

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
МУДДАНИЯТ ИШЛАРИ ВАЗИРАЛИГИ  
ЎЗБЕКИСТОН ДАВЛАТ КОНСЕРВАТОРИЯСИ

**А.АҲМАДЖОНОВ, М.З.НОСИРОВ,  
А.Р.РЎЗИҚУЛОВ**

# **ФИЗИКА ВА ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ**

«Техноген санъат (музикий овоз режиссёрлиги)»  
бакалаврият таълим йўналиши учун  
**ўқув қўлланма**

«МУСИҚА» нашриёти  
Тошкент  
2004

Аҳмадҷонов А. ва бошқ. Физика ва электроника асослари: «Техноген санъат (муסיқий овоз режиссёрлиги)» бакалаврият таълим йўналиши учун ўқув қўлланма/ Муаллифлар: А.Аҳмадҷонов, М.З.Носиров, А.Р.Рўзиқулов; Масъул муҳаррир: З.М.Солиҳов. -Т «Муסיқа» нашр; 2004. -126 б.

Сарлавҳада: ЎЗР маданият ишлари вазирлиги, Ўзбекистон давлат консерваторияси.

Мазкур ўқув қўлланма Ўзбекистон давлат консерваториясининг “Техноген санъат (муסיқий овоз режиссёрлиги)” таълим йўналиши бўйича бакалаврият талабаларида физика ва электроникага оид тушунчаларни шакллантиришга қаратилган бўлиб, унда электр қисми, микроэлектроника, акустик тўлқинлар, радиолампалар, интегралъ микросхемалар, кучайтиргичлар, ток тўғрилагичлари, атом физикаси ҳамда таълим йўналиши ихтисослашувидан келиб чиқиб электрон муסיқа ва электрон муסיқий чолғуларнинг физик-электроник асослари ўргатилади.

**Масъул муҳаррир: З.М.СОЛИҲОВ** техника фанлари доктори, профессор

**Тақризчилар: Б.ОТАҚУЛОВ** физика-математика фанлари доктори, профессор, Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби, Беруний номидаги Давлат мукофоти совриндори

**С.М.БЕГМАТОВ** санъатшунослик фанлари номзоди, доцент

*Ушбу ўқув қўлланма Ўзбекистон давлат консерваториясининг ўқув-услубий кенгаши томонидан нашрга тавсия этилган.*

**ББК 85.31.Я73**

№ 5-2004

Алишер Навоий номидаги  
Ўзбекистон миллий кутубхонаси

© «Муסיқа» нашриёти, 2004 й.

## МУНДАРИЖА

	бет
Муаллифлардан	
1 ХАЛҚАРО БИРЛИКЛАР ТИЗИМИ (СИ)	6
1.1 Айрим механик ва иссиқлик катталикларининг ўлчов бирликлари	6
1.2. Айрим электромагнит катталикларнинг ўлчов бирликлари	6
1.3. Диэлектрикнинг мутлақ ўтказувчанлик бирлиги	7
1.4. Магнит майдони оқимининг бирлиги	8
1.5. Магнит индукция бирлиги	8
1.6. Индуктивлик ва ўзаро индуктивлик бирликлари	9
1.7. Магнит сингдирувчанлик бирликлари	9
1.8. Иш ва энергия бирликлари	9
1.9. Қаршилиқ бирликлари	10
1.10. Сигим бирликлари, уларни интегралловчи ва дифференциалловчи электр занжирларда ишлатилиши	12
1.11. СИ тизимиға кирмайдиган бирликлар	17
1.12. Мисоллар ечиш	17
2. ҚАРШИЛИКЛАР	20
2.1. Қаршилиқларни улаш ва уларни ҳисоблаш	20
2.2. Ўтказгич қаршилиқларини ҳароратға боғлиқлиги	21
3. ОДДИЙ ДОИМИЙ ТОК ЗАНЖИРЛАРИ	23
3.1. Занжирни бир қисми учун Ом қонуни	24
3.2. Занжирнинг тўла қисми учун Ом қонуни	25
3.3. Электр тоқини ҳисоблаш	27
3.4. Тоқ зичлиги	28
3.5. Электр тоқининг иши	29
3.4. Жоуль-Ленц қонуни .....	31
4. КОНДЕНСАТОРЛАР	33
4.1. Конденсаторларни параллел улаш	34
4.2. Конденсаторларни кетма-кет улаш	36
4.3. Конденсаторларни аралаш улаш	40
5. ИНДУКТИВЛИК ҒАЛТАГИ ВА УНИ ҲИСОБЛАШ	42
6. ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОН ЭНЕРГИЯСИ	49
6.1. Диэлектрик материалларни электр мустаҳкамлиги	50
6.2. Қаттиқ жисмларни электр тешилиш жараёни	51
7 ЭЛЕКТРОН ЛАМПАЛАР	53
7.1. Диод лампаси ҳамда уч электродли электрон лампалари	56
7.2. Кўп электродли лампалар	57
8. ДИОД ВА СТАБИЛИТРОНЛАР	61
8.1. Ярим ўтказгичли диодлар.....	61

Ярим ўтказгичли диодлар асосида ҳар хил ток тўридаги чаларни қўриши ва ўзгарувчан тоқларни эгармас тоқларга айлантириши	63
8.3. Стабилитрон ва унинг ишлатиши	64
9. ТРАНЗИСТОРЛАР	65
9.1. Транзисторлар ва уларнинг уланиши	65
9.2. Транзисторларнинг умумий эмиттер билан улаш	66
9.3. Транзисторни умумий коллектор билан улаш	67
9.4. Майдон транзистори	68
10. КУЧАЙТИРГИЧНИНГ УМУМИЙ ХАРАКТЕРИСТИ- КАЛАРИ	71
10.1. Биполяр транзисторли паст частотали кучайтиргич каскади	75
11. ИНТЕГРАЛ МИКРОСХЕМАЛАР	79
12. ТОВУШ БОСИМИ ВА КУЧНИНГ ЎЛЧОВ БИРЛИК- ЛАРИ ҲАМДА УНИНГ ДИНАМИК ДИАПАЗОНИ	81
12.1. Товуш босими ва овоз кучини ўлчаш	81
12.2. Эшитиладиган товушнинг динамик диапазони	81
12.3. Микрофон ва радиокарнайлар	82
13. Электр филтрлари ҳақида тушунча	84
14. Автогенераторларнинг ҳар хил кўринишлари ва уларни ҳисоблаш	87
15. АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ	94
15.1. Атом ядросининг энергияси	95
15.2. Ядро реакцияси	96
15.3. Уран атом ядроси реакциясини атом бомбасида ишлатилиши	97
15.4. Уран 235 нинг ядро реакцияси	97
16. ЭЛЕКТРОН МУСИҚА ВА ЭЛЕКТРОН МУСИҚИЙ ЧОЛГУЛАР	101
16.1. Электрон музиқий чолғулар	101
16.2. Филтрлар	110
16.3. Товуш частотаси генераторлари	110
16.4. Синтезатор ва семплерлар	113
16.5. Ҳозирги замон электрон музиқа яратиш дастурлари ва улардан фойдаланиш	115
Қўлланилган атамаларнинг қисқача луғати	124
Адабиётлар	125

## МУАЛЛИФЛАРДАН

Ҳозирги кунда техника тараққиёти жадал суръатлар билан илгарилаб бормоқда. Жумладан, техник воситалар деярли барча санъат турлари таркибида ҳам етакчи вазифалардан бирини ўтаб келаётгани ва ўзига хос йўналишда ривожланаётгани барчага аён. Айнан шу жаҳаларда ўзбек тилида ёзилган тегишли адабиётларнинг деярли йўқ даражада эканлигини ҳам таъкидлаш лозим. Умуман, бу жараёни физика ва электроника фанининг асосий қонунларини билмаган ҳолда аниқ тасаввур қилиш қийин, албатта. Талаба ва ўқувчиларга мазкур фани ўрганишлари ва ўзлаштиришлари учун имкон яратиш бугунги куннинг долзарб масалаларидан биридир.

Ўқув қўлланма асосан Ўзбекистон давлат консерваториясининг «Техноген санъат» соҳасининг бир қисми ҳисобланмиш мусиқий овоз режиссёрлиги ихтисослигида таҳсил олаётган талабалар учун мўлжалланган. Шу билан бирга, мазкур қўлланма бошқа олий ўқув юрталарида мусиқий овоз режиссёрлиги ихтисослигига ёндош мутахассислик бўйича таълим олаётган талабалар ҳамда академик лицей ва касб-хунар коллежлари ўқувчилари учун ҳам фойдалидир. Қўлланмада замонавий электрон мусиқий чолғулар, овоз ёзиш ҳамда эшиттириш қурилмаларининг асосий турлари ва ишлаш принципларини ёритишга ҳам эътибор қаратилган.

Ўқувчиларга амалий иш жараёнида фойдали бўлади деган мақсадда айрим мавзуларга доир мисол ва масалалар келтирилган ҳамда уларни ечиш йўллари кўрсатилган. Қўлланмага физика ва электроникага доир луғатлардан олинган айрим маълумотлар ҳам киритилган.

Муаллифлар, ўқув қўлланманинг нашрга тайёрланишида ўз таклифлари, маслаҳатлари билан ёрдам берган Фарғона давлат университетининг «Физика-техника» факультети «Умумий физика ва ФУМ» кафедрасининг профессори, ф-м.ф.д., Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби, Беруний номидаги Давлат мукофотининг совриндори Банноп Отақуловга ҳамда санъатшунослик фанлари номзоди, Ўзбекистон давлат консерваториясининг доценти Соибжон Бегматовга миннатдорчилик билдириб қоладилар.

## 1. ХААҚАРО БИРЛИКЛАР ТИЗИМИ (СИ)

Асосий бирликлар системаси СИ қуйидагилардан иборат:

- узунлик бирлиги — метр (м);
- масса бирлиги — килограмм (кг);
- вақт бирлиги — секунд (с);
- электр ток кучи бирлиги — ампер (а);
- температура бирлиги — градус, кельвин ( $^{\circ}$ , К);
- ёруғлик кучи бирлиги — свеча (св).

### 1.1. Айрим механик ва иссиқлик катталикларининг ўлчов бирликлари

Даставвал, уларнинг ўлчов катталикларини топишда фойдаланиладиган формулаларни келтирамиз.

Тезлик  $v$  билан ифодаланади, унинг асосий бирлиги метр/секунд (м/с). Метр/секунд бу шундай текис ҳаракат тезлигики, унда жисм  $t = 1$  секунд вақт ичида  $S$  масофани босиб ўтади ва у 1 метрга тенг дейилади:

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

$$v = \frac{1 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тезланиш  $a$  билан белгиланиб, унинг асосий бирлиги метр/сек<sup>2</sup> (м/с<sup>2</sup>) билан ифодаланади. Бир метр/секунд квадрат шундай текис тезланишки, бунда тезлик 1 секундда 1 м/с га ўзгаради.

Куч бирлиги  $F$  билан белгиланиб, ньютон (н) да ўлчанади. Бир ньютон шундай куч бирлигики, жисмнинг оғирлиги 1 кг бўлганида унинг тезланиши  $a = 1$  м/с<sup>2</sup> га тенг бўлади:

$$1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F = m \cdot a:$$

### 1.2. Айрим электромагнит катталикларнинг ўлчов бирликлари

Электр заряд миқдори  $q$  билан белгиланиб у кулон (к) да ўлчанади. Бир кулон заряд миқдори бирлиги деб, ўтказгичнинг

Кўидаланг кесим юзидан 1 секунд ичида 1 а ток оқиб ўтишига айтилади:

$$1 \text{ к } 1 \text{ а } 1 \text{ сек } 1 \text{ а сек.}$$

Электр потенциаллар айирмаси бирликлари (электр кучланиш ( $U$ ), электр юритувчи куч ( $E$ ) вольт (в)).

