \text{ katta kaloriya.}$$

Eslatma. 1 erg = $0,24 \cdot 10^{-10}$ katta kaloriyaga teng.

Demak, yadro materialining 10 gr massasi ajratgan energiya miqdori ikki yuz o‘n olti milliard katta kaloriyaga teng ekan. Bunday issiqlik energiyasini olish uchun 30000 tonna yuqori sifatli toshko‘mir sarflash kerak bo‘lar edi. Atom yadrosidan energiyani ikki yo‘l bilan ajratish mumkin:

1. Murakkab atom yadrosining parchalash yo‘li bilan oddiy uran yadrosini yoki plutonni olish;

2. Bunga teskari holat, ya‘ni murakkab atom yadrosiga oddiy atom yadrolarini qo‘shilishi hisobiga og‘ir atom hosil qilish. Misol uchun, geliy atom yadrosiga juda yuqori og‘irlikka ega bo‘lgan vodorodni qo‘shilishidan og‘ir atom hosil bo‘ladi.

15.3. Uran atom yadrosi reaksiyasini atom bombasida ishlatilishi

Tabiatdan qazib olingan uran tarkibida uning uch izotopi mavjud bo‘ladi. Ulardan birining atom og‘irligi 238, ikkinchisidiki 235 va uchinchisining atom og‘irligi 234 ga teng.

Tabiatdan olingan uranning asosiy izotopi – uran 238 hisoblanib, uning tarkibida asosan 99,3% tabiiy toza uran mavjud. 235 uran izotopi, tabiiy uran tarkibida faqat 0,7% ni tashkil qiladi va nihoyat 234 uran izotopi tabiiy uranning 0,006% ini tashkil qiladi.

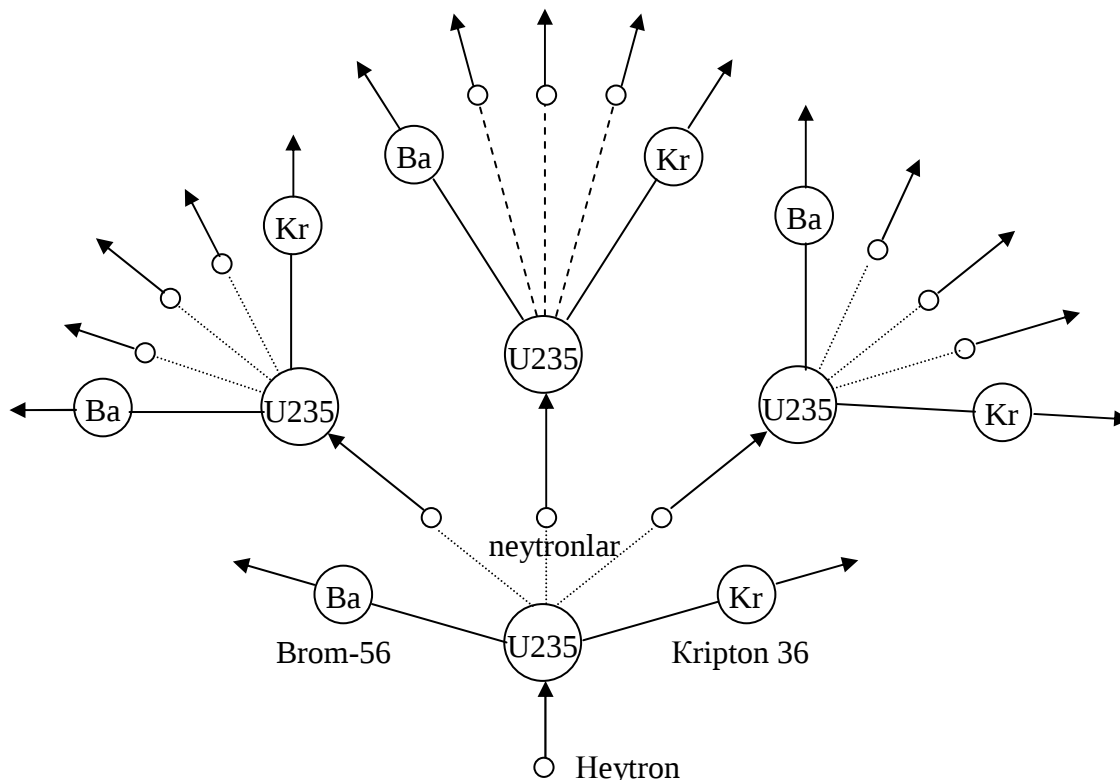
234 uran izotopi tabiiy uranning juda kichik foizini tashkil qilgani uchun uni tajribada qo‘llash mumkin emas.

238 uran yadrosi o‘zining katta mustahkamligi bilan 235 uran yadrosidan farq qiladi. 238 uran yadrosini 10-15 ming kilometr/sekund tezlik bilan uchib kelayotgan neytron bilan parchalash mumkin. Agar 238 uran yadrosiga tezligi katta bo‘lmagan neytron ta’sir etsa (o‘nlab km/sek), u parchalanmaydi va bu neytronni u o‘ziga yutadi va buning oqibatida neptun yadrosiga aylanadi va keyin esa plutoniyga aylanib, 92-katakda turgan uran bilan qo‘shni bo‘ladi va elementlar jadvalidagi 93- va 94-kataklerden o‘rin oladi.

235 uran atomi esa aksincha, juda katta mustahkamlikka ega emas. Bunga kichik tezlikdagi neytron ta'sir etsa bo'lgani, u parchalanadi. Lekin, ma'lumki 235 uran izotopi tabiiy uran tarkibida juda kam miqdorda bo'lganligi uchun, kuchli yadro reaksiyasini olish ancha qiyin. Buning uchun toza 235 uran materiali yetarli miqdorda bo'lishi kerak.

15.4. Uran 235 ning yadro reaksiyasi

Bu jarayon quyidagicha amalga oshiriladi. Misol uchun, qandaydir neytron uran 235 atomining yadrosiga ta'sir etdi. Buning oqibatida atom yadrosi ikki bo'lakka parchalanadi. Birinchisi bariy 56 va ikkinchi bo'lagi kripton 36 (lantan 57 va brom 35 larga) aylanadi. Ular har tarafga katta tezlik bilan sachraydi. 235 uran atomining parchalanishi oqibatida uchta tez neytron ajraladi (ikkilamchi neytronlar), bularning har biri yo'lida uchragan atom yadrolarini parchalantiradi. Buning oqibatida uchta yangi uran 235 atom yadrosi parchalanadi va oqibatda hammasi bo'lib to'qqizta tez neytron paydo bo'ladi. O'z navbatida to'qqizta yangi atom yadrosi parchalanishi oqibatida yigirma yettita tez neytron hosil bo'ladi. So'ngra, yigirma yettita atom yadrosi parchalantirilib, sakson bitta neytron hosil qilinadi va hokazo. Bu jarayonni uran 235 yadro atomi parchalanishining zanjir reaksiyasi deb yuritiladi (56-rasm). Bu jarayon juda tez o'tadi va oqibatda atom portlashi ro'y beradi. Buning oqibatida juda katta energiya ajraladi va buni atom energiyasi deyiladi. Atom portlashining kuchi (1 kg yadro materiali) ishlatilganda 16000000 yuqori sifatli portlovchi moddani sarflab hosil qilingan portlash kuchiga tengdir.



56-rasm. Uran 235 yadro atomining parchalanish zanjir reaksiyasi.

Eng katta yadro energiyasini termoyadro reaksiyasi beradi. Termoyadro reaksiyasi vaqtida energiya bir necha marta og'ir yadroni parchalanish reaksiyasidan iborat bo'ladi. Buning uchun og'ir geliy yadro atomini tashkil etuvchi og'ir vodorod yadrosidan (deyteriya) va yuqori og'irlikdagi vodorod yadrosi (tritiya) dan foydalaniladi.

Deyteriya yadrosi asosan bitta proton va bitta neytrondan tashkil topgan bo'ladi.

Tritiya yadrosi bitta protondan va ikkita neytrondan tashkil topgan. Yuqori darajadagi issiqlik (bir necha million gradus) ta'sirida deyteriya yadrosi tritiya yadrosi bilan qo'shilib og'ir geliy yadrosini hosil qiladi. Bu hol atom portlashi paytida sodir bo'ladi. Og'ir geliy yadrosi ikkita neytron va ikkita protondan tashkil topadi. To'g'ri yo'nalishdagi bitta neytron juda yuqori tezlik bilan o'rab turgan muhit tomon harakatlanadi.

Yadro (atom) energiyasi tinchlik maqsadlari uchun ham ishlatilishi mumkin. Bularga misol sifatida atom elektrostansiyalarini keltirish mumkin, bunda asosan uran 238 materiali ishlatilishi mumkin.

238 uran yadrosi, yuqorida aytib o'tilganidek, kichik tezlikdagi neytron bilan urilganida parchalanmaydi. Buning oqibatida sekin tezlikdagi neytronni yutib, qo'shni element neptun yadrosiga aylanadi. Undan keyin esa unga qo'shni bo'lgan plutoniy yadrosiga aylanadi. Yadro reaksiyasi ta'sirida olingan plutoniy elementi radioaktiv hisoblanadi. O'zidan alfa nurlarini tarqatuvchi plutoniy yadro atomi

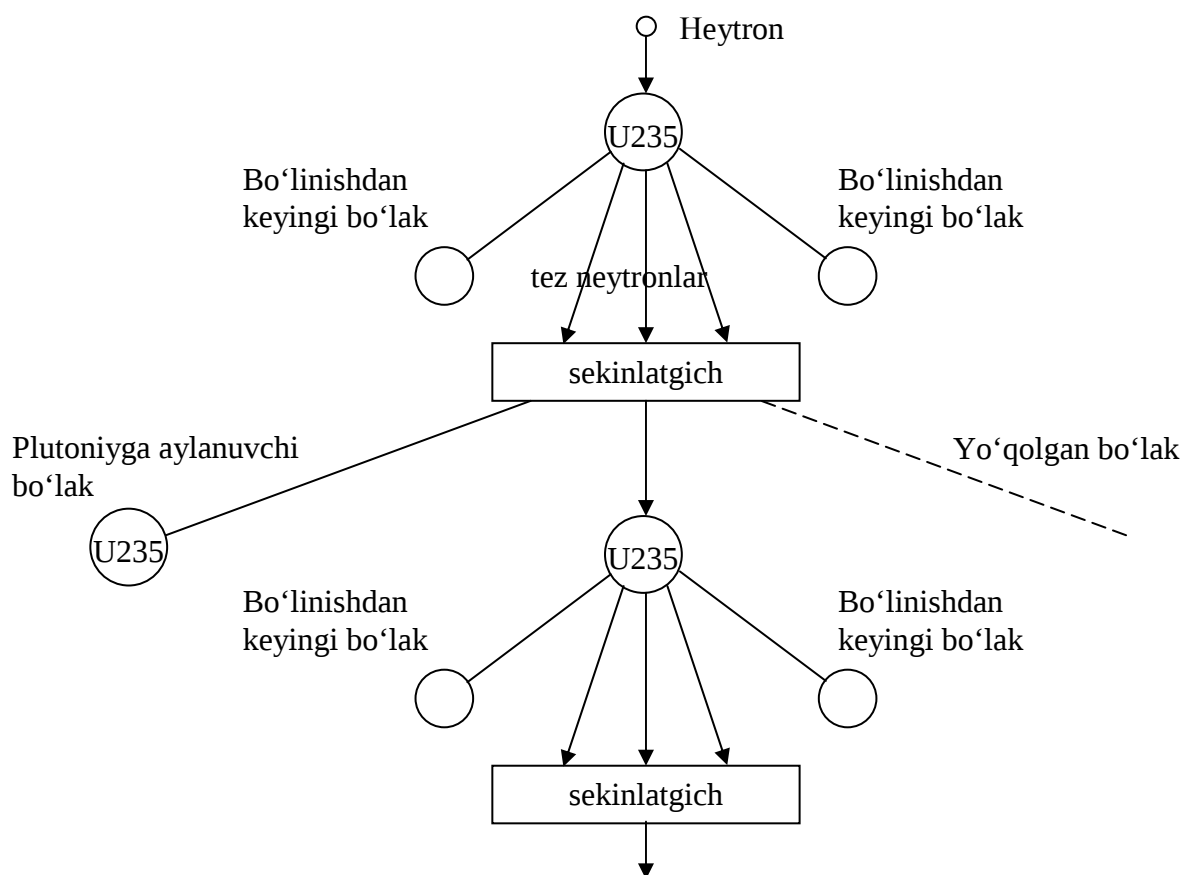
(og'ir geliy yadro atomi) uran 235 yadro izotopiga aylanib, aktiv yadro yoqilg'isi hisoblanadi.