Вольт иккита нуқта электр майдонларининг потенциаллар айирмаси бўлиб, улар ўртасидаги ҳосил бўлган заряд ( $Q$ ) 1 к га тенг бўлганида, 1 жоуль иш бажарилади:

$$A = Q \cdot U;$$

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

$$1 \text{ в} = \frac{1 \text{ ж}}{\text{к}} = 1 \frac{\text{ж}}{\text{к}}$$

Электр қуввати  $P$  билан белгиланиб, унинг ўлчов бирлиги ватт (вт) да ифодаланади:

$$P = U \cdot I;$$

$$1 \text{ вт} = 1 \text{ в } 1 \text{ а} = 1 \text{ в} \cdot \text{а.}$$

Бу бирлик механик қувватнинг бирлигига мос тушади.

Сигим  $C$  билан белгиланиб (ф) фарадада ўлчанади. Ўтказгичга 1 к заряд берилганида ундаги кучланиш 1 в га ошса, ўтказгич 1 фарада сигимга эга дейилади:

$$1 \text{ ф} = \frac{1 \text{ к}}{1 \text{ в}} = 1 \frac{\text{к}}{\text{в}},$$

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

### 1.3. Диэлектрикнинг мутлақ ўтказувчанлик бирлиги

Конденсаторнинг ҳар бир пластинкасининг юзаси  $S = 1 \text{ м}^2$  ва пластинкалар орасидаги масофа  $d = 1 \text{ м}$  бўлганида сигим 1 фарадага тенг бўлади.

Текис пластинкали конденсатор сигими қуйидаги формула ёрдамида топилади:

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

бунда ўтказувчанлик:

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

$$1 \frac{\Phi}{\text{м}} = \frac{1 \Phi \cdot 1 \text{м}}{1 \text{м}^2}$$

#### 1.4. Магнит майдони оқимининг бирлиги

Магнит майдони оқими  $\Phi$  билан, оқим бирлашуви эса  $\varphi$  билан белгиланади. Унинг ўлчов бирлиги вольт-секунд ёки вебер билан ифодаланади.

Вебер бу шундай магнит оқимики, 1 сек. вақт ичида галтақдаги ЭЮКни 1 в бўлишига айтилади.

$$\text{Фарадей-Максвелл қонунига мувофиқ } E_i = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t},$$

бу ерда,  $E_i$  берк контурдаги электр юритувчи куч;

$\Delta\varphi$  галтақда магнит майдони оқимининг  $\Delta t$  вақт ичида тутилиб қолиши.

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

$$1 \text{ вб} = 1 \text{ в} \cdot 1 \text{ сек} = 1 \text{ в} \cdot \text{сек}.$$

Ҳар бир алоҳида ўрам учун магнит майдони оқими  $\Phi$  ва унинг тутилиши  $\varphi$  бир-бирига мос тушади.

Ўрамлар сони  $w$  бўлган соленоид кесим юзидан  $\Phi$  магнит майдони оқими ўтганида, унинг тутилиши қуйидагича топилди:

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

#### 1.5. Магнит индукция бирлиги

Магнит индукция бирлиги  $B$  билан белгиланиб, *тесла* да ўлчанади. Тесла шундай магнит майдонки, магнит оқими  $F$  ва унинг юзаси  $S$  бир метр квадрат перпендикуляр йўналган майдон оқими 1 веберга тенг бўлишига айтилади.

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

$$1 \text{ тл} = \frac{1 \text{ вб}}{1 \text{ м}^2} = 1 \frac{\text{вб}}{\text{м}^2}$$

Магнит майдонининг кучланганлик бирлиги ампер/метр.

Таъсир этадиган ток кучи 4 л а га тенг ва тоқли ўтказгичгача бўлган масофа  $r=2$  м бўлганида 1 а/м га тенг магнит майдон кучланганлиги ҳосил бўлади:



$$H = \frac{I}{2\pi}$$

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

### 1.6. Индуктивлик ва ўзаро индуктивлик бирликлари

Индуктивлик  $L$  ва ўзаро индуктивлик  $M$  билан белгиланади ва улар генри (гн) да ўлчанади. 1 генри шундай боғланган ғалтак индуктивлигики, бунда магнит оқими 1 вб га тенг бўлиб, ғалтақдан 1 а ток кучи оқиб ўтади.

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

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

$$1_{\text{гн}} = \frac{1 \text{ в} \cdot 1 \text{ сек}}{1 \text{ а}} = 1 \frac{\text{в} \cdot \text{сек}}{\text{а}}$$

### 1.7. Магнит сингдирувчанлик бирликлари

Магнит сингдирувчанлиги (проницаемость)  $\mu$  билан белгиланади. Унинг асосий бирлиги генри/метр (генри/м). Магнит майдон кучланганлиги 1 а/м, магнит индукцияси 1 тл га тенг бўлганида магнит сингдирувчанлиги 1 генри/метр бўлади.

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

$$1 \frac{\text{гн}}{\text{м}} = \frac{1 \frac{\text{вб}}{\text{м}^2}}{1 \frac{\text{а}}{\text{м}}} = 1 \frac{\text{вб}}{\text{а} \cdot \text{м}}$$

### 1.8. Иш ва энергия бирликлари

Жисм  $F=1$  н бўлган куч таъсирида 1 м масофага силжиса, унинг бажарган иши 1 жоуль бўлади:

$$1 \text{ ж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ н} \cdot \text{м}.$$

Умумий ҳолда

$$A = P \cdot t.$$

$t = 1$  сек ичида  $1$  ж ниш бажарилишига тенг қувват бирлигига  $1$  Ватт деб айтилади.

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ ж}}{1 \text{ сек}} = 1 \frac{\text{ж}}{\text{сек}}$$

Умумий ҳолда

$$V = \frac{A}{t}$$

Иссиқлик миқдори  $q$  билан белгиланади. Унинг бирлиги  $q$  жоуль (ж).

Бу бирлик қиймати қуйидаги тенглик ёрдамида топилади:

$$q = k \cdot A.$$

$k$  бирга тенг деб қабул қилинган коэффициент,  $1 \text{ ж} = 1 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ сек}$ .

Бу эса иссиқлик ва механик энергияларнинг эквивалент эканлигини ифодалайди.

### 1.9. Қаршилик бирликлари

Электр қаршилигининг асосий бирлиги қилиб Ом қабул қилинган. Ўтказгичдан ва шу ўтказгичга берилаётган кучланиш қиймати  $1$  вольт бўлганида, ундан  $1$  ампер ток оқиб ўтса ўтказгичнинг қаршилиги  $1$  Ом га тенг бўлади:

$$1 \text{ Ом} = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ а}} = 1 \frac{\text{В}}{\text{а}},$$

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

Амалиётда қаршилик бирлигининг нисбатан кичикроқ ва каттароқ қийматлари ҳам ишлатилади:

$$0,001 \text{ Ом} = 10^{-3} \text{ Ом} = 1 \text{ миллиом};$$

$$1000 \text{ Ом} = 10^3 \text{ Ом} = 1 \text{ килоом (ком)};$$

$$1000000 \text{ Ом} = 10^6 \text{ Ом} = 1 \text{ мегаом (мом)}.$$

Эталон сифатида узунлиги  $1$  м бўлган ва кўндаланг кесим юзи  $1 \text{ мм}^2$  га тенг бўлган ўтказгичнинг қаршилиги ишлатилади. Бу қаршилик солиштирма қаршилик деб юритилади ва грекча

«ро»  $\rho$  ( $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ) билан белгиланади.

Солиштира қаршиликка тесқари бўлган қиймат солиш-  
тира ўтказувчанлик деб юритилиб, «қаппа»  $\chi \left( \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right)$   
билан белгиланади.

Қаршилик  $R$  билан, ўтказувчанлик эса  $G$  билан белгилана-  
ди. Ўтказувчанлик сименсда(сим) ўлчанади ва агар қаршилик  
Ом да берилган бўлса қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$G = \frac{1}{R} \text{ [сим]}.$$

1-жадвалда айрим материалларнинг солиштира қарши-  
лиги ва солиштира ўтказувчанлиги берилган.

1-жадвал

№	Материал	$\rho \left( \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right)$	$\chi \left( \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right)$
1	Алюминий	0,0287	34,8
2	Мис	0,0178	57,0
3	Кумуш	0,0165	62,5

Ўтказгичнинг қаршилиги  $R$  унинг материали солиштира  
қаршилигига, шу ўтказгичнинг узунлигига ва кўндаланг кесим  
юзи  $S$  га бўлиқ:

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

бу ерда,  $\rho$  - солиштира қаршилик,  $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ;

$\chi$  - солиштира ўтказувчанлик,  $\frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$ ;

$l$  ўтказгичнинг узунлиги, м;

$S$  ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзи, мм<sup>2</sup>;

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда

$$\rho = \frac{l}{\chi} = \frac{R \cdot S}{l} \left[ \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right];$$

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

$$I = \frac{R \cdot S}{\rho} \quad [\text{M}]$$

### 1.10. Сигим бирликлари, уларни интегралловчи ва дифференциалловчи электр занжирларда ишлатилиши

Конденсаторга 1 кулон электр заряди берилганида унинг пластиналари орасидаги потенциаллар айирмаси 1 в га ошса конденсатор 1 фарада (ф) сигимга эга дейилади:

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

бу ерда  $C$  — сигим, Ф;

$q$  — электр заряди, к;

$U$  — кучланиш, в.

Амалда сигимнинг кичикроқ бирликлари ишлатилади:

$10^{-6}$  ф = 1 микрофарада = 1 мкф;

$10^{-9}$  ф = 1 нанофарада = 1 нф;

$10^{-12}$  ф = 1 пикофарада = 1 пф;

1 мкф =  $10^6$  пф, 1 нф =  $10^3$  пф.

Пластиналар орасидаги майдон кучланганлиги  $E$  қуйидаги формула билан топилади.

$$E = \frac{U}{d} \left[ \frac{\text{В}}{\text{М}} \right],$$

бу ерда  $U$  — пластиналар орасидаги кучланиш, в;

$d$  — пластиналар орасидаги масофа, м.

Конденсаторнинг бир пластинасида мусбат, иккинчисида эса манфий зарядлар йиғилгани учун, улар бир-бирларига  $F$  куч билан тортилади ва у ньютонда (н) ҳисобланади:

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

бундан,

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

Конденсаторда йиғилган энергия жоулда (ж) ҳисобланади ва у қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\omega = \frac{C \cdot U^2}{2} \quad (\text{ж});$$

бундан 
$$U = \sqrt{\frac{2e\varphi}{C}} \quad (15)$$

бу ерда  $C$  — сифим, ф;  
 $U$  — кучланиш, в.

Конденсаторнинг зарядланиши ва разрядланиши вақтида, ундан оқиб ўтаётган токнинг қиймати ўзгаради.

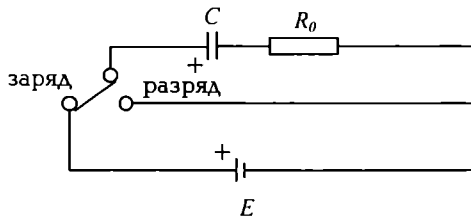
Бу ток қуйидаги формула ёрдамида топилади:

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

бу ерда,  $\Delta U_c$  — конденсатор пластинкалари орасидаги кучланишнинг  $\Delta t$  вақт ичида ўзгариш миқдори.

Бу формула амалиётда жуда катта аҳамиятга эга. Чунки конденсатор зарядланаётган вақтда унинг кучланиши ўзининг энг катта қийматига бирданига эришмайди. Худди шунингдек, у разрядланаётган пайтда ҳам кучланиш бирданига эмас, балки аста-секин ўзининг энг кичик қийматига эришади.

Конденсаторда ҳам энергиянинг йўқолиши мавжуд бўлиб, у конденсаторга кетма-кет ёки параллел уланган қаршилиқ ҳисобига юзага келади. Агар қаршилиқ  $R_0$  конденсаторга кетма-кет уланган бўлса, конденсатор манба  $E$  дан зарядланаётганида унинг ички қаршилиги нольга тенг бўлади ва заряд токи  $i_{зар}$  ҳамда конденсатор пластиналари орасидаги кучланиш  $U_c$  ўзгаради (1-расм).



1-расм.

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

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

бу ерда,  $E$  — электр юритувчи куч, в;

$t$  — зарядланиш бошланиш вақти, сек;

$$R_0 \text{ — вақт ўлчамига эга катталик, } \frac{a \text{ сек} \cdot b}{a} = \text{сек}$$

$R_0$  катталикни доимий вақт ( $\tau$ ) деб ҳам юритилади.

Доимий вақт конденсаторнинг зарядланиш ёки разрядланиш тезлигини ифодалайди:

$$\tau = C R_0 \text{ (сек),}$$

бу ерда  $C$  — сизим, мкф;

$R_0$  — қаршилик, мом;

Конденсатор разрядланаётганида заряд токи  $i_{\text{зар}}$  ҳамда конденсатор пластиналари орасидаги кучланиш  $U_c$  қуйидагича ҳисобланади:

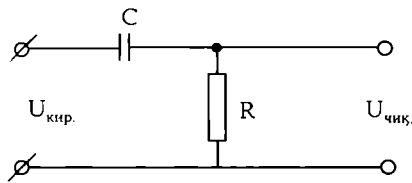
$$i_{\text{раз}} = \frac{E}{R_0} \cdot e \quad [\text{а}];$$

$$U_c = E \cdot e \quad [\text{в}].$$

Вақтнинг  $t_n = 0,7$ -т оралиғида кучланиш (ёки ток) катталиги ўзининг максимал қийматининг ярмига эришади.

Кўп схемаларда доимий вақт қиймати ишлатилади.

2-расмда дифференциалловчи занжир кўрсатилган.

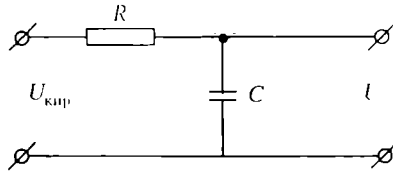


2-расм.

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

Бу ерда,  $f$  — частота, гц.

3-расмда интегралловчи занжир кўрсатилган.



3-расм.

$$\tau = R \cdot C \geq \frac{0.159}{f} \text{ (сек).}$$

Конденсаторларни ҳисоблашда мутлақ диэлектрик ўтказувчанлиги ( $\epsilon$ ) ни ҳисобга олиш керак, бу эса иккита мос катталикларнинг кўпайтмасидир:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \left( \frac{\Phi}{M} \right),$$

бу ерда  $\epsilon_r$  диэлектрик сингдирувчанлик;

$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$  ф/м = 8,86 пф/м вакуумнинг мутлақ диэлектрик сингдирувчанлиги.

Ҳавонинг диэлектрик сингдирувчанлиги:  $\epsilon_r = 1$ .

Айрим материалларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги 2-жадвалда кўрсатилган.

2-жадвал

№	Материал	$\epsilon_r$
1	Шиша	5-10
2	Слюда	5-10
3	Ёғоч	3
4	Керамика	2000-3000
5	Ёғ	2
6	Қоғоз	2,3
7	Мармар	5
8	Сув	80

Иккита пластинкадан иборат бўлган конденсатор сифими

$$C = \frac{\epsilon \cdot F}{d} = 0.0886 \cdot \frac{\epsilon_r \cdot F}{d} \text{ (пф).}$$

бу ерда  $F$  — пластинка юзи, см<sup>2</sup>;

$d$  — пластинкалар орасидаги масофа (диэлектрик материал қалинлиги) см<sup>2</sup>

Пластиналари сони  $n$  га тенг бўлган конденсатор сизими

$$C = (n-1) \cdot \frac{\epsilon \cdot F}{d} = 0,0886 \cdot (n-1) \cdot \frac{\epsilon_r \cdot F}{d} \text{ (пф)}.$$

Диэлектриги кўп қатламли бўлган конденсатор сизими:

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

Коаксиал кабель сизими

$$C = \frac{0,24 \cdot \epsilon_r \cdot l}{\lg \frac{D}{\emptyset}} \text{ (пф)},$$

бу ерда  $L$  — кабель узунлиги, см;

$\emptyset$  — кабель ичидаги симнинг ташқи диаметри, см;

$D$  — кабель ичидаги симнинг ички диаметри, см.

Параллел тортилган икки симнинг сизими:

$$C \approx \frac{0,12 \epsilon_r \cdot l}{\text{Lg} \frac{2d}{D}} \text{ (пф)},$$

бу ерда  $l$  — симнинг узунлиги, см;

$d$  — симлар орасидаги масофа, см;

$D$  — симнинг диаметри, см.

Агар  $l > h > D$  бўлса, тўғри тортилган симнинг ерга нисбатан сизими қуйидагича ҳисобланади:

$$C = \frac{0,24 \epsilon_r \cdot l}{\text{lg} \frac{4h}{D}} \text{ (пф)},$$

бу ерда  $l$  — симнинг узунлиги, см;

$h$  — симдан ергача бўлган оралиқ, см.



### 1.11. СИ тизимига кирмайдиган birlikлар

Айрим пайтларда миқдор жиҳатидан кичик ёки катта ўлчов birlikлари ҳам ишлатилиши мумкин.

Масалан: Тера (Т)- $10^1$   
 Гига(Г)- $10^9$ ;  
 Мега (М)- $10^6$ ;  
 Кило(К)- $10^3$ ;  
 Санти(С)- $10^{-2}$ ;  
 Гекто (г)- $10^2$ ;  
 Дека (да)- $10^1$ ;  
 Деци (д)- $10^{-1}$ ;  
 Милли (М)- $10^{-3}$ ;  
 Микро (М)- $10^{-6}$ ;  
 Нано (Н)- $10^{-9}$ ;  
 Пико (П)- $10^{-12}$

Айрим пайтларда баъзи физик катталикларни ўлчашда ҳам бу ўлчов системаларига кирмайдиган катталиклар билан ифодалаш мумкин.

Масалан: Қувват 1 от кучи (о.к.) =  $75 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}} \approx 736 \text{ вт.}$

Иш ва қувват 1 ватт·соат (вт·соат) =  $3,6 \cdot 10^3 \text{ дж.}$

Элементар заррачалар энергияси 1 электрон-вольт (э·в) =  $1,60 \cdot 10^{19} \text{ дж}$ ; иссиқлик 1 калория (кал)  $\approx 4,19 \text{ дж}$ . Калория шундай иссиқлик бирлигики, у 1 г сувни нормал босимда  $19,5^\circ\text{С}$  дан  $20,5^\circ\text{С}$  кўтариш қувватига айтилади.

### 1.12. Мисоллар ечиш

**1-мисол.** Тажрибалардан маълумки, 1 кг куч деб массаси 1 кг бўлган денгиз сатҳи баландлигидаги жисмнинг ерга тортилишига айтилади. Оғирлиги 1 кг га тенг бўлган жисм  $F_1 = 1 \text{ н}$  куч таъсирида,  $a_1 = 1 \text{ м/сек}^2$  тезланишни олади. Шу жисм ўзининг оғирлиги  $F_2$  билан 1 кг га тенг бўлиб, эркин ту-

шиш давомида  $a_2$  тезланиш  $9,81 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$  тенг.

$$F_1 = m \cdot a_1,$$

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

$$F_2 = m \cdot a_2.$$

Биринчи тезланишга нисбатан иккинчисини тезланиши 9,81 марта катта бўлар экан.

Шунинг учун 1 кг куч 1 н кучидан 9,81 марта катта экан ёки  $1 \text{ кг} = 9,81 \text{ н}$ .

Килограмм оғирлик (кг) дан фарқлироқ килограмм куч қуйидагича белгиланади кг.

**2-мисол.** Икки тўғри чизиқли узун ўтказгич жуда ингичка бўлиб, улар орасидаги масофа вакуумда  $a = 0,1 \text{ м}$  ни ташкил этади ва улардан ўзгармайдиган ток  $I$  оқиб ўтади.

Агар, ўтказгич ўртасида узунлиги ҳар  $l = 20 \text{ см}$  да  $5 \text{ мГ}$  тортиш кучи пайдо бўлса, шу токнинг қиймати топилин.

Ампер формуласидан фойдаланиб, буларнинг қийматларини СИ тизимига айлантирсак:

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

бу ерда,  $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$ ,

$$\mu_r = 1 \text{ (вакуум учун),}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (Гн/м).}$$

$$I_1 = I_2 = I.$$

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

**3-мисол.** Дивигатель қуввати 5 от кучига тенг. Буни ваттга ўтказинг?

$$N = 5 \text{ о.к.} = 5 \cdot 75 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}},$$

$$1 \text{ } \zeta = 9,81 \text{ } \ddot{O},$$

$$N = 5 \cdot 75 \cdot 9,81 \frac{\text{н} \cdot \text{м}}{\text{сек}} \approx 3680 \text{ вт} = 3,68 \text{ квт.}$$

**4-мисол.** Электр қайнатгичи ёрдамида 10 л сувни  $t_1 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  дан то  $t_2 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$  гача қиздирилсин. Электр токининг иши ва сарфланган электр энергия ҳисоблансин?

Сарфланган иссиқлик миқдори

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

бу ерда,  $c = 4,186$  сувнинг иссиқлик сифими, СИ систе-

$$\text{масида, } \frac{\text{кж}}{\text{кг} \cdot \text{град}};$$

$m = 10$  сувнинг массаси, кг.

Сарфланган энергия миқдори киловатт-соатда:

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

бу ерда,  $1 \text{ ампер} \cdot \text{соат} = 3600 \text{ кулон}$ .

Энди энергия қийматини топиш учун шу топилган квт-соатни  $1 \text{ квт} \cdot \text{соат}$  энергияни нархига кўпайтириш керак.

Бу мисол СИ системасидан фойдаланиб, иссиқлик миқдори жоулда деб ечилган. Энди бу системани қўлламадан калорияда ҳисобласак:

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

бу ерда,  $c = 1$  сувнинг иссиқлик сифими,  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ ;

$$1 \text{ кал} = 4,19 \text{ ж};$$

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

**5-мисол.** Магнит индукциясини  $B = 8000$  гс ни СИ системасида ёзинг.

СИ системасида магнит индукция теслада ўлчанишини ҳисобга олиб,

$$1 \text{ гс} = 10^{-4} \text{ тл},$$

$$B [\text{тл}] = 10^{-4} \cdot 8000 \text{ гс} = 0,8 \text{ тл}.$$

**6-мисол.** Магнит ўзагининг кўндаланг кесим юзи  $S = 10 \text{ см}^2$  бўлганда, магнит оқимининг қиймати топилсин. Агар индукция  $B = 0,8 \text{ тл}$  га тенг бўлса, магнит оқимининг қийматини веберда ва максвеллда ифодаланг.

$$10 \text{ см}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$\Phi = BS = 0,8 \cdot 10 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ вб};$$

$$1 \text{ вб} = 10^8 \text{ мкс};$$

$$\Phi [\text{мкс}] = 10^8 \cdot 8 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^4 \text{ мкс}.$$

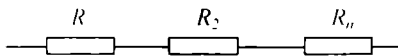
## 2. ҚАРШИЛИКЛАР

### 2.1. Қаршиликларни улаш ва уларни ҳисоблаш

Қаршиликларни улаш уч хил бўлиб, кетма-кет, параллел ва аралаш улашлар мавжуд.

Қаршиликлар кетма кет уланганда, уларнинг қаршиликлари қўшилади ва умумий қаршиликнинг ташкил этади.

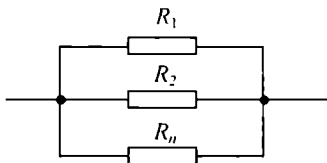
$$R_{\text{умум}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n;$$



ёки бу қаршиликларни ўтказувчанлиги  $G_{\text{умум}} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$ .