Plutoni yadrosi juda kerakli element hisoblanadi. Birinchidan plutoni yadrosi sekin tezlikdagi neytron bilan parchalanadi va o'zining kimyoviy tarkibiga ko'ra urandan farqlanadi. Uran 238 yadro reaksiyasi paytida plutoni elementini ajratib olish uchun ishlatiladigan qurilmani, atom reaktori deb yuritiladi.

Atom reaktori ichiga tabiiy uran izotoplaridan uran 238 va uran 235 qo'yiladi. 235 uran yadrosiga sekin tezlikka ega bo'lgan neytron ta'sir ettirilib parchalanadi va bu parchalanish oqibatida u yengil kimyoviy element yadrolariga aylanadi. Shuningdek, uran 235 yadrosidan uchtdan tez neytron ajraladi. Bu neytronlar yo'liga reaktor ichiga maxsus kiritilib qo'yilgan modda (misol uchun grafit) sekinlatgich rolini bajaradi (57-rasm). Sekinlatgichning asosiy vazifasi tez neytronni kinetik energiyasining bir qismini o'ziga olish va uning tezligini sekinlashtirishdan iborat.

Uran 235 yadrosi parchalanganda tez neytronlar 238 uran yadro atomlariga ta'sir etmasligi uchun shunday qilinadi. Sekinlantirilgan bitta qism neytron uran 235 yadro atomini parchalashda davom etadi va buning oqibatida atom reaktori ichida uzluksiz zanjir reaksiyasi davom etadi. Bu jarayon juda tez ro'y bermaydi va portlashlarsiz sekin boradi. Bunga asosiy sabab, uran 235 yadro atomini soni uran 238 yadro atomidan ancha kamligi bo'ladi. Boshqa sekinlantirilgan neytronlarni uran 238 yadro atomi yutadi va uni plutoni yadro atomiga aylantiradi.

Shunday qilib, atom reaktorining asosiy vazifasi yoqilg'i sarflash bilan bir paytda yadro yoqilg'isi hisoblangan plutonini olishdan iboratdir. Agar atom reaktorida bir yil ichida bir tonna uran 235 yadro yoqilg'isi sarflansa, bir tonna yangi yadro yoqilg'isi plutoni elementini olish mumkin. Bu olingan plutoni yadro yoqilg'isini atom reaktorida yangi yoqilg'i sifatida ishlatib, bir yildan keyin yana bir tonna plutoni yoqilg'isi uran 238 sarflanishi hisobiga olinadi. Atom reaktorining asosiy sarflaydigan materiali 238 bo'lib, uning tabiiy uran tarkibidagi qismi 99,3% ni tashkil qiladi.



57-rasm. Uran yadro reaksiyasini sekinlashtirish.

Agar atom reaktorida sekin neytronlar soni qancha ko'p bo'lsa, yadro reaksiyasi shuncha tez o'tadi, aks holda, ya'ni sekin neytronlar kam bo'lsa, jarayon sekinlashadi. Ayrim hollarda yadro reaksiyasining tezligini boshqarish uchun atom reaktori ichiga sekin tezlikdagi neytronlarni yutadigan maxsus yutqichlar, misol uchun, kadmiy kiritiladi. Kadmiy miqdorini oshirish evaziga atom reaktori ichidagi uran yadro reaksiyasi pasaytiriladi va kerak bo'lsa, umuman to'xtatiladi (57-rasm). Sekin neytronlarning reaktordan uchib chiqishini oldini olish uchun maxsus qoplama bilan to'siladi. Atom reaktorlarida ehtiyot choralari nihoyatda yuqori bo'lishi talab etiladi.

Yadro reaksiyasi paytida intensiv radionurlanish, gamma nurlar, neytronlar paydo bo'ladi va ular shu joyda xizmat qilayotgan ishchilar hayotiga katta xavf soladi. Buni oldini olish uchun, atom reaktorlari muhitdan ayrim elementlar bilan ihotalanishi kerak. Buning uchun, radiaktiv nurlarni yutuvchi elementlar, masalan kadmiy, qo'rg'oshin va boshqalarni ko'rsatish mumkin. Atom reaktorining tevarak-atrofi bir necha metr qalinlikdagi beton devorlar bilan o'ralgan bo'ladi. Atom reaktori ishlayotgan paytda katta issiqlik energiyasini ajratib chiqaradi va undan xalq xo'jaligida samarali foydalaniladi.

16. ELEKTRON MUSIQA VA ELEKTRON MUSIQIY CHOLG'ULAR

16.1. Elektron musiqiy cholg'ular

Mazkur mavzu xususida fikr yuritar ekanmiz, avvalo, bu yo'nalishlarning kelib chiqishi xaqida to'xtalib o'tishimiz lozim. O'zining nisbatan qisqa davr ichidagi rivojiga qaramasdan elektron musiqiy cholg'ular zamonaviy musiqachi va kompozitorlar ijodiyotiga atrofli darajada kirib borgan. Bu xususda qator misollar keltirish mumkin. Elektron texnikalarning musiqa muhitiga kirib borishi XX asrning ikkinchi yarmidan to hozirgi kunga qadar madaniyatning umumiy holatini aks ettirayotgan yangi texnologiyalar asosidagi qurilmalar bilan kirib kelmoqda. Ularning insoniyat dunyoqarashiga va umuman jamiyatga bo'lgan ta'siri beqiyosdir.

Shunisi quvonarliki, taraqqiyot yangiliklari biz uchun oddiy emas, balki inson ijodining to'laqonli qatnashchisi bo'lib qolmoqda, jumladan, ushbu hodisa san'atning barcha jabhalarida o'z o'rniga egadir. Shuning uchun mazkur jarayonlardan faqat shodlanish zarur, chunki inson texnik inqilobning qurboni emas, balki uning boshqaruvchisidir. Ushbu munosabatda, zamonaviy musiqachi o'tgan asrlar masiqachisidan hech farqlanmaydi.

Elektron musiqiy cholg'ular bir yarim asrlik tarixga ega. 1852 yilda fortepianoni elektrlashtirish harakati bo'lib, ushbu urinish muvaffaqiyatsizlikka uchragan bo'lsada, keyinchalik 1897 yilda birinchi elektron musiqiy cholg'u – **tellarmonium** yaratilgan va ishlab chiqarilgan.

Elektron cholg'ularni hech qanday cholg'ular sinfiga kiritib bo'lmaydi; ular yangi, o'ziga xos sinfni tashkil qiladi. Barcha musiqiy asboblarning sinfi kabi u ham o'z ichida xos bo'linishga ega. Shunday qilib:

1. Birinchi guruh elektron cholg'ularda tovush avvalambor an'anaviy usul bilan hosil qilinib, keyin esa elektron vosita bilan kuchaytiriladi va o'ziga xos o'zgarishlarga ega bo'la oladi. Bunday cholg'ular **elektrlashtirilgan** deb nomlanadi. Ushbu guruhning eng yorqin namoyondasi **elektron gitara** hamda unga o'xshagan cholg'ular (**bas-gitara, elektron skripka** va aynan o'zbek musiqasida esa **elektron tanbur, elektron qonun, elektron soz** kabilardir) hisoblanadi.

2. Ikkinchi guruhga shunday cholg'ular kiradiki, unda tovush elektromagnit tebranish orqali hosil bo'ladi. Elektron kuchaytirgichlar tovushni kuchaytiradi va unga turli tembrlar baxsh etadi.

Shunday qilib 1852 yildagi fortepianoni elektrlashtirish urinishidan ikki yil avval nemis olimi IIMGOLS elektr moslamasi orqali kamertonni doimiy amplituda bilan tebranishga majbur etgan. Biroq bu hali musiqiy cholg'u qurilmasi emas edi. Elektrlashtirilgan fortepiano esa xaqiqiy musiqiy asbob hisoblangan.

Elektr pianining tuzilishi juda oddiy edi. Musiqachi klavishani bosishi natijasida kontaktlar ulanib maxsus bolg'achalarning torga urilishi vujudga keladi. Tor tebranib bir tomonga chetlanadi va torning kontaktiga tegadi. Tok elektromagnitga boradi va u torni o'ziga tortadi, biroq tor kontakti ochilib,

elektromagnit harakatdan to'xtaydi. Tor yana chetlanib kontakti ulaydi va bu jarayon shu zaylda takrorlanadi. Shunday qilib, tor tovushi, klavisha qay muddat bosilib tursa, shu vaqt mobaynida so'nmaydi.

Bundan bir necha yil keyin esa boshqa elektron musiqiy cholg'u – **telarmonium** deb atalmish cholg'u ixtiro qilingan. Buning nomi o'sha davrlarda «Masofadagi musiqa» – degan mazmunga asoslangan. Cholg'u kashfiyotchisi amerikalik *Kaxill* hisoblanib, u musiqa asbobidagi tovushning hosil bo'lishi asosan o'zgaruvchan tok tebranishlariga bog'liq ekanligini isbotladi.

Zanjirdan oqib o'tayotgan elektr toki bizda o'zining yo'nalishini bir sekunda ellik marta, boshqa mamlakatlarda esa 60 marta o'zgartiradi. Shunday qilib, agar o'zgaruvchan tok generatori chiqishiga karnay ulansa, shu o'zgaruvchan tok chastotasi bergan tovushni eshitamiz. Mana shu imkoniyatdan *Kaxill* o'zining **telarmonium** asbobida foydalangan. Bu qurilma o'zining murakkabligi va og'irligi jihatidan ancha noqulay bo'lganligi sababli *Kaxill* uni keyinchalik takomillashtiradi. Ammo, cholg'u vaznida o'zgarish bo'lmaydi. Shu bois, uni katta binoning yerto'lasiga joylashtirishga to'g'ri keladi. Bu elektron qurilma ortiqcha shovqinni ham keltirib chiqarishi sababli musiqachi boshqa xonaga joylashtirilgan klaviatura yordamida ijroni amalga oshirishga majbur bo'lgan.

O'sha davrda elektronikaning umuman mavjud emasligi bois, *generatorning* hosil qilgan tebranishi klaviatura orqali tovushga aylantirilib, telefon tarmog'i yordamida muxlislarga yetkazilar edi. Ixtiyoriy muxlis telefon go'shagini ko'tarib, *Kaxill* qurilmasiga bog'lanishi va uning tovushini eshitish imkoniyatiga ega bo'lar edi. Lekin, imkoniyatlar ancha chegaralanganligiga qaramasdan bu qurilma g'aroyibotday qabul qilinar edi. **Telarmonium**dagi tebranishni hosil qilish uslubi dolzarbliligicha qolish bilan birgalikda ba'zi bir elektroorganlarda hanuz qo'llanilib kelinmoqda.

Oradan o'ttiz yil o'tishi va yangi texnik imkoniyatlarning vujudga kelishi natijasida **telarmonium** og'irligi kamaytirilib pianino shakliga keltirildi. Bunga taqqoslash uchun Chikagolik Xammondning organini misol qilish mumkin. Bu elektron cholg'uda lampali kuchaytirgich bo'lganligi bois elektr tebranishlarini hosil qilish uchun kichik quvvatdagi tok kifoya bo'lar edi. Bu davrda *dinamiklar* mavjudligi sababli elektr to'lqinlarini mexanik to'lqinlarga aylantirish muammosi yo'q edi. U, uncha katta bo'lmagan tishli g'ildirak olib uning yoniga magnit o'zakli g'altak o'rnatdi. G'ildirak tishi o'zak yonidan o'tganda g'altakda kuchsiz elektr toki paydo bo'lgan. Agar g'ildirak tishi 16 ta bo'lib bir sekunda 5 marta aylansa, g'altak o'ramida 80 ta elektr impulsi paydo bo'lib, tebranish chastotasi 80 Hz ni tashkil qilgan. Chastotani o'zgartirish evaziga tovush balandligini ham ixtiyoriy nazorat qilish imkoniyati tug'iladi.