Ўзаро параллел уланган қаршиликларнинг умумий қиймати қуйидаги формула орқали топилади:

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

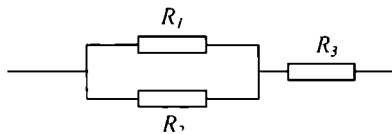


ёки иккита ўзаро параллел уланган қаршиликларнинг умумий қиймати қуйидагича топилади:

$$\frac{1}{R_{\text{умум}}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Аралаш уланган қаршиликларнинг умумий қийматини топишда биринчи бўлиб занжирнинг параллел қисми ҳисобланади, кейин эса кетма-кет уланган қаршилик қиймати қўшиб қўйилади.

$$R_{\text{умум}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$



Агар, дроселлардаги ва ғалтақдаги тушиш кучланишини ташкил этувчисини ҳисоблаш учун, ўрамлар сонининг доимий тоқдаги қаршилигини аниқлаш керак бўлса, бу қаршилик қуйидаги формула билан топилади

$$R_s = \frac{\rho \cdot \omega \cdot l_{\text{ўр}}}{S} = \frac{\rho \cdot \omega \cdot l_{\text{ўр}}}{K \cdot F} [\text{Ом}],$$

бу ерда,  $\omega$  ўрамлар сони;

- $l$  — бир ўрамнинг аргача узунлиги;  
 $K$  — тўдириниш коэффициентини,  
 $l$  — ўрамларнинг кўндаланг кесим юзи, мм  
 $S$  — симнинг кўндаланг кесим юзи, мм<sup>2</sup>

## 2.2. Ўтказгич қаршиликларининг ҳароратга боғлиқлиги

Ўтказгичнинг қаршилиги температурага боғлиқ бўлиб, температура ўзгариши ўз навбатида қаршилиқни ўзгаришига олиб келади.

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t). \text{ [Ом];}$$

- бу ерда  $R$  — ўтказгичнинг қаралаётган температурадаги қаршилиги;  
 $R_0$  — ўтказгичнинг температура  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  бўлгандаги қаршилиги, ом;  
 $\alpha$  — ўтказгич қаршилигининг температура коэффициентини,  $1/^\circ\text{C}$ ;  
 $\Delta t - t_0$  билан ўлчанаётган температура ўртасидаги фарқ,  $^\circ\text{C}$ ;

Агар  $R$ ,  $R_0$  ва  $\Delta t$  маълум бўлса, қаршилиқни температура коэффициентини топиш мумкин:

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

3-жадвалда баъзи материалларнинг солиштирма қаршилиги, солиштирма ўтказувчанлиги ва қаршилиқнинг температура коэффициентлари келтирилган.  $\chi \left( \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right)$

3-жадвал

№	Материал	$\rho \left( \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right)$	$\chi \left( \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right)$	$\alpha \text{ (} 1/^\circ\text{C)}$
1.	Алюминий	0,029	34,8	0,0037
2.	Темир	0,13	7,7	0,0048
3.	Константан	0,5	2	-0,000005
4.	Мис	0,0178	57	0,0039
5.	Латунь	0,075	13,35	0,0015
6.	Платина	0,1	10	0,0038
7.	Симоб	0,58	1,05	0,0009
8.	Күмүш	0,0165	62,5	0,0036

## Ўтказгичларнинг температура коэффициентлари

1. Кумуш	0,004	8. Константан	-0,00003
2. Мис	0,00445	9. Нихром	0,00011
3. Алюминий	0,00423	10. Латунь	0,002
4. Вольфрам	0,00164	11. Нейзильбер	0,00036
5. Пўлат	0,00625	12. Никилин	0,0003
6. Қўрғошин	0,00411	13. Манганин	0,000015
7. Симоб	0,00027	14. Кўмир	-0,0005

Шундай ўтказгичлар борки, температура ортиши билан қаршилиги камаяди. Мисол учун, кўмир, айрим металлларнинг қотишмаси ва электролитлар.

**7-мисол.** Телеграф линияси, ташқи ҳарорат  $t_1^0 = -20^\circ\text{C}$  бўлганда унинг қаршилиги  $R_1 = 800$  ом. Агар симнинг температура коэффициентини  $\alpha = 0,05$  бўлса, ҳарорат  $t_2^0 = +30^\circ\text{C}$  бўлган-да симнинг қаршилиги топилсин?

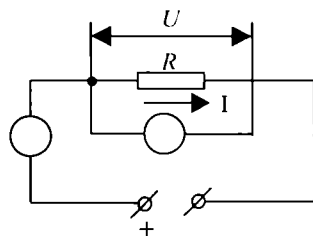
**Ечиш.**  $R_2 = R_1 + \alpha \cdot R_1 \cdot (t_2^0 - t_1^0)$  формулага асосан

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

### 3. ОДДИЙ ДОИМИЙ ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

#### 3.1. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни

Тажриба шуни кўрсатадики (4-расм), занжирдан оқиб ўтаётган ток  $I$ , шу қисмга берилган кучланиш  $U$  ва қаршилик  $R$  га боғлиқ экан. Занжир қисмига берилган кучланиш  $U$  қанча катта бўлиб, қаршилик ўзгармас бўлса, шу занжирдан оқиб ўтаётган ток кучи ҳам шунча катта бўлади ва кучланиш қанча кичик бўлса ток ҳам шунча кичик бўлади. Яъни, занжирда кучланиш қанча кўп бўлса, занжирнинг электр майдони ҳам шунча кучли бўлади, электр кучи ўтказгичдаги зарядга каттароқ куч билан таъсир қилади ва бунинг оқибатида занжирда ток кучаяди. Агар занжирга берилаётган кучланиш камайса электр майдони ҳам камаяди ва токнинг ҳам камайганини кўрамиз.



4-расм.

Агар, занжир қисмидаги  $U$  кучланишни ўзгартирмасдан қаршилик  $R$  ни ўзгартирсак, бунда занжир токини ҳам ўзгарганини кўрамиз. Агар қаршиликни ошира борсак, биз токни камайганини кузатамиз. Яъни, занжир қисмидаги қаршилик  $R$  ни ошириш билан занжирнинг шу қисмидаги ўтказгичнинг элементлари орасидаги электр заряди ўзгаради.

Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни қўйидагича таърифланади: ток кучи  $I$  кучланиш  $U$  га тўғри пропорционал, қаршилик  $R$  га эса тескари пропорционал бўлади.

Бу қонуннинг математик ифодаси қўйидагича:

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

бу ерда,  $I$  ток кучи, амперда, а;

$R$  қаршилик омада, ом;

$U$  кучланиш вольтда, в.

**8-мисол.** Агар истеъмолчининг юклама қаршилиги  $R = 250$  Ом, унга берилган қучланиш  $U = 125$  в бўлса, унинг токи  $I$  ни топинг

**Ечиш:** Ом қонунининг формуласига асосан

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

Формулага асосан

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

Занжирининг бир қисмига берилган қучланиш  $U$ , шу занжирдан оқиб ўтаётган ток миқдори қийматининг шу занжирда турган қаршилик  $R$  миқдори қийматини кўпайтмасига тенг.

**9-мисол.** Агар лампанинг чўғланиш толасининг қаршилиги  $R = 24$  Ом ва ундан оқиб ўтаётган ток миқдори  $I = 150$  ма бўлса, электрон лампанинг чўғланиш толасига қанча қучланиш бериш мумкин?

**Ечиш.** 2-формулага асосан

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

1-формулага асосан

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

Занжирнинг бир қисмидаги қаршилик, занжирдан оқиб ўтаётган қучланишнинг шу занжир токига нисбатига тенг.

**10-мисол.** Агар қучланиш  $U = 125$  в, ток  $I = 0,4$  а бўлса, ғалтак симининг қаршилиги  $R$  топилсин?

**Ечиш:** 3-формуладан фойдаланиб,

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

**11-мисол.** Спиралга берилаётган ток  $I = 5$  а, спирал қаршилиги  $R = 44$  ом. Спиралга тушаётган қучланиш топилсин?



**Ечиш.** Ом қонунига асосан  $I = \frac{U}{R}$  бундан кучланишни топсак  $U = I \cdot R$  Эндн берилган қийматларни жойига қўйсак

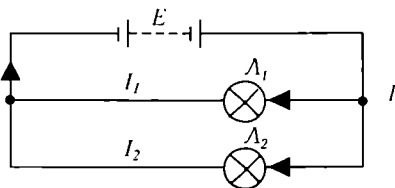
$$U = 5 \cdot 44 = 220 \text{ в.}$$

**12-мисол.** Занжирдаги кучланиш  $U = 220$  в, лампанинг чўғланиш толасининг қаршилиги  $R = 440$  Ом. Электр лампанинг қабул қилаётган токи  $I$  топилсин?

**Ечиш.**  $I = \frac{220}{440} = 0.5 \text{ а.}$

Иккита бир хил лампалардан ташкил топган занжирнинг қаршилиги, алоҳида олинган битта лампанинг қаршилигидан икки марта кам бўлади, яъни

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



5-расм.

$n$  та лампалардан ташкил топган занжир қаршилиги:

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

**13-мисол.** Электр занжирига қаршиликлари  $R_1 = 120$  Ом бўлган 4-та лампа ўзаро параллель уланган. Занжирнинг умумий қаршилиги топилсин?

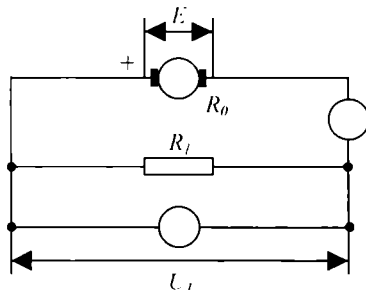
**Ечиш:**

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

### 3.2. Занжирнинг тўла қисми учун Ом қонуни

Занжирнинг тўла қисми учун Ом қонуни асосан электр юритувчи куч  $E$  (электр энергияси манбаси), ток кучи қиймати  $I$  ва тўла қаршилик орасидаги боғланишларни аниқлайди. Ми-

сол учун 6-расмда оддий электр занжири берилган бўлиб, электр энергия манбаси (электр юритувчи куч  $E$  ва унинг ички қаршилиги  $R_0$ ), ташқи қаршилиги  $R_1$  бўлсин. Занжир улангандан кейин  $I$  токи пайдо бўлади. Ташқи қаршилик  $R_1$  га берилган кучланиш  $U_1 = I R_1$



6-расм. Оддий доимий ток занжири.

Шунга асосан занжирнинг ички кучланиши

$$U_0 = I R_0$$

Электр энергия манбасининг электр юритувчи кучи  $E$ , ўз навбатида занжирнинг ички ва ташқи кучланишлари йиғиндисига тенг.

$$E = U_0 + U_1$$

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

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

$R = R_0 + R_1$  - занжирнинг тўла (эквивалент қаршилиги).

Расмдаги занжирни ташкил этувчи элементлар:

$E$  - электр энергияси манбасининг электр юритувчи кучи, вольт, в;

$R_0$  - электр энергияси манбасининг ички қаршилиги, Ом;

$R_1$  - занжирнинг ташқи қаршилиги, Ом;

$I$  - занжир токи, ампер, а.

Формула (4) занжирнинг тўла қисми учун Ом қонунининг математик ифодаси ҳисобланади.

Занжирнинг тўла қисми учун Ом қонуни шундай таърифланади. Занжирдаги ток кучи  $I$  электр юритувчи куч  $E$  га тўғри пропорционал ва занжирнинг умумий қаршилиги  $R$  га эса тескари пропорционал бўлади.

Умумий қаршилик деталда занжирнинг ички ва ташқи қаршилиги тушунилади.

**14-мисал.** Электр энергия манбасининг электр торитувчи кучи  $E = 3$  в. унинг ички қаршилиги  $R_0 = 1$  Ом. Микрофон телефон аппаратига уланган. Унинг тинч ҳолдаги қаршилиги  $R_1 = 47$  Ом. Микрофон занжиридаги ток  $I$ , микрофонга берилган кучланиш  $U_1$  ва занжирнинг ички кучланиши  $U_0$  топилсин?

**Ечиш.** Занжирнинг умумий қаршилиги.

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

Занжир токи:

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

Микрофонга берилган кучланиш  $U_1 = I R_1 = 0,0625 \cdot 47 = 2,9375$  в.

Занжирнинг ички кучланиши  $U_0$ :

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

### 3.3. Электр токини ҳисоблаш

Агар  $t$  вақт ичида ўтказгичдан  $q$  электр заряд миқдори оқиб ўтса, шу ўтказгичдан оқиб ўтаётган ток қуйидагича топилади:

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

СИ бирликлар системасида ток бирлиги қилиб 1 ампер қабул қилинган. Ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзидан 1 секундда 1 кулон электр заряд миқдори оқиб ўтса, ўтказгичдан оқиб ўтаётган ток 1 а бўлади, ёки

$$1 \text{ ампер} = \frac{1 \text{ кулон}}{1 \text{ секунд}},$$

1 кулон =  $6,29 \cdot 10^{18}$  электр заряди миқдорига тенг.