Shu tarzda tembr moslamasi ham hal etildi. Xammond har bir tovushni ishlatish uchun bir necha g'ildirak ishlatdi. Bulardan birinchisi asosiy chastotani, qolganlari esa – obertonlar chastotalarini beradi. *Kaxill* ham qo'shma tovushlarni topish uchun shu uslubdan foydalangan. Lekin, uning **telarmonium** asbobi uchun har bir qo'shimcha chastotalar uchun generator kerak edi. Bu kichik tishli

g'ildirakchalar yordamida amalga oshirildi. Xammondning elektroorgani 1929 yili loyihalashtirilib, bir necha yil davomida qurilgan. Ushbu cholg'u nihoyatda mukammal bo'lganligi sababli shu paytgacha uning yangi turlari ham ishlab chiqarilgan.

Tashqi ko'rinishidan bu cholg'u oddiy organ tuzilishiga o'xshash. Ikki-uchta qo'l klaviaturasi, oyoq va bir nechta tembrlar (pereklyuchatellar) bosqichi mavjud. Elektroorgan kichikroq jihozda joylashgan bo'lib, faqat dinamiklar uning tashqarisiga chiqarilgan. U o'zining arzonligiga qaramay oddiy organni siqib chiqara olmadi. Shunday qilib, Kaxill va Xammondning kashfiyotlari bir xil fizik hodisaga asoslanadi, ya'ni tovush tebranishi chastotalarini hosil qilish elektr yordamida amalga oshiriladi. Lekin elektroorgan tugatilishidan 14 yil oldin **termenvoks** deb nomlanuvchi antiqa bir cholg'u paydo bo'ldi. **Termenvoks** (ayrim samarasiz tajribalarni hisobga olmagan holda) aylanuvchi vositalarsiz elektronika yordamida musiqiy ovozni amalga oshira oladigan birinchi cholg'u edi. Bu prinsipial yangi cholg'uni 1921 yilda rus injeneri Lev Sergeyevich Termen yaratgan. Uning ismi cholg'u nomiga berilgan. **Termenvoks** – «Termen ovozi» degan ma'noni anglatadi.

Birinchidan: tuzilishi jihatidan juda oddiy, hali ixcham radiolampalar yaratilmaganligiga qaramasdan bu cholg'u katta hajmga ega bo'lmagan. Ya'ni to'rt oyoqda turuvchi kichik moslamadan iborat bo'lgan.

Ikkinchidan: uning tembri rostdan ham jarangdor, tebranuvchan va ma'lum jihatdan inson ovoziga o'xshash edi. Cholg'uning bunday xususiyatlari uning imkon doirasini aniqlab berdi. **Termenvoks**dan aksariyat hollarda tabiatdagi har xil tovushlarni hosil qilish uchun foydalanilgan.

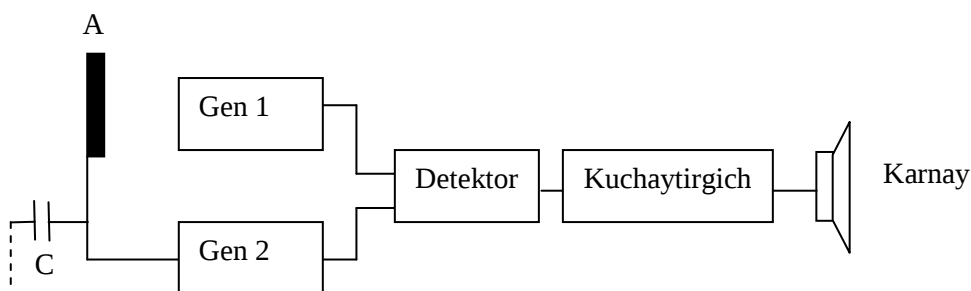
Uchinchidan: musiqachi ijro paytida cholg'u asbobiga qo'l tekkizmas edi. Cholg'uning na klavishi, na tori, na klapani bor edi. U illyuzion attraksioniga o'xshash bo'lib, tepasidan metall sterjen chiqib turardi, musiqachi esa qo'llari yordamida har xil harakatlar qilar edi. Lekin, **termenvoks** hech qanday mo'jiza emas. Uning asosini tebranish g'altagi tashkil qilib, u o'zaro ulangan induktivlik va kondensatordan iborat. Bunday o'ta sodda qurilmaga kuchlanish berilsa g'altakda tebranish hosil bo'ladi. Bu tebranishni elektron lampali tizimdagi kuchaytirgich yordamida kuchaytiriladi. Chastotaning har xil bo'lishi g'altak induktivligiga, kondensator sig'imiga va zanjirning umumiy qarshiligiga asoslanadi. Chastotani o'zgartirish uchun faqat kondensator sig'imini o'zgartirish kifoyadir.

Termen o'zining qurilmasida ikkita tebranish generatoridan (ossillyatordan) foydalangan. Mazkur tizim quyidagi jarayondan iborat bo'lgan, ya'ni ikkala generator ham yuqori chastotali tebranishni hosil qilib, detektorga beradi, so'ngra ular kuchaytirilib dinamikka yuboriladi.

Birinchi generatorning chastotasi o'zgaras bo'lib, taxminan 100 000 Hz ga teng. Ikkinchi generatorning (Gen2) chastotasi esa, 100050 Hz dan 105000 Hz gacha tekis ko'tarilib boradi. Ikkala generatorning chiqishidagi tebranishlar aralashtirgichning kirishiga beriladi. Aralashtirgichning chiqishidagi tebranish chastotasi generator (Gen2) g'altagining sozlanishiga bog'liq bo'lib, u keng

oraliqda o'zgarishi mumkin. Misol uchun, eng yuqori chastota $105000 - 100000 = 5000 \text{ Hz}$ va eng kichigi esa $100050 - 100000 = 50 \text{ Hz}$. Shunday qilib, ushbu chastota 50 Hz dan to 5 kHz gacha oraliqda o'zgarishi mumkin ekan. Bu chastota kuchaytirilgach ovoz karnayiga beriladi va bu tebranish chastotasi ovozga aylantiriladi. Antenna generatorning tebranish g'altagiga ulangan bo'lib, cholg'uchi qo'l kaftini antennaga qaratgan holatida, uning kafti va antenna, kondensatorning plastinalarini eslatadi.

Cholg'uchining qo'l kafti va antenna orasidagi sig'im qo'l harakati qanday masofada amalga oshirilayotganligiga bog'liq bo'ladi. Ushbu kondensatorning chastotasi ham o'zgaruvchan bo'lib, bu uning eng asosiy vazifasi hisoblanadi. Bunday qurilmalarda tembrni va tovush balandligini o'zgartirish mumkin. Ushbu qurilma 58-rasmda ko'rsatilgan.



58-rasm.

O'sha davrlarda **termenvoks** ancha keng qo'llanila boshlandi. G'arb firmalarining bunga qiziqishi katta bo'lib, ular bundan 3000 dona tayyorlab berdilar. Qurilmaning soddaligi oddiy odamlarga ham termenvoks yig'ish imkoniyatini berdi. Uylarda havaskorlik cholg'ulari paydo bo'la boshladi.

Cholg'uda asosan ohista (mungli) kuylarni ijro etish qulay edi. Sur'atning tezligidan asarlar ijrosi maromiga yetmasdi: tovushlarning bir-biriga o'tishi «surkalib» ketar, tovushlar balandligining aniqligi ham yo'qolar edi. «Stakkato» usuli esa umuman chiqmasdi. Cholg'uda boshqarish moslamalari (klavish, grif)ning deyarli yo'qligi sabab ijro etish birmuncha noqulay bo'lgan. Shu tariqa termenvoksga bo'lgan qiziqish so'na boshladi. Cholg'u yasagan havaskorlar unda ijro etish uslublarini o'rgana olmadilar. **Termenvoks** haqida unutdilar, lekin yaqinda Moskva konservatoriyasida bu g'aroyib cholg'uni qayta tiklash bo'yicha tajriba o'tkazila boshlandi. Endi u oddiy elektromagnit mashina emas, balki ancha takomillashgan (modernlashtirilgan), yangi texnologiyalar asosida yaratilgan qurilma (uskuna, apparat)ga aylandi. Keyinchalik termenvoksga bo'lgan qiziqish vaqtinchalik so'ngan bo'lsada, uning ahamiyati juda katta bo'lib bir qator cholg'ularning yaratilishida asos bo'lib hizmat qildi.

Endi, elektrogitara xususida to'xtalamiz. Ushbu asbob termenvoksga nisbatan ancha yosh degan tasavvur uyg'otsada, aslida ular tengdosh. 20-yillarning boshida gitara asbobini elektrlashtirish urinishlari bo'lgan edi. 1927 yili esa Amerikada

ushbu cholg'uni ishlab chiqarish uchun patent berilgan edi. Elektrogitaraning ixtirochisi **Les Pol** bo'lgan. Uning texnikaga va gitaraga bo'lgan qiziqishi mazkur ixtironi keltirib chiqardi.

Elektrlashtirilgan gitara tuzilishi jihatidan uncha murakkab emasdi: torlarining tebranishi elektromagnit (datchik-zvukosnimatel)da quvvatni jonlantiradi. U kuchayib dinamikka uzatiladi. Lekin keyinchalik ma'lum bo'lishicha gitara elektrlashtirilganda deka (korpus) halaqit bergan. Dekaga behosdan tegib ketilsa tebranish uyg'onib dinamikka uzatilar, buning natijasida esa quloqqa yoqmaydigan shovqinlar kelib chiqardi. Natijada teskari aloqa paydo bo'ladi: dinamikdan chiqqan baland tovush dekaga ta'sir etib tovush yana ham ko'tarilar, dinamik esa hushtak chalishni boshlardi. Shuning uchun, sezgirligi kamroq bo'lgan tovush kallaklaridan foydalanilgan. Bu esa, ovozning xususiyatiga o'z ta'sirini ko'rsatdi. Bulardan tashqari elektrogitaraning kosasidan (korpus) qaytayotgan akustik sado zaldagi muxlislarda go'yo zalda ikkita gitara chalinayotganday bo'lib eshitilardi. Elektrogitarani dinamik orqali eshittirilishida cholg'uning oddiy dekasi sadosi natijasida tembr ikkilanib, aniqlik yo'qoladi.

Dastlabki gitaralarda tovush golovkalari (zvukosnimatel) oltita tor uchun bitta bo'lib, u cho'ziq magnitga asoslanib torlarga nisbatan ko'ndalang o'rnatilar edi. Keyinchalik esa har bir torga alohida o'rnatilishi ma'qul ko'rilgan. Bu borada ixtirochilar biroz boshqacharoq yo'l ishlatishib uchta tor ostidagi o'ramni o'nga, qolgan uchtasinikini esa chapga qaratib o'rashgan. Natijada uchta torning tok yo'nalishi bir tarafga, ikkinchi uchtasining yo'nalishi esa boshqa tarafga bo'lganligi sababli o'zaro yo'qotish paydo bo'ladi. Pirovardida, elektrogitara har qanday tashqi kuchlar ta'sirida ham, ma'lum jihatdan, o'z xususiyatini yo'qotmaydigan darajaga kelgan. Tovushning ikkilanishini yo'qotish esa gitara kosasini (korpus) qattiq og'ir yog'ochga almashtirish natijasida erishildi. Torning o'z tovushi faqat elektr yo'li bilan amalga oshiriladi. Yapon ustalarining oxirgi yillarda tavsiya etgan turli materiallari, ya'ni pardasiz dekalar hozirda elektrogitara yasaladigan asosiy mahsulotdir.

Elektrogitara chalishda klassik gitaraga xos texnik jihatlar (usullar) bilan birga faqat elektrlashgan sozlarga xos usullar ham qo'llaniladi. Masalan: ko'pgina hollarda «mashina» – nomli moslama musiqachiga (sozanda) tovushning balandligi va tebranishini boshqarishga imkon beradi. Bunda soz torlari odatiy holda mahkamlangan moslama (richag) yordamida aylanuvchi roliklarga biriktiriladi. Ijrochi tovush chiqarish vaqtida tirsagi bilan moslamani ham tebratadi. Bu vaqtda moslama oldinga va orqaga aylanib, torni tortadi va bo'shashtiradi.

Mazkur manipulyasiyalar esa faqat elektrogitaraga yuborilgan kuchlantirilishga bas kelmay uni sindirishi shubhasiz. Elektrogitaraning ikkinchi imkoniyati bu tembrning sof elektr usuli bilan o'zgartirishidir. Bu ham oddiy gitaradagi kabi torning qaysi joydan tortilganiga bog'liq. Ya'ni, agar tor xarrak tomonga yaqin bo'lsa, ovoz keskin, o'tkir, quruq eshitiladi, dastaga yaqin bo'lsa – nisbatan yumshoq eshitiladi.