Ўтказгичдан оқиб ўтаётган токнинг қийматини билган ҳолда, шу ўтказгичнинг кесим юзидан  $t$  вақт ичида оқиб ўтган электр заряди миқдори  $q$  ни топиш мумкин.

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

бу ерда  $q$  — электр миқдорининг сони, кулон;

$I$  — ток, ампер;

$t$  — вақт, секунда.

**15-мисол.** Агар лампа токи  $I=0,6$  а га тенг бўлса, электр лампадан  $t=0,5$  соат давомида қанча электр заряди миқдори оқиб ўтади?

**Ечиш.** 5-формулага асосан

$$q = It = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 60 \cdot 60 = 1080 \text{ к.}$$

Катта тоқлар билан ишлаганда, баъзи пайтларда, электр заряди миқдори нисбатан каттароқ ўлчов бирлиги — ампер-соат билан ифодаланади. 1 ампер-соат = 3600 кулон.

### 3.4. Ток зичлиги

Ток зичлиги деб, ўтказгичнинг кесим юзаси бирлигига тўғри келадиган ток бирлигига айтилади ва у қуйидагича топилади:

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

бу ерда  $j$  — ўтказгичнинг ток зичлиги;

$I$  — ўтказгичнинг токи;

$S$  — ўтказгичнинг кесим юзи;

Агар ўтказгичдан оқиб ўтаётган ток  $I$  амперда, ўтказгичнинг кесим юзи  $S$  квадрат метрда ( $\text{м}^2$ ) берилган бўлса, ток зичлиги  $j$  ампер/квадрат метр ( $\frac{\text{а}}{\text{м}^2}$ ) да бўлади. У ампер/квадрат

сантиметрда ( $\frac{\text{а}}{\text{см}^2}$ ) ёки ампер/квадрат миллиметрда ( $\frac{\text{а}}{\text{мм}^2}$ ) ҳам бўлиши мумкин.

**16-мисол.** Цилиндрсимон ғалтакка ўралган симнинг диаметри  $d=2$  мм, ундан оқаётган ток қиймати  $I=12,56$  а. Шу ғалтак симидан оқиб ўтаётган ток зичлиги топилин?

**Ечиш:** Олдин ғалтак симининг кесим юзи  $S$  ни топамиз.

Доира юзасини топиш формуласига асосан

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

Энди ўтказгичнинг ток зичлигини топамиз:

$$j = \frac{l}{S} = \frac{12,56}{3,14} = 4 \text{ а/мм}$$

### 3.5. Электр токининг иши

Электр токи ўтаётганда қандайдир иш бажаради ва электр энергиясини қандайдир бошқа энергияга — иссиқлик, ёруғлик, механик, кимёвий ва бошқа энергияларга айлантиради.

Буларни кейинчалик кенгроқ ёритамиз. Ҳозирча электр энергиясини исроф бўлиш формулалари билан танишамиз.

Агар, электр энергияси истеъмолчисига бир вольт кучланиш берилса, истеъмолчи орқали 1 кулон заряд миқдорини ўтказиш учун энергия манбаси 1 жоуль электр энергиясини сарфлайди.

Истеъмолчига берилган кучланиш  $U$  вольтда ва  $q$  орқали ўтаётган электр заряди миқдори  $q$  кулонда ҳисобланса, электр манбаси истеъмолчига электр энергияси беради ва  $W$  куйидаги формула билан топилади:

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

Электр токи бу энергияни бошқа бир энергияга айлантиради.

Шунинг учун электр токи истеъмолчидан ўтаётганда иш бажаради. Бу ишнинг катталиги  $A$  истеъмолчининг сарфлаган электр энергиясига тенг:

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

**17-мисол.** Лампочкага берилган кучланиш  $U = 127$  в. Агар лампочка орқали  $q = 200$  к электр заряди миқдори ўтса, манба энергиясининг қанча исроф бўлганини топинг.

**Ечиш.** Формула (7) га асосланиб

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

Шундай қилиб истеъмолчи орқали  $t$  вақт ичида ўтган электр заряди миқдори  $q$ , ток катталиги  $I$  билан вақт  $t$  нинг кўпайтмасига тенг:  $q = I \cdot t$ .  $q$  ни (7) га қўйиб электр токининг бажарган ишини топадиган бошқа кўринишдаги формулани ҳосил қиламиз:

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

бу ерда,  $A$  иш, жоулда;

$U$  кучланиш, вольтда;

$I$  — ток, амперда;

$t$  — вақт, секунда.

**18-мисол.** Электр чойнаги  $U = 220$  в кучланишми занжирга уланган. Агар чойнак элементининг токи  $I = 2,5$  а бўлса,  $t = 12$  мин вақт ичида электр чойнақда сарфланган энергия топилин.

**Ечиш.** 8-формулага асосан

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

Шуни ҳисобга олган ҳолда формула (3) ни ўзгартирсак

$$U = I \cdot R.$$

Унда  $A = I^2 \cdot R \cdot t$ . (9)

**19-мисол.** Электр лампасининг чўғланиш толасидан  $t = 2$  соат вақт мобайнида  $I = 150$  ма ток оқиб ўтсин. Агар лампа чўғланиш толасининг қаршилиги  $R = 24$  Ом бўлса, сарфланган энергия ҳисоблансин?

**Ечиш.** 9-формулага асосан

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

$I = \frac{U}{R}$  ни ҳисобга олган ҳолда формула (9) ни яна ўзгартириш мумкин:

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

**20-мисол.** Агар ғалтакка берилган кучланиш  $U = 12$  в, ғалтак қаршилиги  $R = 300$  Ом бўлса,  $t = 10$  минут ичида ғалтақда бажарилган ишни топинг?

**Ечиш.** 10-формулага асосан

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

Кучли тоқларни ишини ўлчашда ўлчов бирлиги қилиб килловатт-соат (квт·с) қабул қилинган, 1 килловатт-соат = 3 600 000 ж. Электр тоқи ишининг ўлчов бирликлари 4-жадвалда берилган.

Катталиқ номи ва белгила-ниши	Бирлик номи	Белгила-ниш		Асосий бирликка нисбати
		Ўзбекча	Халқаро	
Иш $A$	Жоуль	ж	$J$	$3,6 \cdot 10^3$ ж
	Гектоватт-соат	гвт.с	$Hwh$	
	киловатт-соат	кв.с	$Kwh$	

СИ системасида  $1 \text{ ж} = 10^7$  эрг дан иборат.

### 3.6. Жоуль-Ленц қонуни

Бу қонуннинг аҳамияти ва амалда қанчалик қўлланили-шини кўриб чиқайлик.

Маълумки, электр токининг бажарган иши қуйидаги фор-мула билан топилади

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

бу ерда,  $A$  электр токининг иши, жоулда, ж;

$I$  ток, амперда, а;

$R$  қаршилик, Омда, Ом;

$t$  вақт, секундда, сек.

Бир жоуль электр энергияси 0,24 кичик калория иссиқлик энергиясига эквивалент. Бу боғлиқлик қуйидаги кўринишдаги термик эквивалент билан ифодаланади:

$$C = 0,24 \frac{\text{кичик калория}}{\text{жоуль}}$$

У ҳолда, электр токининг ажратган иссиқлик миқдори:

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

$Q$  иссиқлик миқдори, кичик калорияда.

Формула (11) Жоул-Ленц қонунининг математик ифодаси ҳисобланади ва у қуйидагича таърифланади.

Ўтказгичдан ток оқиб ўтаётганда ажралиб чиқаётган ис-сиқлик миқдори, қаршилик  $R$  ўзгармас бўлганда, шу қаршилик катталигига, токнинг квадратига ва шу токни ўтказгичдан оқиб ўтиш вақтига тўғри пропорционал.

**21-мисол.** Агар ўтказгич қаршилғи  $R=25$  Ом, токни ўтиш вақти  $t=15$  минут, ток қиймати  $I=5$  а бўлса, ўтказгичда қанча иссиқлик миқдори ажралади?

**Ечиш.** 11-формулага асосан

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

Электр токининг қуввати деб маълум ишни бажариш учун кетган вақт нисбатига айтилади:

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

бу ерда,  $P$  — электр токининг қуввати;

$A$  —  $t$  вақт ичида электр токининг бажарган иши.

Агар электр токининг ҳар секундда бажарган иши бир жоулга тенг бўлса унинг қуввати бир ватт бўлади:

$$1 \text{ ватт} = \frac{1 \text{ жоул}}{1 \text{ секунд}}$$

Қувват ўлчов бирликлари

5-жадвал

Катталик номи ва белгиланиши	Бирликлар номи	Белгиланиши		Асосий бирликка нисбати
		Ўзбекча	Халқаро	
Қувват - $P$	Ватт	Вт	w	
	Киловатт	КВт	kw	$10^3$ вт
	Гектоватт	Гвт	hw	$10^2$ вт
	Милливатт	Мвт	mw	$10^{-3}$ вт
	Микроватт	Мквт	μw	$10^{-6}$ вт

**22-мисол.** Электр токи  $t=8$  минут ичида  $A=1200$  жоул иш бажарди. Токнинг қуввати топилсин?

**Ечиш.** Формула (12) га асосан  $P = \frac{A}{t} = \frac{1200}{8 \cdot 60} = 2,5$  вт.



#### 4. КОНДЕНСАТОРЛАР

Тажриба шунин кўрсатадики, ҳар қандай металл ўтказгичнинг электр заряди билан потенциали ўртасида тўғри пропорционаллик мавжуд. Яъни, ўтказгичнинг заряди қанчалик кўп ёки оз ўзгарса, ўтказгичнинг потенциали шунга тўғри пропорционал равишда ўзгаради.

Бу пропорционал боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади:

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

бу ерда  $q$  ўтказгичнинг электр заряди;

$\varphi$  - ўтказгичнинг потенциали;

$C$  пропорционаллик коэффициенти, ёки ўтказгичнинг электр сифими.

(13) ни ҳисобга олган ҳолда

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

Бу ердан кўриниб турибдики, ўтказгичнинг сифими, унинг зарядининг потенциаллари нисбатига тенг.

Ўтказгичнинг сифими, асосан шу ўтказгичнинг ўзида электр зарядини тўплашига боғлиқ.

(14) формулага асосан сифим ўлчамини аниқлаймиз:

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{\text{кулон}}{\text{вольт}} = \text{фарада.}$$

МКСА тизимида сифим фарадада ифодаланади.

Агар формуладаги  $q = 1$  кулон,  $\varphi = 1$  вольт бўлса, сифим 1 фарадага тенг.

СИ тизимида сифим ўлчов бирлиги сифатида фарада (F – ф) қабул қилинган. Амалда кўпроқ кичикроқ бирликлар:

Микрофарада, мкф  $\mu\text{F}$   $10^{-6}$  ф,

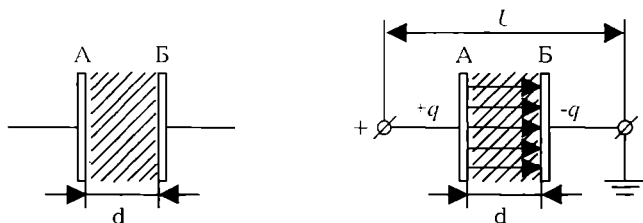
Пикофарада, пф  $\text{pF}$   $10^{-12}$  ф лар қўлланилади.

**23-мисол.** Агар ўтказгичга берилган заряд миқдори  $q = 4 \cdot 10^{-3}$  к бўлиб, унинг потенциали  $\varphi = 2 \cdot 10^3$  в га ўзгарса, унинг сифими топилсин.

**Ечиш.** (14) формулага асосан

$$C = \frac{4 \cdot 10}{2 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ ф} = 0,02 \text{ мкф.}$$

Ўтказгичнинг сивими унинг материалига, оғирлигига боғлиқ бўлмайди, балки фақат унинг юзасига боғлиқ бўлади.



Конденсаторнинг мусбат пластинкасида мусбат заряд (+q), манфий пластинкасида манфий заряд (-q), пластинкалар ўртасидаги диэлектрикда электростатик майдон вужудга келади ва у шундай ёзилади:

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

бу ерда,  $E$  конденсаторнинг диэлектригидаги электростатик майдон энергияси, вольт/метр.

$U$  конденсатор пластинкаларидаги кучланиш, вольт;

$d$  пластинкалар орасидаги масофа, метр.

**24-мисол.** Конденсаторга  $U=250$  в кучланиш берилган. Агар пластинкалар орасидаги масофа  $d=2$  мм бўлса, конденсатор диэлектригининг электростатик майдони топилин.

**Ечиш.** Электростатик майдон энергиясини топиш формуласига асосан

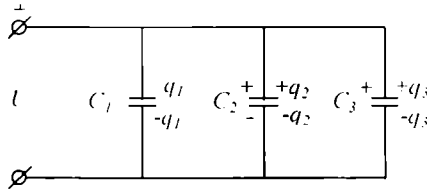
$$E = \frac{U}{d} = \frac{250}{2 \cdot 10^{-3}} = 125000 \frac{\text{в}}{\text{м}}$$

#### 4.1. Конденсаторларни параллел улаш

Бир неча конденсаторларни ўзаро параллел, кетма-кет ёки аралаш улаш натижасида конденсаторларнинг сивим батареяси ташкил қилинади.

Олдин параллел уланган конденсаторларни кўриб чиқайлик. Бундай уланиш сивимни ошириш керак бўлган ҳолларда

қўлланилади. Ушбу улашни 7-расмда кўрсатилганидек бўлиши мумкин



7-расм.

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

бу ерда,  $U$  — электр энергияси занжиридаги кучлианиш;

$U_1, U_2=U_3$  — конденсаторлар уланган жойдаги кучлианиш.

Кўрилатган батарея  $U$  кучлианишли манбага уланган бўлса, ҳар бир конденсатор маълум бир заряд билан зарядланади ва батареянинг умумий сизими қуйидагича топилади:

$$q_1=C_1U; q_2=C_2U; q_3=C_3U; \quad (16)$$

бу ерда,  $q_1, q_2$  ва  $q_3$  биринчи, иккинчи ва учинчи конденсаторларнинг электр заряди.

(16) формуладан

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

Демак, параллел уланган конденсаторларнинг электр зарядлари шу конденсаторларнинг сизимига пропорционал экан. Умумий конденсатор батареясининг заряди  $q$  эса алоҳида олинган конденсаторлар зарядлари йиғиндисига тенг экан.

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

ёки (16) ни ҳисобга олган ҳолда

$$q=C_1U+C_2U+C_3U=(C_1+C_2+C_3) \cdot U,$$

бу ердан  $\frac{q}{U} = C_1+C_2+C_3$  ни топамиз.

$\frac{q}{C}$  қиймат конденсаторнинг умумий зарядини конденсатор уланган занжирга берилаетган кучланишга булган нисбатига тенг

Конденсатор батареясининг умумий сифими

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

Бундан кўриниб турибдики, параллел уланган конденсаторнинг сифими шу батареяни ташкил этаётган алоҳида олинган конденсаторларнинг сифимлари йиғиндисига тенг экан.

**25-мисол.** Агар,  $C_1 = 2$  мкф,  $C_2 = 0,5$  мкф ва  $C_3 = 0,1$  мкф бўлса, параллел уланган 3-та конденсатордан ташкил топган батареянинг эквивалент сифими топилсин.

**Ечиш.** (19) формулага асосан

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

Агар параллел уланган конденсаторларнинг сифими бир хил бўлса, алоҳида олинган конденсаторнинг сифимини уларнинг сонини  $n$ -га кўпайтириш керак.

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

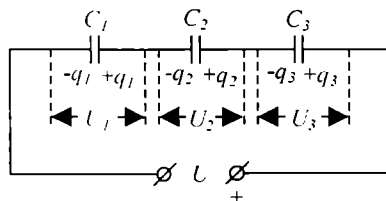
**26-мисол.** Агар бизда  $C = 0,25$  мкф ли конденсаторлар бўлса,  $C_0 = 2$  мкф ли сифим батареясини тайёрлаш учун нечта конденсатор олиш керак.

**Ечиш.** (20) формулага асосан зарур конденсаторлар сонини топамиз:

$$n = \frac{C_0}{C} = \frac{2}{0,25} = 8 \text{ та конденсатор керак экан.}$$

## 4.2. Конденсаторларни кетма-кет улаш

8-расмда учта конденсаторнинг ўзаро кетма-кет уланиши берилган ва уларнинг сифими  $C_1$ ,  $C_2$  ва  $C_3$  га тенг.



8-расм.

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

бу ерда,  $q_1$ ,  $q_2$  ва  $q_3$  биринчи, иккинчи ва учинчи конденсаторларнинг электр заряди;

$U$  умумий батареяга берилган кучланиш;

$U_1$ ,  $U_2$  ва  $U_3$  ҳақоқазо алоҳида олинган конденсаторларга берилётган кучланиш.

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

(16) формулага асосан бу ерда ҳам

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

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

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

Бу ердан алоҳида олинган конденсаторларга тушаётган кучланишларни қуйидагича топамиз:

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

Топилган кучланишларни (22)-чи формулага қўйиб

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

ёки тенгламани ҳар иккала тарафини  $q$ -га бўлсак

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

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

$C_0$  конденсатор батареясининг умумий сигими.

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

Демак, кетма-кет уланган конденсаторлардан ташкил топган батареянинг умумий сизими, иш батареясини ташкил этаётган конденсаторлар сизимларининг тескари қийматлари йиғиндисидан иборат экан.

**27-мисол.** Агар сизимлари  $C_1=3$  мкф,  $C_2=4$  мкф,  $C_3=12$  мкф бўлган учта конденсатор кетма-кет уланган бўлса конденсаторлар батареясининг умумий сизимини топинг

**Ечиш.** (23) формулага асосан

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

бундан  $h_0 = \frac{12}{11} = 1,09$  мкф эканлигини топамиз.

Агар, батарея таркибида иккита конденсатор бўлса, унда  $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  ёки  $\frac{1}{C_0} = \frac{C_2 + C_1}{C_2 \cdot C_1}$ , бундан  $C_0$  ни топсак

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

Иккита ўзаро кетма-кет уланган конденсаторларнинг умумий сизими уларнинг кўпайтмасини шу сизимлар йиғиндисига бўлган нисбатига тенг.

**28-мисол.** Агар  $C_1=0,6$  мкф ва  $C_2=0,3$  мкф бўлса, кетма-кет уланган иккита конденсаторнинг умумий сизими топилин.

**Ечиш.** (24) формулага асосан

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

Агар  $n$  та кетма-кет уланган конденсатор бир хил сизимга эга бўлса, яъни

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

бўлса, у ҳолда  $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \dots + \frac{1}{C} = \frac{n}{C}$  бўлади.

Бундан умумий сизимни топсак

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

Кетма-кет уланган бир хил сизимга эга бўлган конденсаторлар алоҳида олинган конденсаторлар сизимидан  $n$  марта кичик бўлади.

**29-мисол.** Учта кетма-кет уланган конденсаторларнинг сизими  $C=1,2$  мкф. Конденсаторлар батареясининг умумий сизими топилсин.

**Ечиш.** (25) формулага асосан

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

**30-мисол.** Учта кетма-кет уланган конденсаторларга берилган кучланиш  $U=120$  в,  $C_1=0,3$  мкф,  $C_2=0,2$  мкф,  $C_3=0,12$  мкф га тенг. Кучланишнинг конденсаторлар ўртасидаги тақсимланиши, умумий сизим ҳамда умумий батарея заряди топилсин.

**Ечиш.** Умумий сизимни (23) формулага асосан топсак

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

бундан  $C_0=0,06$  мкф.

Энди конденсаторлардан ташкил топган батарея зарядини топсак

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

Алоҳида олинган конденсаторлардаги кучланиш

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

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

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

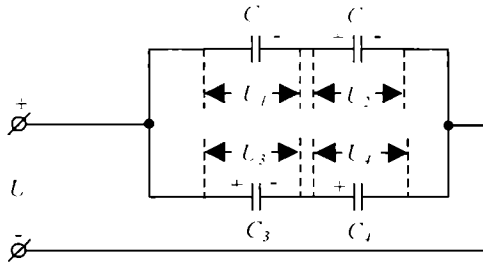
Масалани ечимини тўғрилигини текшириш учун, ҳисоблаб топилган кучланишларни қўшамиз

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

Шундай қилиб, берилган қучланишга тенг қучланишни тойдик.

### 4.3. Конденсаторларни аралаш улаш

Бундай улашиш асосан бир неча конденсаторларни кетма-кет, ҳамда параллел улашишидан ташкил топади.



9-расм. Конденсаторларни аралаш улаш схемаси.

Олдин алоҳида олинган кетма-кет уланган конденсаторларни сифимини (24) формуладан топамиз.

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

бу ерда,  $C_I$ ,  $C_{II}$  алоҳида олинган гуруҳ конденсаторларининг умумий сифими.

Бу гуруҳлар ўзаро параллел уланганлиги учун

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

**31-мисол.** Баъзи электр қурилмалари учун конденсаторнинг сифими  $C = 2$  мкф, қучланиши  $U = 500$  в га ҳисобланган.  $C = 2$  мкф ли конденсаторлар мавжуд, бироқ уларнинг қучланиши  $U = 250$  в бўлганлиги учун уларни бу электр қурилмасида ишлатиб бўлмайди. Уларнинг қучланиши  $U = 250$  в бўлганлиги учун, бундай занжирга уланганда қуйиши мумкин. Бу конденсаторни қурилмада ишлатиш учун конденсаторлардан батарея ташкил қилиб зарур қучланиш таъминлансин.

**Ечиш.** Конденсаторларни аралаш улаш схемасидан фойдаланган ҳолда 4 та конденсатордан ташкил топган батареяни ташкил қиламиз.

Алоҳида олинган параллел гуруҳ конденсаторларининг сифимлари.



$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ мкФ};$$

$$C' = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ мкФ}.$$

Батареянинг умумий сифими

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

Алоҳида олинган конденсаторларнинг сифими бир хил бўлганлиги учун уларда кучланиш тенг тақсимланади, яъни

$$U_1 = U_2 = \frac{500}{2} = 250 \text{ в};$$

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

## 5. ИНДУКТИВЛИК ҒАЛТАГИ ВА УНИ ҲИСОБЛАШ

Индуктивлик бирлиги қилиб генри (Гн) қабул қилинган. Бир генри деб индуктивлик ғалтагида ўзиндукция пайтида электр юритувчи куч 1 в бўлганида, шу ғалтак токининг қиймати 1 сек да 1 а га өзгаришига айтилади. Радиотехникада индуктивликнинг нисбатан кичикроқ қийматлари ҳам маълум.

1 миллигенри (мгн)  $10^{-3}$  Гн;

1 микрогенри (мкгн)  $= 10^{-6}$  Гн;

1 сим = 10 гн = 1 нгн =  $10^{-3}$  мкгн =  $10^{-6}$  мГн.

Индуктивлик қуйидаги формула билан ҳисобланади

$$h = \frac{\omega^2}{R_{\text{и}}} \text{ (Гн)}, \quad (26)$$

Индуктивлик ўрамалар сонининг квадрати  $\omega$  га тўғри пропорционал, магнит оқимининг қаршилиги  $R_{\text{и}}$  га тескари пропорционал бўлади.

$$R_{\text{и}} = \frac{l}{\mu \cdot q} \left( \frac{1}{\text{Гн}} \right),$$

бу ерда,  $l$  - магнит узунлик чизиги;

$\mu$  мутлақ магнит сингдирувчанлик;

$q$  магнит оқимининг кўндаланг кесим юзи, см<sup>2</sup>.