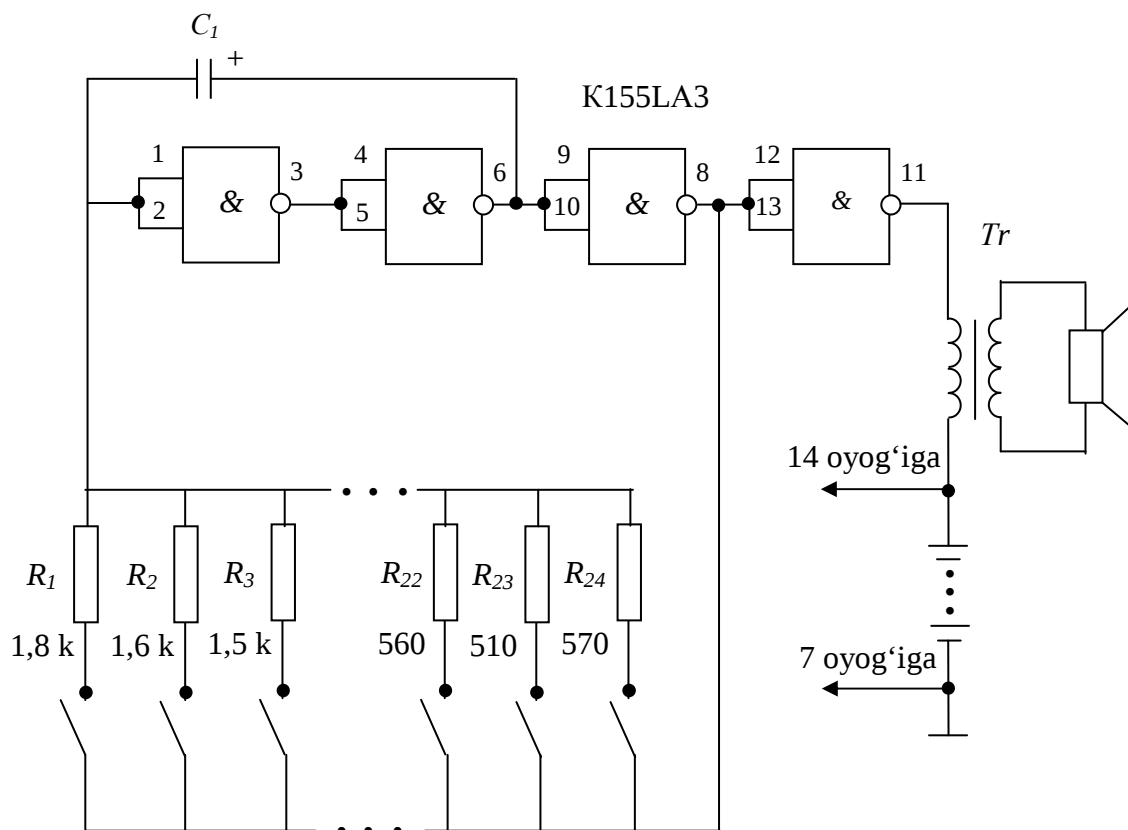
Mazkur imkoniyatlarni hisobga olgan holda, elektrogitaraga uchta tovush kallaklari o'rnatilib, biri xarrakga, ikkinchisi dastasiga va uchinchisi esa ularning o'rtasiga o'rnatiladi.

Elektrogitara rivojida (evolyusiyasida) bitta muhim bosqichni ta'kidlash joiz: bu uning uch turdagi asbobga bo'linishidir. Bu turlar solo, ritm va bas-gitara bo'lib, bunda monand holda asbob tuzilishida ham o'zgartirishlar paydo bo'ladi. Ritm-gitarada tembrni keng variatsiyalashga hojat bo'lmaydi, solo-gitarada ham shunday tartib mavjud. Shuning uchun unda bitta ovoz kallagi o'rnatiladi. Aksariyat hollarda esa 2 ta moslama qo'llaniladi. Unda tovush tebranishi ham kerak bo'lmaydi, torni oddiy yo'l bilan mahkamlash mumkin. Bas-gitaraga esa 4 ta tor ham yetarli bo'lib, dasta va torlari uzunroqdir. Ular nisbatan past registrdagi tovushlarga moslashtirilgan. Shu o'rinda yarim akustik gitara xususida ham to'xtalish joiz. Bu asbob jaz ansambllarida keng tarqalgan bo'lib, u akustik (klassik) va elektrogitaraning o'rtasidagi ko'rinishga egadir.

Misol tariqasida oddiy elektron musiqiy asbobini qarab chiqaylik. Bu musiqa asbobining elektron chizmasi 59-rasmda keltirilgan. Bunda sxemaga ulangan klaviaturani bosish natijasida ovozning o'zgarishini kuzatish mumkin. Uning musiqiy diapazoni ikki oktava: birinchi oktavadagi «DO» dan to ikkinchi oktavadagi «SI» gacha bo'lib, ovoz diapazonining chastotasi 260 dan 988 Hz gacha bo'ladi. Bu qurilmani tom ma'nodagi elektron musiqa asbobi deyish qiyin. Biroq ushbu chizma o'quvchiga mazkur asbobning ish prinsipini tushunib olishi uchun qo'l keladi.

Bu sxemada K155LA3 mikrosxemasi o'z ichiga to'rtta mantiqiy 2I-NE elementini oladi. D1.1, D1.2, va D1.3 elementlari generatorni tashkil qiladi. D1.4 va transformatorning birlamchi o'rami ovoz chastotasini kuchaytirgichini tashkil qiladi. Transformatorning ikkinchi o'ramlariga tovush kamayi ulangan bo'lib, u tebranishni har xil ohangdagi tovushlarga aylantiradi. Qurilma qabul qiladigan tok kattaligi – 30 ma. Generatorning tebranish chastotasi kondensator C_1 ning sig'imiga va ($R_1 - R_{24}$) qarshiliklar qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Qarshiliklarni o'zaro ulaydigan kontaktning bir uchi D1.3 elementining 8-chi oyog'iga ulanadi. Qarshiliklar ($R_1 - R_{24}$)ning ikkinchi tarafi generatorning kirishiga ulangan.

Ushbu zanjirda turgan qarshiliklar qancha kichik bo'lsa, tovush toni shuncha baland bo'ladi. Ixtiyoriy tugma bosilganda, qarshiliklardan biri ulanadi va generator chiqishida ma'lum chastotaga ega tok hosil bo'ladi.



59-rasm. Oddiy elektron musiqa asbobining chizmasi.

Umuman elektrlashgan cholg'ular oilasi faqat elektrogitaralardan iborat bo'lmay, unga elektroskripka, elektrodombra, elektroarfalar ham kiradi. Shuningdek elektrlashtirilgan puflama asboblarning tajribasi ham o'tkazilgan, masalan, elektrosaksafon. Ammo u elektrogitaradek ommaviylashmagan.

Ta'kidlash joizki, barcha elektrlashtirilgan asboblarga tembrini o'zgartiruvchi turli apparatlarni o'rnatish odat bo'lgan. Bular **prosessorlar**, **multieffektorlar**, **fazaaylantirgichlar** (fazovrashateli) va hokazolar.

Musiqiy elektrlashgan asboblarning tarixiga yangi sahifa bo'lib, noan'anaviy usul bilan tovush hosil qilish, elektron sintezning kirib kelishi yozildi.

Aksariyat hollarda 3 ta asosiy uslub qo'llaniladi.

Tarixiy qo'shma (additiv) uslublar ertaroq vujudga kelgan. Inson tovushining olib o'tuvchi sintez prinsipi an'anaviy musiqa asboblarning harakati prinsipiga juda yaqindir. Uning mohiyati, tebranish generatorining yaratilishi bilan bog'liq. Bu esa signalni boy spektr bilan ishlab chiqaradi. Bunda birlamchi signalni yaratish, uni tuzish, ajratish yoki pasaytirish amalga oshiriladi. Bunday operatsiyalar oddiy elektron sxemalarida bajariladi. Ma'lum bir vaqtgacha elektron klavishali cholg'ularning ko'plari ushbu prinsip bo'yicha qurilgan bo'lib ularni analog (uzluksiz) sintezatorlar deb ataydilar. Additiv uslubi shundan iboratki, kerakli tovush – murakkab va boy tembr bilan – alohida chastotalar shakllanish jarayoni bo'yicha o'zgartirishlarga bardosh beradi va bu har bir chastotani shakllanishi hisobiga ro'y beradi. *Chastotali-modulyasiya* usuli bir necha generatorlar

yordamida tovush olish imkonini beradi. Keyinchalik olib o'tish uslubi asosida nutqiy (vonoder) sintez ishlab chiqildi. Bunda nutqiy intonasiya xohlagan asbobga yoki boshqa spektrli tovushga o'tadi. Lekin bu uslubning eng to'g'ri turi istiqbolli (perspektiva) uslub, u «*ikkinchi o'xshashlik sintezi*», «*semplerlash*» nomi bilan mashhur bo'lib qolgan. Bu yerda tovushli tebranishlar maxsus dastur yordamida tahlil qilinadi.

Elektron musiqa cholg'ularini yaratuvchilar (asr davomida) imkon qadar har xil tembrlar yaratishga harakat qildilar. 1962 yilda *Bell* laboratoriya kompaniyasi tarafidan tranzistor va integral mikrosxemalar ishlab chiqarila boshlandi. Ixtirochilarda kichik o'lchovli moslamalar yaratish imkoniyati tug'ildi va ular 5 ta alohida shakl beradigan *generator*ni olishga sazovor bo'ldilar. Bular: *sinusoidal*, *to'g'ri burchakli*, *arrasimon*, *pulslangan* hamda *uchburchak* shaklsimon signallardir.

Yuqorida aytib o'tilganlardan *to'g'ri to'rtburchak* shaklli to'lqinni (Square wave) hosil qilish eng onsoni hisoblanib, u kuchlanishni tez ulash va o'chirish hisobiga amalga oshiriladi. Chiqishda toq, ya'ni – uchinchi, beshinchi va yettinchi garmonikalar paydo bo'ladi.

Pulslanuvchi to'lqin shakli (Pulse wave) bu to'g'ri burchakli shaklning bir turi hisoblanadi. Farqi shundaki, kvadrat to'lqinni paydo bo'lishida kuchlanishning ulanishi va o'chirilishi bir xil qoladi (50/50) va to'lqinni paydo qilishda ular variatsiyalanadi. Bu effekt o'zgaruvchan chuqurlik deb yuritiladi. Kuchlanishning chiqishda paydo bo'lishi yoki yo'qolishi tovushni garmonik tashkil etuvchisiga bog'liq.

Arrasimon ko'rinishdagi to'lqin (sawtooth wave) toq va juft garmonikalarga boy hisoblanadi. Uning eshutilishi zummerni eslatadi. Qoida bo'yicha ekstremumlar qanchalik «o'tkirroq» bo'lsa (signal amplitudasining yuqori va pastki nuqtalari) tovush to'lqini shunchalik yorqinroq eshutiladi.

Eng oddiy sinusoidal to'lqin (sine wave) fundamental garmonikadan boshqasini o'z ichiga olmaydi. Bunday signal yumshoq va toza sintez qilingan tovush hisoblanadi. Shunday oddiy to'lqinlar chastotasi qo'shimcha (additiv) sintez qilishda bir-biriga qo'shiladi.

Uchburchak ko'rinishidagi to'lqin (triangle wave) sinusoidal va kvadrat shakldagi to'lqinlar yig'indisidan tashkil topadi. Sinusoidalga unga silliqlik va yumshoqlik tovushi hamda bundan yuqoriroq bo'lgan nazariy garmonika to'plamlari tegadi. Shunday qilib FM sintez uslubi natijaviy signal olish imkonini beradi.

16.2. Filtrlar

Analog (uzluksiz) signallar ossillyatordan chiqqandan keyin, ularning chastotalari chastota filtrlari yordamida qayta ishlanadi. Bu elektron sxemaning chiqish parametrlari boshqariluvchi kuchlanishga proporsional bog'liq bo'ladi. Raqamli qurilmalarda chiqish pozitsiyasidan tashqari hollardagi filtrlar xos

dasturlar yordamida amalga oshirilgan. Ularning funksiyalarini maxsus DSP mikrosxemasi (raqamli signallarni qayta ishlovchi prosessor: Digital Signal Processor) bajaradi. Shuningdek, VCF filtri (Voltage Controlled Filter – kuchlanish bilan boshqariluvchi filtri) yordamida o'tkazish sifat ko'rsatkichi turlanadi.