Техникада шундай катталиқ қабул қилинганки, у магнит оқими қаршилигига тескари бўлиб, уни ўрамлар индуктивлигининг коэффиценти дейилади. Бу  $A_l$  коэффицент магнит материалларини техник маълумотларида берилади.

$$A_l = \frac{Mq}{l} \text{ (Гн)}.$$

Мутлақ магнит сингдирувчанлик катталиги  $\mu$  материалга боғлиқ. Адабиётларда келтирилишича магнит материалларига нисбатан магнит сингдирувчанлиги қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \text{ (Гн/м)}, \quad (27)$$

$$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \left( \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \right) = 1,26 \cdot 10^{-6} \left( \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \right) = 1,26 \cdot 10^{-8} \left( \frac{\text{Гн}}{\text{см}} \right).$$

Магнит сингдирувчанлиги бу чексиз катталиқдир. Магнит майдонида ҳосил бўлган энергия:

$$W_{\text{и}} = \frac{w \cdot l^2}{2} \text{ (ж)},$$

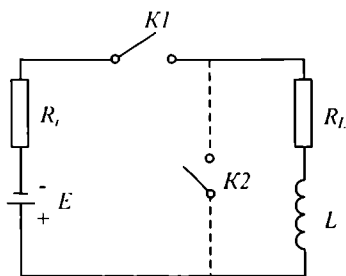
бу ерда  $L$  -индуктивлик, гн;  $I$  ток амперда, а.

Ғалтак ўрамларида ҳосил бўлган электр юритувчи куч қуйидаги формула билан топилади.

$$E_{\text{дот}} = -w \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (28)$$

Агар занжирда индуктивлик ғалтаги уланган бўлса, бу занжирдаги ток бирданига ўзгармайди, у худди доимий ток занжирига уланган сифим ёки қаршилиқ орқали уланган сифимнинг ўзгаришига ўхшаб ўзгаради.

Агар  $R_i \leq R_l$  бўлса, фақатгина  $R_l$  ни ҳисобга олиш мумкин (10-расм).



10-расм.

$K1$  ни улаганда занжир токи

$$I = \frac{E}{R_i + R_l} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_l}}) \quad (\text{ампер}),$$

бу ерда,  $R_i$  манбанинг ички қаршилиги, Ом;  
 $R_l$  ғалтак қаршилиги, Ом;  
 $E$  манбанинг электр юритувчи кучи, в;  
 $t$  вақт, сек;  
 $L$  индуктивлик, гн.

Бунда доимий вақт

$$\tau_l = \frac{L}{R_i + R_l} \quad (\text{сек}).$$

Занжир манбадан калит  $K1$  орқали узилиб, калит  $K2$  уланганда занжир токи

$$I = \frac{E}{R_l} \quad (\text{ампер}).$$

Унда доимий вақт

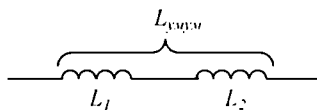
$$\tau_l = \frac{L}{R_l} \quad (\text{сек}).$$

Тоқнинг максимал қийматининг ярмига эришиш учун кетган вақт орилиғи:

$$t_n = 0.7\tau \quad (\text{сек}).$$

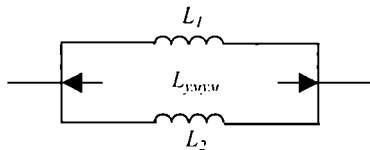
Кетма-кет уланган ва ўзаро индукциясиз уланган занжирнинг индуктивлиги қуйидагича топилади:

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



Параллел уланганда қуйидаги формула ўринли бўлади:

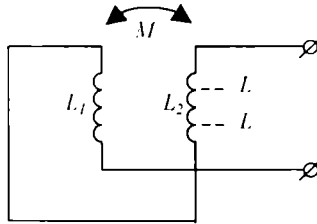
$$\frac{1}{L_{\text{умум}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad (30)$$



Иккита ғалтак ўзаро параллел уланган бўлса

$$L_{\text{умум}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \quad (31)$$

Иккита магнит индукция орқали ўзаро кетма-кет боғланган ғалтак учун



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

Бу ерда,  $M$  ўзаро индуктивлик, гн.

Иккита галтак ўзаро параллел уланганида магнит оқимининг йўналиши бир хил бўлса мусбат (+). Тескари бўлса манфий (-) ишора қўйилади.

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

Ўзаро индуктивлик қуйидагича топилади:

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

бу ерда,  $K$  боғланиш коэффициенти ва у доим бирдан кичик  $K < 1$ .

Кетма-кет уланган ва магнит индукция орқали боғланган занжир учун боғланиш коэффициентини аниқлаш қуйидагича амалга оширилади:

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

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

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

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

Ўтказгичнинг ерга нисбатан индуктивлиги:

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

- бу ерда,  $L$  ўтказгич узунлиги, см;  
 $h$  ердан ўтказгичгача бўлган масофа, см;  
 $r$  ўтказгичнинг радиуси, см.

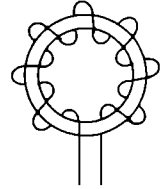
Коаксиал кабель индуктивлиги

$$L = [2L \ln(\frac{D}{d})] \cdot 10^{-7} \quad (\text{мкГн}), \quad (35)$$

- бу ерда,  $D$  симнинг ташқи диаметри, см;  
 $d$  симнинг ички диаметри, см.

Тороидаль ғалтак индуктивлиги

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



- бу ерда,  $w$  - ўрамлар сони

- $\mu$  - материалнинг мутлақ магнит сингдирувчанлиги.  
 $F$  - магнит ўтказгичнинг қўндаланг кесим юзи, см<sup>2</sup>;  
 $L$  - магнит чизигининг ўртача узунлиги.

**32-мисол.**  $R = 100$  Ом қаршиликни тайёрлаш учун диаметри  $q = 1$  мм<sup>2</sup> бўлган константан симидан неча метр керак?

3-жадвалдан константан симининг солиштирма қаршилигини топамиз.

$$\rho = 0,5 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \quad \text{ёки} \quad \chi = 2 \frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2},$$

$$\text{унда } L = \frac{R \cdot q}{\rho} = \frac{100 \cdot 1}{0,5} = 200 \text{ м,}$$

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

**33-мисол** Электромагнит ғалтагининг хона температура-сидаги қаршилиги  $R_0 = 5000$  Ом. Бир соат ишлагандан кейинги қаршилиги  $R = 5780$  Ом га ўзгарди ва ғалтак температураси 60°C га кўтарилди. Ғалтак сими қайси материалдан тайёрланган?

Температура коэффициенти

$$D = \frac{R - R_0}{R_0 \Delta t} = \frac{5780 - 5000}{5000 \cdot 40} = 0.0039 \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

Буни ҳам 3-жадвалдан аниқласак мис симига тўғри келар экан.

**34-мисол.** Кучланиши 500 в бўлган доимий ток занжирига 8 мкф га эга бўлган конденсатор уланган. Конденсатор занжирига ички қаршилиги конденсаторнинг қаршилигидан катта бўлган вольтметр уланган. Конденсатор узилгандан 50 секунд кейин занжирдаги кучланиш 250 в га тушган. Конденсаторни йўқотиш қаршилиги топилсин.

Конденсатордаги тушиш вақтининг интервали ( $t_n$ ) 50 секунни ташкил қилса

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

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

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

**35-мисол.** Конденсаторни разрядлаш учун баъзи ҳолларда, сим ёки отвёртка ёрдамида унинг учларини корпусга ўтказиш йўли билан амалга оширилади. Лекин бундай қилиш оқибатида ток конденсаторни ишдан ҳам чиқариши мумкин. Агар отвёртка ёки симнинг қаршилигини 0,05 Ом деб қабул қилсак, қисқа туташув ( $t=0$ ) бўлган вақт учун токнинг қиймати ва шу қаршилиқдан ажралаётган қувват топилсин.

Бундан олдинги мисолга асосан:

$$I_{\text{раз}} = \frac{E}{R_{\text{раз}}} = \frac{500}{0,05} = 10000 \text{ в,}$$

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

**36-мисол.** Иккита бир-бири билан индуктив боғланган галтак ва конденсатор приёмникнинг кириш қурилмасини ташкил этади. Индуктивлик қийматлари  $L_1 = 100$  мкгн,  $L_2 = 6$  мкгн,  $L' = 130$  мкгн ва  $L'' = 110$  мкгн. Боғланиш коэффициентини ҳисоблансин.

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

**37-мисол.** Диаметри 1 мм бўлган сым ерга нисбатан 5 м балаңликда параллел тортилган. Агар сымнинг узунлиги 10 м бўлса, унинг индуктивлиги топилсин?

$$L = \left[ 2l \ln\left(\frac{2h}{r}\right) \right] 10^{-7} = \left( 2 \cdot 10 \cdot \ln \frac{10}{5 \cdot 10^{-2}} \right) \cdot 10^{-7} \approx 20 \text{ мкГн.}$$

**38-мисол.** Ўзакли индуктивлик ғалтаги  $L = 200$  мкГн га тенг, ўрам коэффициенти  $A/l = 36,5 \cdot 10^{-3}$  мкГн га тенг.

Ғалтакнинг ўрами қанча бўлиши керак?

$$N = \sqrt{\frac{L}{A/l}} = \sqrt{\frac{200}{36,5 \cdot 10^{-3}}} \approx 74 \text{ ўрам.}$$

**39-мисол.** Курилманинг корпусидан  $0,5$  см узоқликда жойлашган, диаметри  $0,5$  мм, узунлиги  $10$  см бўлган монтаж симининг сигими топилсин?

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



## 6. ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОН ЭНЕРГИЯСИ

Ҳар қандай конденсатор зарядланиш пайтида электр манбасини ўзига олади ва ушн диэлектрик материал майдонида тўнлайди. Икки пластинкали конденсатор зарядланаётган конденсаторнинг энергиясини қийматини топамиз. Зарядланиш давомида конденсаторнинг заряди  $q$  манбадан олаётган энергия ҳисобига ошади. Шунинг учун конденсатор пластинкасидаги кучланиш  $U_c$  ҳам ошади. Бизга маълумки конденсаторнинг заряди  $q$  билан пластинкалар кучланиши  $U_c$  ўртасида тўғри пропорционаллик бор:

$$q = C \cdot U_c$$

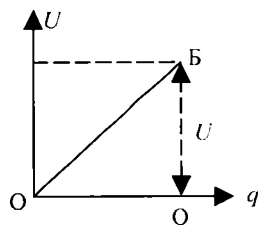
Бу боғлиқлик 11-расмда ОБ тўғри чизиқ билан кўрсатилган.

Агар конденсатор заряди тугаса, у электр манбасидан  $Q$  энергияни олади ва шу билан унинг уланган жойда кучланиши  $U$  га тенг бўлади. Электр манбасини энергиясини бажарган иши ОҚБ учбурчак юзига тенг

$Q$  - конденсаторнинг тўла заряди;

$U$  конденсаторнинг заряди тугаган пайтдаги кучланиши.

Тўғри бурчакли учбурчакнинг юзи унинг катетлари кўпайтмасининг ярмига тенг, яъни



11-расм.

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

бу ерда,  $Q$  - электр заряди, кулонда;

$U$  - кучланиш, вольтда;

$A$  - иш, жоулда.

(37)-формуладан:

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

бу ерда,  $C$  - сифим, фарадада;

$U$  - кучланиш, вольтда;

$W$  - энергия, жоулда.

**40-мисол.** Конденсаторнинг учларидаги кучланиши  $U = 500$  в ва заряди  $q = 0,0001$  к. Бу конденсаторнинг майдон энергияси топилсин.

**Ечиш.** (37) га асосланиб

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

**41-мисол.** Конденсатор пластинкаларининг юзи  $S = 0,004 \text{ м}^2$  пластинкалар орасидаги масофа  $d = 0,001$  м, диэлектрикнинг ўтказувчанлиги  $\epsilon_r = 5$  ва пластинкаларга берилётган кучланиш  $U = 120$  в. Икки пластинкали конденсаторнинг электростатик майдонида йиғилган энергияси топилсин.