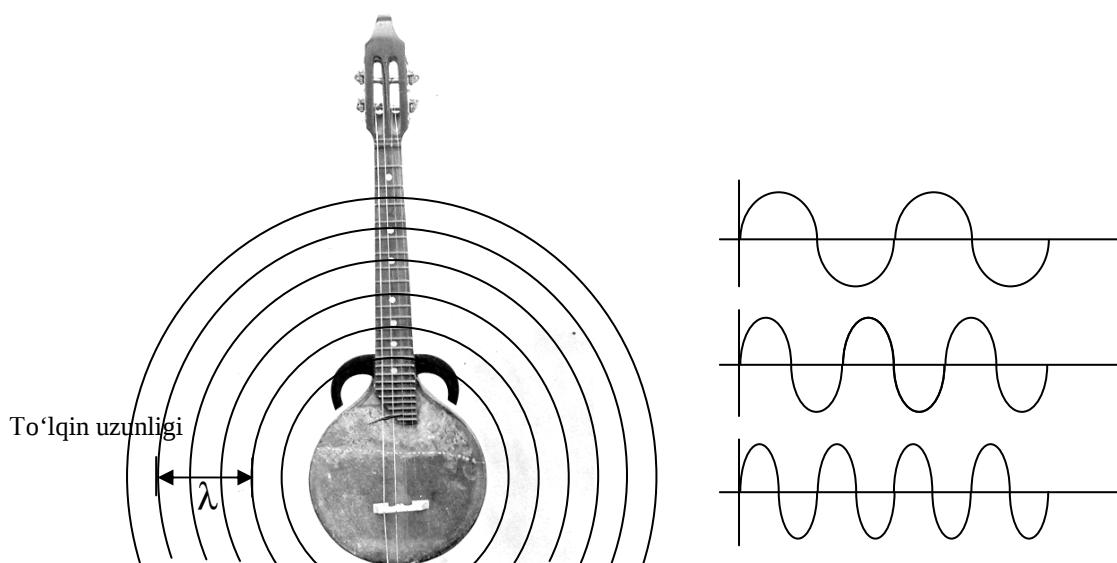
Ixtiyoriy filtrning asosan ikkita parametri bo'lib, ular: chastota oralig'i (filter cutoff) va rezonans (rezonanse)dir. Chastota oralig'i sintezatorlarda, ba'zida, *Hz* larda aniqlanadi, ko'pincha esa logarifmik shkala bo'yicha hisoblanadi. Maksimal qiymat har doim filtrning ochiqqligini ko'rsatadi. Rezonans filtrini deyarli barcha elektron musiqiy asboblarda uchratish mumkin.

Yuqorida qayd etilgan omillar oddiy va yaxshi ko'rsatkichlarga egaligi sababli musiqachilar filtrli musiqiy asboblarni olishga intiladilar. Bu filtrlar, teskari aloqa vositasini o'taydi va kompyuter buyruqlarining ma'lum to'plamini tanlashda yordam beradi. Jumladan, sintez qilish tovushga rezonans va jilo berishda ham ishlatiladi. Qiziqarlisi shundaki, filtri o'zi ham ossillyatorga o'xshab ishlashi mumkin. Bu asosan teskari aloqani qiymatiga bog'liq bo'ladi.

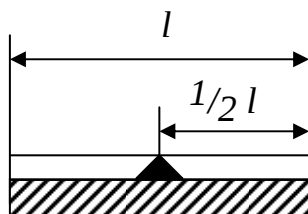
Har xil filtrlar mavjud bo'lib, bulardan *Lowpass*, *higpass*, *bandpass* va *notch* larni misol qilib keltirish mumkin. Bular sintezlashda eng keng tarqalganlaridan hisoblanib, aksariyat hollarda ayrim analog sintezatorlar va raqamli qurilmalarda qo'llaniladi. Bularning hammasi signallardan kerakli chastotalarni ajratib olishda muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

16.3. Tovush chastotasi generatorlari

Biz bilamizki, har qanday musiqiy tovushning balandligi amplitudaga emas balki uning chastotasiga bog'liq bo'ladi. Musiqa asbobining yo'g'on va uzun tori past registrdagi tovushni beradi. Bu tor ingichka va kalta torga nisbatan sekin tebranadi. Ingichka va kalta tor esa yuqori tovush tonini beradi.



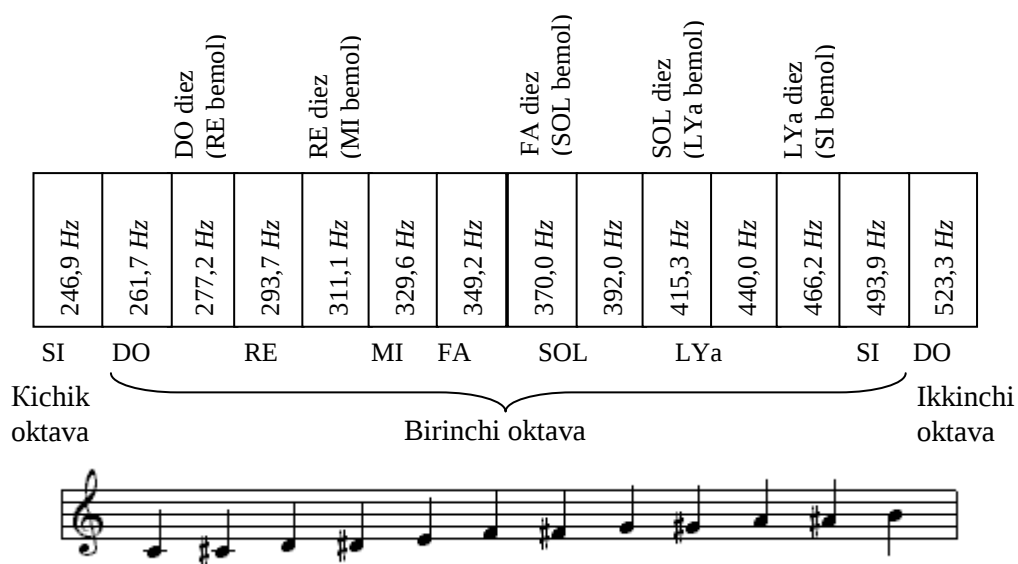
Har qanday tovush, shuningdek musiqiy tovushlar ham o'zining balandligi bilan xarakterlanadi. Musiqiy ovoz balandligi asosan shu tovushni berayotgan torning geometrik o'lchamiga bog'liq bo'ladi. Eng ko'p tarqalgan tebrantirgichlarga royal, pionino, g'ijjak va boshqa torli musiqiy asboblarning kiradi. Agar royal va pionino musiqiy asbobining ichki tuzilishiga e'tibor berilsa, ularning yuqori tovush beruvchi torlarining boshqalariga nisbatan kalta va ingichka bo'lishini kuzatish mumkin.



Shunday bir tajriba qilib ko'ramiz. Uzunligi 1 m bo'lgan yog'och taxtaga ikkita mix qoqib bu mixlarga leskadan (yoki boshqa materialdan tayyorlangan tor) tarang qilib tortiladi (rasmga qarang). Torni sekin surib qo'yib yuboring. Siz torni tebranayotganini ko'rasiz va tovush chiqar-

rayotganini eshitasiz. Shu tovushning balandligini eslab qoling. Endi torni teng o'rtasini topib, bu yerga qattiq materialdan tayyorlangan, katta bo'lmagan yog'och xarrak qo'yib, torning bir tarafini tebrantiring. Bu torning bir tarafida bergan tovush ham xuddi siz eslab qolgan oldingi tajribadagiga o'xshash, lekin to'la tor uzunligiga nisbatan yuqori balandlikka ega. Siz bu yerda geometrik o'lchamning ikki martaga qisqarganini ko'rdingiz va natijada tovush balandligining ham ikki martaga oshganining guvohi bo'ldingiz. Mana shu ikkita tovush chastotasining oralig'i oktava deb yuritiladi.

Oktavalar soniga qarab musiqiy asboblarning chastota oraliqlari, odamlar hamda sayroqi qushlar ovozlari farqini anglash mumkin. Misol uchun pianinoning ovoz spektri – 7 1/2 oktava. Bu musiqa asbobi klaviaturasining o'rta qismi 60-rasmida ko'rsatilgan.



60-rasm. Birinchi oktava tovushlari va chastota diapazoni.

Bu musiqa asbobi hammasi bo'lib yettita oktavadan ortiqroq ovoz chastotasining diapazonini o'z ichiga oladi va bu diapazon 25 Hz dan to 4000-4500 Hz gacha bo'lgan oraligni qamrab oladi.

Tovush to'lqinlari bosimning davriy tebranishining hamda havo bo'shlig'i zichligining o'zgarishiga sababchi bo'ladi. Shuning uchun, musiqiy tilga wave, waveform, wavesample, waveshape va boshqa atamalari kirib keldi. Tovush balandligi deganda biz, avvalambor, eshituv hissiyotini nazarda tutamiz. Bu hol asosiy garmonika yoki asosiy tovushning tebranish tezligi bilan bog'liq. Ammo na tabiatda va na musiqada oddiy tebranishdan iborat tovush mavjud emas. Biz har doim aynan keng ko'lamli ish ko'ramiz. Asosiy garmonika + obertonlar. Tebranish amplitudalari aniq matematik o'zaro qonuniyatlariga ega. Aynan shu qonuniyatlar tovushlarni bir-biridan farqlaydi, musiqa tilida esa ushbu sifat tembr deb ataladi. Masalan, bir manbaning amplitudasi toq garmonikadan iborat bo'lsa, ikkinchisida juft bo'ladi. Birinchi manba tembr jihatdan bo'g'iq eshitiladi. Bunga yorqin misol tariqasida klarnet va goboy cholg'ularini keltirish mumkin. Tebranish jarayonlarini tahlil etishda tovush signallarining standart va grafika uslublari ham qo'llanadi.

Har qanday signal va qurilma boshqa signalga yoki qurilmaga ta'sir etib, dastlabki signalni o'zgartirishiga olib kelishini modulyator yoki modulyasiya qilingan signal deyish mumkin. Bularsiz sintezatorlarni tasavvur qilish qiyin. Egiluvchan chastotali generator (Envelope Generator) ayrim paytlarda gibril sintezatorlarida (DEG) qo'llaniladi. Bu yerda egiluvchanlik deganda asosan eshitilish jarayonidagi umumiy ovoz balandligining o'zgarishi nazarda tutiladi. Analog sintezatorlarida shunday elektron sxemalardan ikkitasi, raqamli qurilmalarda esa ko'prog'i ishlatiladi. Bode sxemasiga asosan birinchi generator, signal balandligini modulyasiyalashda, ikkinchisi esa filtr chastotasi oralig'ini ajratish uchun xizmat qiladi. Egiluvchan chastota generatori grafikda bir xil bo'lmagan boshqarish signalini chiqaradi va bu grafik bir necha segmentlarga: oldindan tutilgan (delay), tutish (decay), saqlash (sustain) va uni tiklash (release) segmentlariga bo'linadi. Ularni belgilash uchun DADSR, ADSR va boshqalar ishlatiladi.

Oddiy analog sintezatorlarda segmentlarning (ADR) minimal soni uchta, semplerlarda esa maksimal soni yettitagacha (DAD1D2SIS2R) ishlatiladi. Ikkinchi usul modulyasiyalar asosan sintezatorlarda uchraydi. Kichik chastotali modulyasiya (LFD) esa modulyasiya generatori hisoblanadi (Modulation generator MG) yoki oddiy qilib svip (sweep) generatori deb yuritiladi. Sintezatorlarni ish bloki chiqish kuchaytirgichi hisoblanadi. Ovoz balandligini boshqarish alohida potensiometr yordamida bajariladi.

16.4. Sintezator va semplerlar

Shuni eslatib o'tish joizki, bir asrdan ziyodroq vaqtni o'z ichiga oluvchi elektron musiqiy asboblarning takomillashuvining tarixi jarayonida ularning yaratuvchilari tembrlar turli-tumanligini ta'minlashga harakat qilganlar.

Ma'lumki, elektron musiqiy cholg'ular ichida imkoniyati beqiyos darajada keng sanaladigan asbob sintezator va sempler hisoblanadi. Bu musiqiy texnologiyaning yuqori darajadagi mukammal natijalaridan sanaladi. Bugungi kunda, barcha milliy cholg'ular ovozlari sempler xotiralarida uchratish mumkin. Bu imkoniyat ijodiy jarayonni ancha erkin va serko'lam bo'lishiga yordam beradi. Ammo, mazkur harakatning surunkali va keragidan ortiqcha qo'llanilishi musiqiy muqaddas qonuniyatlarning buzilishiga ham sabab bo'lmoqda. Bu masala alohida tahlilni talab qiladi. Quyidagi mavzuyimizda asosan sintezator cholg'usi tarixi va sempler musiqiy asboblari haqida fikr yuritiladi.

Sintezatorlardagi ossillyatorlar uzluksiz chizmalarni tashkil qilib ovoz to'liqlarini hosil qiladi. Bundan ko'rinib turibdiki, ossillyator so'zi ancha eskirib qolgan – «tovush chastotasi generatori» o'rnida ishlatiladi. Ossillyator so'zi nemis injeneri Xarald Bode tarafidan kiritilgan edi. Uning birinchi Warbo Orgel (1937) musiqiy asbobi Germaniya sanoatida ko'plab ishlab chiqarildi va bu unga mashhurlik keltirdi. Uning o'sha davrda yaratilgan musiqiy asbobining ayrim parametrlari hozirgi zamon elektron musiqiy qurilmalarnikidan yuqori deyish mumkin. Bunga misol qilib, tovush dinamikasini boshqarishni elektron egiluvchanligini hosil qiladigan qurilmalarni keltirish mumkin.

Bodening ikkinchi qurilmasi, Melodium (1938) ham o'zining yaxshi taraflari bilan ajralib turadi. Bu qurilma, klaviaturasining sezgirligi, sozlovchi qarshiligi va pedal yordamida boshqarish imkoniyatlari bilan oldingilaridan katta farq qiladi. Bu tinib-tinchimas inson ko'plab mutaxassislar hamkorligida juda ko'p har xil musiqiy asboblarni yaratdi. Amerika kompaniyalarini Bode ishlariga talablari yuqori bo'lganini hisobga olib, u 1954 yili Amerikaga ko'chib bordi va u yerda o'zining elektropiano qurilmasining yangi rusumini Wurlitzer kompaniyasi uchun yarata boshladi. Bode tarafidan yaratilgan texnologiyalar ichida egiluvchan chastotali generatorlar (envelop generator) va kichik chastotali generatorlar (Low frequency) ni keltirish mumkin.

Tovush tembrini yanada qiziqarliroq chiqarish maqsadida, eng kamida ikkita ossillyator ishlatilgan. Asosiy tovush balandligini, boshlang'ich balandligi va to'liq shakllarini ixtiyoriy tanlash boy tembrga bo'lgan tovushni chiqarish imkoniyatini berdi.

O'sha davrlarda avangard musiqasiga qiziqish ortib, Pristondagi Kolumb universitetida MKII RCA sintezatori o'rnatilgan edi. Priston elektron musiqa markazi bilan iste'dodli musiqachilar Otto Moning, Vladimir Usachevskiy, Milton Babbit va boshqalar hamkorlik qiladilar. X.Bode hamisha zamonaviy musiqa bilan qiziqadi va tez-tez Kolumb elektron musiqa markazida bo'lib turadi.

60 yillar boshida texnikada navbatdagi inqilob yuz beradi. O'sha paytda tranzistor, so'ngra integral mikrosxemalar kashf etiladi.

1961 yil AES jurnalida X.Bodening ilmiy maqolasi bosiladi. Maqolada modul rusumidagi sintezatorlarning texnik chizmasi va ishlash uslubi yoritiladi. Bode hamma elektr sxema tugunlarini tranzistor texnologiyasiga amal qilgan holda tayyorlash lozim degan fikrni olg'a suradi. Maqoladagi g'oya Bodening ko'pchilik

hamkasblari tomonidan yuqori baholandi. Bu g'oya Robert Mug, Donald Buchli va boshqalarning sintezatorlarida o'z aksini topdi.

Zamonaviy mikrosxemalarning paydo bo'lishi va ularning ko'p amallarni bajarish imkoniyatlari oshishi evaziga, yangi kichik va ixcham tovush sintezatorlarini yaratish imkoniyatiga ega bo'lindi. Raqamli uskunalarning yaratilishi esa musiqa olamida yangi davrni boshlab berib, bular asosida analog sintezatorlarni boshqarishning elektron usullari paydo bo'ldi. Zamon talabidan kelib chiqqan holda, qurilmalarni elektron vositalarga bog'lash standart interfeyslar yordamida amalga oshirila boshlandi va 1984 yili MIDI interfeysi yaratildi. Keyinroq esa FM interfeyslari (FM – chastota-modulyasiya) usuli ham yaratildi. MIDI uslubi hozirgi zamon shaxsiy hisoblash mashinasiga bog'lanish imkoniyatini yuzaga chiqardi hamda tovushlarga ishlov berishni mashina zimmasiga yuklash masalasini ro'yobga chiqardi. Bu esa musiqachilar uchun qulay sharoit va imkoniyatlarni ochib berdi. Yozish amallarining imkoniyat kengligi, xotirada saqlash, tovush ma'lumotlarini qayta ishlash va ularga ishlov berish, ularning hududiy tarmoqlar yoki butun dunyo – Internet aloqa kanali bo'ylab erkin tarqalishi musiqachi yoki kompozitor uchun yaxshi imkoniyat va qulayliklar tug'diradi. Hozirgi kunda elektron musiqa texnologiyalari (yoki elektr musiqa qurilmalar) zamonaviy musiqa madaniyatida o'zining mustahkam o'rnini egalladi. Ayni paytda, taniqli musiqa arboblari ham bu yo'nalishni yaxshi va qulay taraflarini tushungan holda, o'z ishlarida samarali foydalanib kelmoqdalar.

Zamonaviy musiqa industriyasida sintezator va semplerlar eng keng tarqalgan musiqiy cholg'ulardir. Ular yordamida akademik janrdagi hamda ommaviy musiqalar yaratilmoqda. Maqsad tovush sintezining barcha turlarini o'rganib chiqishdan iboratdir.

Musiqiy ovoz rejissyori elektron musiqiy asboblarni xuddi akustik cholg'ular va aytimni boshqarishdek bilishi zarur. Shuni alohida ta'kidlash joizki, ovoz rejissyori doimo atamashunoslikdan ham xabardor bo'lishi lozim.

16.5. Hozirgi zamon elektron musiqa yaratish dasturlari va ulardan foydalanish

Hozirgi kunda shaxsiy kompyuter bilan jihozlangan musiqa studiyalarida analog apparaturalar (qurilmalar)ning vazifasini murakkab dasturlar bajarmoqda. Ularning sermahsul ishlashi uchun audio imkoniyatiga ega bo'lgan MIDI-sekvenser (Cakewalk Pro Audio, Cubase Audio), qattiq diskka ko'p qatorli stereoyozuvni kiritish dasturi (SAW Plus, Samplitude) va audiofayllarni to'g'rilaydigan dasturlar zarur bo'ladi. Audio tahrirlagichlar juda ko'p, ular asosan ovoz yozib olishda va ovozni qayta ishlashda ishlatiladi hamda ulardan birortasini tanlash, qo'yiladigan maqsadga bog'liq. Albatta, har bir mutaxassisning orzusi – yuqori mahorat bilan yaratilgan, qo'yilgan barcha masalalarni yuqori saviyada hal qiladigan universal dasturga ega bo'lishdir.

Shunday dasturlar qatoriga Sonic Foundry Inc. firmasi tomonidan yaratilgan Sound Forge dasturini ham kiritish mumkin. Bu dastur asosan audio signallarni professional darajada qayta ishlashga mo'ljallangan bo'lib, u o'zining zamonaviyligi va keng imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Undan audiosignallarni qayta ishlash, uni tanib bo'lmaydigan darajada o'zgartirish yoki musiqa asbobining yaxshi yozilmagan sadolanishini tahrirlash (to'g'rilash)da keng foydalaniladi. Sound Forge dasturi deyarli barcha zamonaviy ovoz effektlarini va ovoz yozuvini tahrirlashning eng yaxshi vositalarini o'z ichiga oladi va ularni keyinchalik semplerda ishlatishga imkon beradi.

Qulay interfeyslar va dasturdagi ko'p sonli boshlang'ich o'rnatishlar mavjudligi evaziga dasturdan uncha yuqori malakaga ega bo'lmagan mutaxassislar ham, shu sohani endi o'rganayotgan yoshlar ham bimalol foydalanishlari mumkin.

Kompyuterning apparat va dastur ta'minotiga bog'liq ravishda Sound Forge dasturining 16 va 32 razryadli versiyalari mavjud. Dasturning 16 razryadli 3.0 d versiyasidan foydalanilish uchun prosessori kamida Intel-80386 bo'lgan IBM kompyuterlariga ega bo'lish talab qilinadi. Albatta, kamida 486DX prosessorli kompyuterlar bo'lsa, yanada yaxshi. Bundan tashqari dasturni o'rnatish uchun qattiq diskda 5 Mb bo'sh joy mavjud bo'lishi, hamda operativ xotiraning hajmi 8 Mb dan kam bo'lmasligi talab qilinadi. Dasturning 32-razryadli versiyasi esa Windows 95/NT va undan yuqori operasion tizimlar muhitini talab etadi va u 16 razryadli versiyadagi dasturdan o'zining tezkorligi hamda ko'proq imkoniyatlarga egaligi bilan farq qiladi. Sound Forge dasturi ovozni raqamga aylantiruvchi hamda Windows 95/NT uchun drayverga ega xohlagan ovoz platasi bilan ham ishlay oladi, misol tariqasida Sound Blaster 16 ni keltirish mumkin. Bundan tashqari raqamga aylantirilgan ovoz bilan ishlashda qattiq diskning yetarli hajmdagi bo'sh joyga ega bo'lishi ham talab etiladi, ya'ni kompakt disk sifatiga ega bo'ladigan bir minutlik stereoyozuv uchun 10 Mb joy zarur bo'ladi. Ovozni sifatli yozib olish va uni eshitish uchun tezligi yuqori bo'lgan qattiq disk zarur bo'lib, unga o'rtacha yetishish vaqti 12 millisekunddan oshmasligi kerak.

Dastur bilan ishlashni uning interfeysini sozlashdan boshlagan ma'qul. Dasturdagi barcha funksiyalarga bosh menyu orqali kirish mumkin, biroq ishni tezlatish yoki zarur funktsiyaga yetishish vaqtini qisqartirish maqsadida mos piktogramma tugmachalari joylashgan asboblardan panelidan ham foydalanish mumkin. Boshqa dasturlardagi singari biror tugmachani bosish, bosh menyudan ma'lum buyruqni chaqirish bilan ekvivalent bo'ladi.

Ekranda aks ettiriladigan asboblardan panellari bosh menyudagi *File/Preferences/Toolbars* buyrug'i yordamida belgilanadi. U orqali ekranga chiqariladigan darchadan zarur asboblardan panellari xoh bilan belgilanib, ularni dastur darchasining ma'qul o'rinlariga joylashtirish mumkin.

Audioyozuv va eshittirish uchun ovoz platasi drayverini tanlashda *File/Preferences/Wave* buyrug'idan, MIDI uchun MIDI-kirish va MIDI-chiqish buyruqlaridan foydalaniladi. Agarda Sound Forge dasturini tashqi MIDI qurilmasi yoki MIDI dan foydalanish imkonini beruvchi boshqa dasturlar bilan birgalikda

ishlatish nazarda tutiladigan bo'lsa, *File/Preferences/MIDI/Sync* buyrug'i orqali sozlashlarni bajarish lozim bo'ladi.

Shuningdek, *File/Preferences/Previews* buyrug'i yordamida qo'llaniladigan ovoz effektlarini oldindan eshitib ko'rish vaqtini ham o'rnatish mumkin. Bu esa katta hajmdagi axborotlar bilan ishlanganida ovoz signaliga kiritilayotgan o'zgartirish natijasini, butun faylga ishlov berishdan avvalroq, baholashga imkon beradi va vaqtni tejashga xizmat qiladi. Shu bilan minimal sozlashlarni tugatib, dastur bilan bevosita ishlashga o'tish mumkin.

Dastavval, ovoz fragmentini yozib olish va unga eng ko'p qo'llaniladigan effektlar bilan ishlov berib, audiosignal ovoz spektrini boyitish kabi oddiy masalani hal qilishni qarab chiqamiz. Buning uchun, *File/New* buyrug'idan yoki mos tugmachadan foydalanib yangi fayl ochamiz. Yozish, eshittirish va faylning boshi va oxiriga siljitishni nazorat qilish, ekranning yuqori o'ng burchagida joylashgan hamda oddiy magnitofonning mos tugmachalarini eslatuvchi boshqaruv tugmachalari yordamida amalga oshiriladi. Ovoz yozib olish uchun mikrofon yoki boshqa xohlagan signal manbai, masalan, magnitofon yoki ovoz platasiga ulangan CD qurilmasidan foydalanish mumkin. Kirish signali balandligini Sound Forge dasturiga o'rnatilgan miksher (*Windows/Mixer*) orqali, Windows orqali yoki ovoz platasi bilan birgalikda taqdim etiladigan vosita yordamida rostlash mumkin. So'ngra, *Special/Transport/Record* buyrug'i berilsa yoki yozuv tugmachasi bosilsa, ekranda mos yordamchi menyu paydo bo'ladi. Bu menyudan yoziladigan fayl formati: *Mono/Stereo rejimlari*; *Sample Size* – razryadlar soni; *Sample Rate* – diskretlash chastotasi; yozish rejimi, ya'ni avvalgi dublni keyingisi bilan almashtirish yoki dubllarni ketma-ket yozish amallari belgilanishi mumkin. Bu yerda kirish signali balandligini o'zgartirish indikatorlari ham joylashgan. Fayl formatini avvalroq, *Edit/Data Format* menyu punktidan ham belgilash mumkin. Bu yerdagi *Remote* tugmachasi Sound Forge dasturida yozib olishni boshqa biror dasturdan, masalan, MIDI-sekvenserdan turib boshqarish imkonini beradi. Ushbu holda Sound Forge dasturi sekvenser uchun MIDI-akkompaniment tariqasida birorta haqiqiy cholg'u asbobining audiotregini yozish uchun imkoniyat yaratadi. Ovoz yozib olishni boshlash uchun *Record* tugmachasini, yozib olishni to'xtatish uchun – *Stop* tugmachasining bosilishi kifoya. Shundan so'ng, yordamchi menyuni berkitib, yozib olingan fonogrammani tahrirlashga kirishish mumkin.

Fonogrammani tahrirlashda, avvalambor, faylning boshi va oxirida mavjud bo'lgan ortiqcha pauza vaqtlarini olib tashlash zarur. Ular *Record* yoki *Stop* tugmachalarini bosish va ovozni qabul qilib olishni boshlash yoki to'xtatish vaqti oraliqlaridagi farq natijasida paydo bo'ladi. Bunda fayldan olib tashlanishi zarur bo'lgan qism belgilanadi va *Edit/Clear* menyu punkti yoki *Delete* tugmachasidan foydalaniladi. Faylning biror sohasini belgilash xuddi matn muharrirlaridagi kabi amalga oshiriladi va belgilangan qism qora rangga bo'yalgan holda aks ettiriladi. Stereoyozuv fayli bilan ishlanayotganida har ikkala kanalidagi biror qismni belgilash uchun kursorni kanallarni ajratuvchi gorizontaal chiziqqa yaqin qo'yish zarur bo'ladi, faqat bitta kanalga tegishli bo'lgan qismni belgilash uchun esa

kursorni o'ng kanalning o'rta qismidan pastroqqa yoki chap kanalning o'rta qismidan yuqoriroqqa qo'yib belgilashni boshlash lozim bo'ladi.

Ba'zi hollarda, ayniqsa yozib olingan trek boshqa bir dastur yoki MIDI-qurilmasi bilan sinxronizasiya qilingan bo'lsa, fayl boshidagi pauza vaqtini qoldirish maqsadga muvofiq. Bunda qoldirilayotgan pauza vaqtida mavjud bo'lgan shovqinlarni yo'qotish kerak bo'ladi. Buning uchun ushbu qism belgilanib, *Process/Mute* tugmachasi bosiladi.

Agarda, signal tovush balandligi bo'yicha kam o'zgaruvchan bo'lsa, uning balandligini chegaralab qo'yish maqsadga muvofiq. Bu esa tovushni keyingi o'zgartirishlar jarayonida sodir bo'lishi mumkin bo'lgan buzilishlardan saqlaydi. Bunaqa tovushga misol qilib *Distortion* effektiga ega elektrogitara sadosini keltirish mumkin. Ushbu holda *Effects/Dynamics* menyu punktidan foydalaniladi va ekranga chiqariladigan yordamchi menyudagi Limiter maydoniga belgi qo'yiladi hamda Name ro'yxatidan 3 dB limiter varianti ko'rsatiladi. So'ngra, OK tugmachasi bosiladi.

Shunisi e'tiborga molikki, qo'shimcha sozlashlarni talab qiluvchi ixtiyoriy ovoz effektiga murojaat qilinganida ishlash uchun qulay, effektning xohlagan parametrlarini rostdash imkonini beruvchi yordamchi menyu taqdim etiladi. Ba'zi hollarda, o'ta murakkab rostdashlarni amalga oshirib o'tirmasdan, Name ro'yxatida taqdim etiladigan birorta belgilab qo'yilgan rostdash variantini ham tanlash mumkin.

Ba'zida tovushga zarur tembr berish uchun uni ekvolayzer orqali o'tkazish foydadan holi emas. Sound Forge dasturida asosan ikki rusmdagi ekvolayzer mavjud: parametrik (yoki *Tools/Parametric EQ*) hamda grafik (yoki *Tools/Graphics EQ*). Parametrik ekvolayzer tanlab olingan chastota oralig'ini kuchaytirish yoki susaytirish imkonini beradi. Grafik ekvolayzer odatdagi analog ekvolayzer paneliga o'xshash, ya'ni 10-polosali qilib ishlangan va u ovozni nisbatan aniqroq nazorat qilish imkonini beradi.

Ovozga yangi va yangi jilolar berish maqsadida xorus (*Chorus*) effektidan ham foydalaniladi. Bu effekt bir vaqtning o'zida ikki va undan ortiq signal manbalaridan tovush tarqalayotgani singari taassurot tug'diradi. Ushbu holat boshlang'ich signalga uning vaqt bo'yicha kechikkan (100 millisekundgacha) hamda tovush balandligi bo'yicha bir oz o'zgartirilgan nusxasini qo'shish evaziga hosil qilinadi. Tovushga xorus kiritish uchun *Effects/Chorus* menyu punktidan foydalaniladi. Bunda ekranga chiqariladigan yordamchi menyu bo'yicha birorta belgilab qo'yilgan rostdash variantini tanlash yoki o'zimiz xohlagan rostdashlarni kiritishimiz mumkin. Rostdashlar quyidagi parametrlar yordamida belgilanadi: *Input gain* – kirishdagi signal balandligi; *Dry out* – chiqishdagi ishlov berilmagan signal balandligi; *Chorus out* – chiqishdagi ishlov berilgan signal balandligi; *Delay* – ishlov berilgan signalning dastlabki signaldan kechikish vaqti; *Mod.rate* – ishlov beriluvchi signal modulyasiyasining chastotasi; *Mod. Depth* – modulyasiya chuqurligi; *Feedback* – ishlov berilgan signalning qancha qismiga qayta ishlov berilishi foizlarda ko'rsatiladi; *Chorus size* – dastlabki signalni effekt bilan ishlov

berishlar soni. Masalan, yakkaxon elektrogitara uchun, ko'p hollarda parametrlarning quyidagi qiymatlari qo'l keladi: *Input gain*=100%; *Dry out*=100%; *Chorus out*=33%; *Delay*=30 ms; *Mod. rate*=0,5 Hz; *Mod. depth*=8%; *Feedback*=15%; *Chorus size*=2. Effektni butun fayl uchun joriy etishdan avval, uning ta'siri qanaqa bo'lishini yordamchi menyudagi Preview tugmachasini bosib tekshirib ko'rish mumkin.

Keng qo'llaniladigan effektlardan yana biri reverberasiya effekti hisoblanadi. Bu effekt ovozga «hajm» berish hamda turli xildagi imoratlar (konsert zallari, xollar, kichik o'lchamdagi xona va boshqalar)ning akustik sharoitlarini imitatsiya qilish uchun ishlatiladi. Zamonaviy musiqiy yozuvlarning deyarli barchasida reverberasiya effekti mavjud yoxud hozirgi kunda musiqiy yozuvda reverberasiyaning borligi emas, balki yo'qligining o'zi effekt sifatida qabul qilinishi mumkin. Reverberasiya effekti dastlabki signalning vaqt bo'yicha kechikuvchi bir necha nusxalarini hosil qilishga asoslanadi. Sound Forge dasturi signalning sakkizta nusxasi bilan ishlash imkonini berib, har bir nusxa uchun kechikish vaqti, amplitudasi va stereospektrda joylashish o'rnini ko'rsatish mumkin bo'ladi. Vaqt bo'yicha kechikkan signallar tasavvur etilayotgan bino devorlaridan qaytgan birinchi tovush to'lqinlarini aks ettiradi va so'ngra *Feedback*, *Mod. rate*, *Mod. depth* va *Lowpass* (yuqori chastotalar filtri) parametrlari orqali qayta o'zgartirishlar bilan sadolanadi. Signalni qayta o'zgartirishlar tovushning ming-minglab aks sadolarini imitatsiya qilishga xizmat qiladi. Natijada, ma'lum muddat davomida ayni bir aks sadoni eshitish imkoniyati bo'lmaydi. Reverberasiya qilingandan so'ng tovush juda tabiiy va boyitilgan holda yangrashiga ishonch hosil qilamiz. Reverberasiya juda murakkab ishlov berish algoritmiga asoslanadi. Shuning uchun, ushbu effektning sozlashlari Sound Forge dasturidagi eng qiyin sozlashlardan hisoblanadi. Bunda, agarda belgilab qo'yilgan sozlash variantlaridan birortasidan foydalanilmaydigan bo'lsa, tovushning kerakli yangrashiga erishish uchun juda ko'p vaqt sarflash mumkin. Ushbu effekt *Effects/Reverb* menyu punkti yordamida chaqiriladi. Taqdim etiladigan yordamchi menyudan birorta belgilab qo'yilgan sozlash variantini tanlash yoki rostlash parametrlarini bevosita o'zgartirish bilan shug'ullanish mumkin. Bunda *Reverb* menyusining quyi qismida rostlash jarayonini aks ettiruvchi exogrammani ko'rish mumkin bo'ladi.

So'ngra, yozib olingan tovush fayliga *Delay/Echo* (ushlab turish/aks sado (exo)) effektini ham qo'llash mumkin. Bu effekt *Effects/Delay/Echo* menyu punkti orqali chaqiriladi. U aks sadoni imitatsiya qiladi va eshitilayotgan tovush, katta binoda, tog'da yoki aksincha, tor xonada taralayotgani kabi taassurot uyg'otadi. Pseudo-Stereo deb nomlanuvchi belgilab qo'yilgan sozlash varianti tanlansa juda qiziq natijaga erishish mumkin. Uni fayldagi sterokanallardan faqat bittasiga joriy etish lozim bo'ladi.

Aytish lozimki, yuqorida keltirilgan uch effekt (*Chorus*, *Reverb* va *Delay/Echo*) bir-biriga juda yaqin hisoblanadi, ya'ni ular dastlabki signalning vaqt bo'yicha kechikkan bir yoki bir necha nusxalarini hosil qilishga asoslanadi.

Shuning uchun ushbu effektlarning barchasini bir faylning o'zida qo'llash maqsadga muvofiq emas. Ko'pincha ularning bittasi yoki ikkitasi, masalan, *Chorus-Reverb* variantidan, foydalanish yetarli. Chunki, oxir-oqibat ovoz yozuvi turli aks sadolar va shovqinlar bilan to'lib-toshib ketishi yaxshi emas. Faylga ishlov berishda har bir bajarilgan o'zgartirishdan so'ng, kerakli natijaga erishish uchun ovoz yozuvini diqqat bilan eshitib ko'rish zarur bo'ladi.

Sound Forge dasturida mavjud ishlov berish vositalari yordamida faylning boshida tovushning asta-sekin balandlasha borishi va faylning oxirida uning so'na borishi effektlarini juda osonlik bilan yo'lga qo'yish mumkin. Tovush balandligining asta-sekin ko'tarila borishi uchun fayldagi kerakli qismni belgilash va *Process/Fade/In* menyu punktidan, asta-sekin pasaya borishi uchun esa – *Process/Fade/Out* menyu punktidan foydalanish kifoya. *Process/Fade/Graphic* menyu punkti esa signal amplitudasini butun fayl bo'ylab o'zgartirish uchun asqotadi. Grafik tasvir kuzatish uchun juda qulay bo'lib, bunda, albatta, ijod erkinligiga ham yo'l ochiladi.

Yuqorida bayon etilgan ovoz effektlari deyarli barcha tovush fayllariga ishlov berishda qo'llaniladi. Bulardan tashqari, Sound Forge dasturida boshqa ko'plab qiziqarli vositalar ham mavjud. Ular juda kamdan-kam, original yoki tabiatda umuman mavjud bo'lmagan yangi ohanglarni hosil qilish zarurati bo'lgan hollardagina ishlatilishi mumkin. Bu effektlar qatoriga quyidagi maqsadlar uchun qo'llaniladigan maxsus effektlar kiradi: *Effects/Flange* menyu punkti – signal tembrini ajoyib tarzda o'zgartirish uchun; *Process/Reverse* menyu punkti – ovoz yozuvi fragmentini oxiridan boshiga qarab eshittirish uchun; *Effects/Pitch Bend* menyu punkti – ko'rsatilgan egri chiziq bo'yicha tovush balandligini o'zgartirish uchun; *Effects/Gapper/Snipper* menyu punkti – ovozni o'zgartirish, masalan odam ovozini robot ovoziga aylantirib eshittirish uchun; *Effects/Amplitude Modulation* menyu punkti – sekin tremolo yoki turli ovoz buzilishlariga erishish uchun; *Effects/Distortion* menyu punkti – ovoz kuchaytirgichga tushayotgan og'irlikni imitatsiya qilish uchun va hokazo.

Sound Forge dasturi boshqa ko'plab foydali imkoniyatlardan ham holi emas. Masalan, qandaydir musiqa asbobi partiyasini yozib olayotganda, ijroda adashish oqibatida bironta noto'g'ri nota tushib qolishi mumkin. Partiyani qayta yozmasdan, uni tahrirlash imkoniyati dasturning *Pitch change* vositasi yordamida amalga oshiriladi. Buning uchun ovoz yozuvi to'lqinidan kerakli fragment belgilab olinadi va *Effects/Pitch Change* menyu punktiga kiriladi. Ekranga chiqariladigan yordamchi menyudagi *Preserve Duration* (fragment uzunligini o'zgartirmaslik) maydoniga belgi qo'yilishi, *Semitones* (polutonlar) va *Cents* (sentlar) maydonlaridagi son qiymatlarni o'zgartirib, noto'g'ri olingan notani to'g'rilash va OK tugmachasini bosib kerakli ovoz yozuviga ega bo'lish mumkin.

Ovoz yozuvi fragmenti ijrosini, uning balandligini o'zgartirmasdan, tezlatish yoki sekinlatish imkoniyatini taqdim etilishi ham juda foydali hisoblanadi. Buning uchun *Process/Time Compress/Expand* vositasidan foydalaniladi. Afsuski,

dastur yordamida fonogrammani 2 martagacha tezlatish va 1,5 martagacha sekinlatish mumkin bo‘ladi.

Ancha keng qo‘llaniladigan va foydali effektlardan yana biri Noise Gate (*Effects/Noise Gate*) effekti hisoblanadi. U ijrodagi to‘xtalishlarda, asosiy signal vaqtincha to‘xtatiladigan hollardagi barcha shovqinlardan xalos bo‘lish imkonini beradi. Ushbu effekt ko‘rsatiladigan darajadan past amplitudaga ega barcha tovush va shovqinlarni ovoz yozuvidan olib tashlash asosida ishlaydi.

Dastur ovoz yozuvini hosil qilib, uni ovozni semplerda ishlatish bilan shug‘ullanuvchilar uchun ham katta qiziqish uyg‘otadi. Sound Forge dasturining tarkibida ovoz yozuvining vaqt bo‘yicha davriy qaytariladigan qismlarini yaratish va tahrirlash uchun mo‘ljallangan, *Loop Tuner* kabi qulay vositalar ham mavjud. Bunga o‘xshash texnika qisqa uzunlikdagi tovushni semplerda xohlagancha uzoq muddat eshittirilishiga erishishni ta‘minlaydi. *Loop Tuner* bilan tahrirlashga kirishishdan avval semplning kerakli qismini sichqoncha bilan belgilab olish va *Special/Edit Sample* buyrug‘ini chaqirish lozim bo‘ladi. Bu maqsadda gorizontaal polosada sichqonchaning kontekst menyusidan ham foydalanish mumkin. Bunda ekranga chiqariladigan yordamchi menyuda *Sustaining* yoki *Sustaining with Release* hamda *Infinite Loop* yozuv maydonlariga belgi qo‘yiladi va OK tugmachasi bosiladi. So‘ngra, *View/Loop Tuner* buyrug‘i berilib, *Loop Tuner* vositasi ishga tushiriladi. Bunda ekranda ikkita ish darchasi mavjud bo‘lib, ularning yuqoridagisida yozib olingan ovoz yozuvi tregi butun boricha, pastdagisida esa – belgilangan qismning boshlanishi va tugashi «ulanadigan» joyning maksimal kattalashtirilgan holdagi tasvirlari aks ettirilgan bo‘ladi. Ushbu «ulanish» joylarini iloji boricha bir-biri bilan ustma-ust tushishiga erishish muhim hisoblanadi. Ya‘ni, tanlangan qism to‘lqinining oxiri (pastki darchaning chap qismidagi tasvir), qism boshi to‘lqinining mantiqiy davomi kabi bo‘lishi zarur bo‘ladi. Ushbu maqsadda davriy qaytarilishning boshi va oxirini bildiruvchi nuqtalarni siljitish uchun mo‘ljallangan nazorat vositalaridan foydalaniladi. Mos tugmachani oldindan bosib qo‘yib, bir vaqtning o‘zida har ikkala nuqtani siljitish ham mumkin. Juda qisqa qism (50 millisekunddan kam) olinishi ham tavsiya etilmaydi, chunki natijada ovoz balandligi o‘zgarib ketishi mumkin. Hosil qilingan *Loop* qanday yangrashini mos tugmachani bosib eshitib ko‘rish mumkin. Tyunerning eng yaxshi imkoniyatlaridan biri – *Loop* ni eshitish paytida ham unga tahrirlar kiritish mumkinligidir. Ya‘ni, ovoz yozuviga biron-bir o‘zgartirish kiritilsa, bu o‘zgartirish ovoz yozuviga qanday ta‘sir etganini darhol eshitish mumkin. Bunday qulaylik barcha dasturlarda ham mavjud emas. Tahrirlangan fayl semplerda qanday yangrashini eshitib ko‘rish uchun yuqori darchaning pastida joylashgan mos tugmacha bosiladi. Bajarilgan ishning sifati faqat eshitib ko‘rish orqali baholanadi. Ohangni eshittirilishida ovozda hech qanday sakrashlar va zarblar bo‘lmasligi lozim.

Semplerga yuklatiladigan ovoz yozuvi signalni buzilishiga olib kelmaydigan maksimal amplitudaga ega bo‘lishi kerak. Amplitudani oshirish uchun normallashtirish amali – *Process/Normalise* buyrug‘idan foydalaniladi.

Agarda qo'llanilayotgan sempler modeli Sound Forge dasturida mavjud bo'lsa, hosil qilingan ovozni *Tools/Sampler* tugmachasini bosish evaziga semplerga yuklash mumkin.

Ancha uzun ovoz fayli bilan ishlanganida yoki kattaroq ko'rish masshtabi tanlanganida, harakatni osonlashtirish uchun dasturda qaralayotgan to'lqin tebranishining sakkiztagacha qismlarini saqlash imkoniyati mavjud. Buning uchun faylning kerakli qismi belgilanishi va pastki darchadagi raqam tugmachalaridan birining bosilishi kifoya. So'ngra, xohlagan payt, faylni kerakli qismiga qaytish zarurati tug'ilganda, unga mos keluvchi raqam tugmachasi bosiladi.

Deyarli barcha effektlarni nafaqat ikkala kanal uchun birgalikda qo'llamasdan, ulardan faqat alohida olingan bittasiga ham qo'llash mumkinligi e'tiborga sazovordir. Ovoz faylining o'ng va chap kanallarini bir xil effekt bilan turli xil rostdashlar qilib ishlov berilsa, ayrim hollarda, juda qiziq natijalarga erishiladi. Bu, asosan, ovozni vaqt bo'yicha ushlab qolish va reverberasiyada yaxshi kuzatiladi. Chap va o'ng kanallar uchun umuman bir-biridan farq qiluvchi effektlar ham ishlatilishi mumkin. Oxirgi natijaga faylga ishlov berishda qo'llanilgan effektlar to'plamining ketma-ketligi ham sezilarli ta'sir qiladi, misol uchun, *EQ-Chorus-Delay* yoki *Chorus-Delay-EQ*.

Ish jarayonida saqlash amaliga ehtiyotkorlik bilan yondoshish talab etiladi, chunki Undo (bekor qilish) amali bir pog'onali bo'lib, bekor qilish faqat eng oxirgi o'zgartirish uchun kuchga ega bo'ladi. Ya'ni, faylga ishlov berishda ikki-uch qadam orqaga qaytishning iloji yo'q va o'sha faylni qaytadan ochish kerak bo'ladi. Shuning uchun, faylning bir necha oraliq nusxalarini saqlab borish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, Sound Forge dasturi juda ko'plab funksional imkoniyatlarga ega va ovoz yozuvi fayllarini yaratish va tahrirlash uchun foydali vosita bo'lishi mumkin.

QO‘LLANILGAN ATAMALARNING QISQACHA LUG‘ATI

Control voltage (CV)	– boshqarish kuchlanishi
DCO	– raqamli ossillyator
Digital Signal Processor (DSP)	– raqamli signallarni qayta ishlovchi prosessor
envelop generator	– egiluvchan generator
filter cutoff	– chastota oralig‘i
FM	– chastota modulyasiya
low frequency (LFO)	– kichik chastota
Pulse wave	– pulslanuvchi to‘lqin shakli
Resonanse	– rezonans
Sawtooth wave	– arrasimon to‘lqin shakli
Sine wave	– sinusoidal to‘lqin shakli
Square wave	– to‘g‘ri to‘rtburchak to‘lqin shakli
tringle wave	– uchburchak ko‘rinishli to‘lqin
Voltage Controlled Filter (VCF)	– kuchlanishni nazorat qilish filtri
Voltage Controlled Oscillator (VCO)	– boshqaruvchi kuchlanish (yoki ossillyator)

ADABIYOTLAR

1. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы. Справочное пособие. Под ред. С.В.Якубовского. –М., «Радио и связь», 1984.
2. Ащеулов С. и др. Задачи по элементарной физике. –М, 1974.
3. Бутиков Е.И. и др. Физика в примерах и задачах. –М, 1989.
4. Бытько Н.Д. Физика. Учебное пособие. –М, 1972.
5. Геворкян Р.Г. Курс физики. Учеб. пособие для вузов. –М, 1979.
6. Дубровский И.М. Справочник по физике. –М, 1986.
7. Интегральные микросхемы. Справочник. Под ред. Б.В.Тарабрина. –М., «Радио и связь», 1984.
8. Кайна, Горлон. Акустические волны. Пер. с англ. –М., 1990.
9. Калантаевский Ю.Ф. Радио-электроника. –М., «Высшая школа», 1988.
10. Кошкин Н.И. и др. Справочник по элементарной физике. –М., 1965.
11. Ломаносов В.Ю. и др. Электротехника. –М., «Энергоатомиздат», 1990.
12. Малов Н.Н. Курс электротехники и радиотехники. –М. 1965.
13. Мельников Л.Н.. Программы, синтез света и музыки. –М., 1980.
14. Миловзоров В.П. Элементы информационных систем. –М., 1989.
15. Робертсон Б. Современная физика в прикладных науках. Пер. с англ. –М., «Мир», 1965.
16. Ромаш Э.М. Источники вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры. –М., «Радио и связь», 1981.
17. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 2., –М., «Наука», 1978.
18. Самойлов В.Ф., Маковеев В.Г. Импульсная техника. –М., «Связь», 1971.
19. Справочник по интегральным микросхемам. Под ред. Б.В.Тарабрина. –М., «Энергия», 1980.
20. Тарабрин Б.В. Справочник по интегральным микросхемам. –М, 1989.
21. Физика за рубежом. Пер. с англ. –М., «Мир», 1988.
22. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. –М., «Наука», 1985.
23. Яковлев В.Н. Импульсные генераторы на транзисторах. –Киев, «Техника», 1968.