**Ечиш.** Бу ҳол учун конденсаторнинг электростатик майдонидаги ҳолати бир хил деб қаралиб, электростатик майдон куйидагига тенг бўлади:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{120 \text{ в}}{0,0001 \text{ м}} = 120000 \frac{\text{в}}{\text{м}}$$

Майдондаги энергия ҳажмининг зичлиги:

$$W_0 = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0}{2} \frac{E^2}{2 \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 0,318 \frac{\text{ж}}{\text{м}^3}$$

Электростатик майдоннинг эгаллайдиган ҳажми:

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

Электростатик майдоннинг шу ҳажмда йиғилган энергияси:

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

## 6.1. Диэлектрик материалларнинг электр мустаҳкамлиги

Конденсаторнинг учларига берилётган кучланиш ошган сари конденсатор пластиналари орасига қўйилган диэлектрик материалда электростатик майдон ҳам ошиб боради. Маълумки, кучланиш ошган сари ҳар қандай изоляцион материал ўзининг диэлектрик хусусиятини йўқотади ва натижада бу диэлектрик тешилади ва ишга яроқсиз аҳволга келади. Электр тешилиш газларда ва қаттиқ жисмларда ҳар хил бўлади. Газларда, нормал ҳолатларда бир неча эркин электронлар, мусбат ва манфий ионлар мавжуд. Шунинг учун кичик электр майдонда ўтказувчанлик жуда кичик бўлади ва у ҳисобга ҳам олинмайди. Лекин газ диэлектригининг электр ҳолати электростатик майдон кучланишида сезиларли ўзгаради. Эркин электр зарядларининг ҳаракати тезлашади ва кинетик энергияни заряди ҳам ошади. Электростатик майдон кучланиши

аъълум бир қинматта отганда, эркин зарядларнинг кинетик энергияси шундай кўпаядики, улар молекулалар билан тўқнашганда урилиш ионизацияси содир бўлади. Бу жараён газларда кўпроқ учрайди ҳамда баъзан рўй бериб, баъзан рўй бермаслиги кузатилади.

Эркин зарядларнинг газлардаги ўзгариши унинг ҳолатини кескин ўзгартиради ва бунинг оқибатида газларда электр токининг ошиши юз беради ва диэлектрикда электр чақнаши пайдо бўлади. Бунга мисол сифатида ҳаводаги тўйинган разрядлардан келиб чиқадиган чақмоқни келтириш мумкин.

## 6.2. Қаттиқ жисмларнинг электр тешилиш жараёни

Қаттиқ жисмлардаги бу жараён газлардагидан бошқачароқ бўлади. Қаттиқ жисмларда эркин электронларнинг атомлар ва молекулалар орасидаги ҳаракати жуда кам бўлади. Шунинг учун, улар тез ҳаракат қилолмайди ва урилиш ионизацияси юз бермайди. Қаттиқ жисмларнинг электр тешилиши асосан бу диэлектрикларни кўп вақт ичида электр майдон остида бўлишидир. Агар диэлектрик қалин материаллардан тайёрланган бўлса энергиянинг бу материалдаги йўқолган қисми шу материалнинг температурасини ўзгаришига олиб келади. Температуранинг ошиши билан материалнинг қаршилиги камаяди. Бу ҳодиса тескари температура коэффициентига асосан юз беради. Бунда диэлектрикнинг ток ўтказувчанлиги ошиб, унинг яна ҳам қаттиқ қизишига олиб келади. Натижада диэлектрикнинг мустаҳкамлиги бузилиб, уни тешилиши юз беради. Қаттиқ жисмлар таркибининг бузилишига иссиқликдан тешилиш дейилади.

6-жадвал.

Материалларнинг электр мустаҳкамлиги

№	Диэлектриклар номи	Электр мустаҳкамлиги, кв/см
1	Қуруқ кабел қоғози	60-90
2	Ёғ шимдирилган қоғоз	100-250
3	Ҳаво	30
4	Трансформатор ёғи	50-180
5	Миконит	150-300
6	Мармар	35-55
7	Парафин	150-300
8	Қуриқ электрокартон	80-100
9	Ёғ шимдирилган электрокартон	120-170
10	Мусковит слюдаси	1200-2000
11	Флологит слюдаси	600-1250
12	Шиша	100-400

## 6-жадвалнинг давоми.

13	Фибра	40-110
14	Фарфор	180-250
15	Шифер	15-30
16	Эбонит	80-100

Конденсатор диэлектригининг қалинлиги қанчалик кичик бўлса, иссиқликдан тешилиш конденсаторнинг иссиқлигини алмаштиришига боғлиқ бўлади. Лекин юпқа қатламли қаттиқ диэлектрикларда ионизациядан тешилиш эҳтимоли ҳам мавжуд. 6-жадвалда электротехникада ишлатиладиган диэлектрикларнинг айрим турлари берилган.

## 7. ЭЛЕКТРОН ЛАМПАЛАР

Электрон лампалар бундан бир неча йил аввал техникада кенг қўлланилган бўлиб, улар халқ хўжалигида, асосан радиотехника, автоматика ва телемеханика қурилмаларида кўпроқ қўлланилган. Ҳозирги кунда ярим ўтказгичли техникалар, микросхемалар ривожланиши билан бир қаторда, электрон лампалардан ҳам кенг фойдаланилмоқда. Шунинг учун электрон лампалар тўғрисида озгина тушунча бериб ўтмоқчимиз.

**Электрон лампанинг тузилиши.** Радиолампалар асосан металл, шиша ёки керамика баллонидан ташкил топиб, унинг ичидаги металлга электродлар ўрнатилган. Баллон ичидаги ҳаво лампанинг пастки ёки устки қисмидан вакуум аппарати ёрдамида сўриб олинган. Ҳамма радиолампаларда КАТОД электроди бўлиб, бу электродга манфий заряд, АНОДИГА эса мусбат заряд берилади.

Катод асосан вольфрам ёки металл цилиндрдан ташкил топади ва чўғланиш толаси томонидан иситилади.

Анод металл пластинка ёки қутисимон цилиндрдан иборат бўлади.

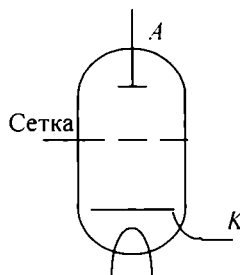
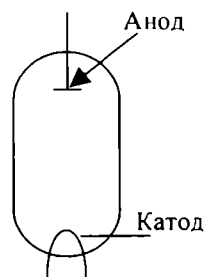
Бу вольфрам тола катод вазифасини ва чўғланиш толасининг родини бажарувчи ҳам бўлиши мумкин. Кўп ҳолларда радиолампаларнинг катоди ва аноди ўртасида сеткалари бўлади. Лампанинг қўлланилиш жойига қараб, унинг сеткалари биттадан бештагача бўлиши мумкин.

Анод, катод ва сеткаларни қўшган ҳолда уларни уч электродли, тўрт ва беш электродли деб юритилади. Мисол учун, триод (битта сеткали), тетрод (иккита сеткали), пентод (учта сеткали) бўлади.

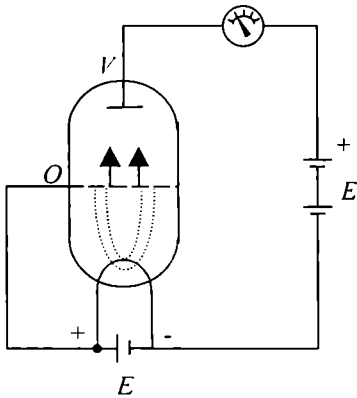
Уч электродли лампанинг ички тузилиши қуйидагича бўлади:

Триод, тетрод ва пентод лампалари универсал ҳисобланади. Уларни ўзгарувчан ва ўзгармас тоқларни ва кучланишларни кучайтиришда, детектор вазифасида, электр тебранишлар ҳосил қилувчи генераторларда ва ҳоказоларда ишлатиш мумкин.

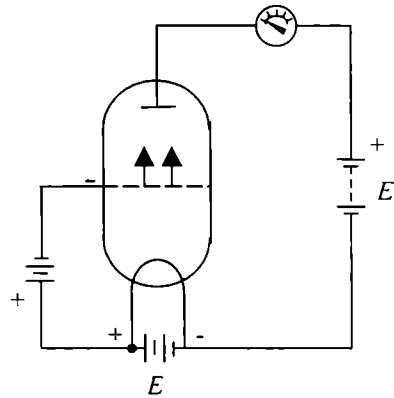
Радиолампаларни ишлаши асосан электронларнинг йўналтирилган ҳаракатига асосланган. Электронларнинг асосини 800-2000 °С да қиздирилган катод ташкил қилади.



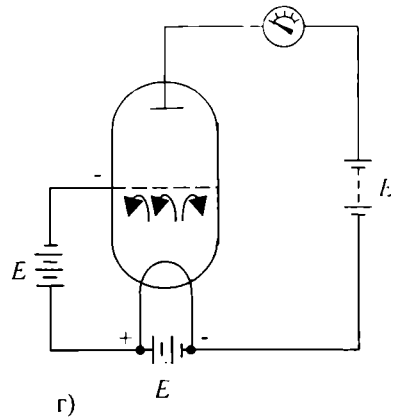
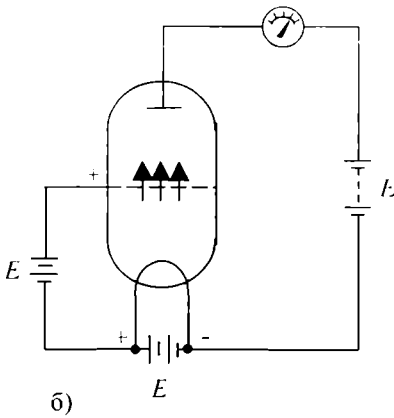
Бунинг асосий моҳияти шундаки, агар биз бирон кастрюлкага сув қўйиб, уни ўтга қўйсак, сув қизиши билан сув заррачаларининг секин-асталик билан ҳаракатини кузатамиз, сувнинг температураси ошган сари бу заррачаларнинг тезлиги ҳам ошиб боришини кузатамиз. Сув қайнаши билан бу ҳаракатнинг тезлашганини ва сув юзидан узилиб, парга айланаётганини ҳам кўраемиз. Худди шундай ҳол электрон лампа учун ҳам ўринлидир. Юқори температура таъсирида катоддан ажралган электронлар жуда кучли тезлик билан ҳаракатланади. Булардан баъзилари катодни ташлаб, катод атрофида электрон булут ҳосил қилади. Электронларни бундай кўринишига термoeлектрон эмиссия ҳодисаси дейилади. Катоднинг температураси қанча кагта бўлса ундан ажралаётган электронларнинг сони кўпайиб, электронлар булути қуюқлашади. Баъзи пайларда лампа «эмиссияси»ни йўқотса, катоддан ажраладиган электронлар сони камаяди. Эмиссиясини йўқотган лампа ишламайди. Электронларнинг ҳаракати нафақат температурага, балки лампа ичидаги вакуумга ҳам боғлиқ. Агар баллон ичида ҳаво қолдиги бўлса электронлар аралашиб, уларнинг тезлиги пасаяди. Шунинг учун лампа ичидаги ҳаво вакуум приборлари билан тортиб олинади. Бу баллон ичидаги ҳавонинг тортиб олинишига яна бир сабаб, юқори температурада катод кислородли ҳавони ўзига тортади ва бунинг оқибатида катод устини ҳар хил окислар қоплаб лампа тез ишдан чиқади. Шунинг учун катод элементини устки қисми барий оксиди, стронций ва кальций билан қопланади. Шундай қилинганда электронлар паст температурада ҳам ажралади.



а)



в)



### Уч электродли лампанинг ишлаши

Катод занжирида турган  $R_k$  қаршилик қуйидаги формула билан ҳисобланади:

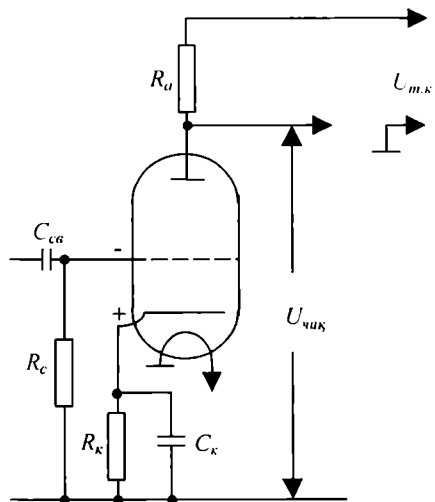
$$R_k = U_c / I_k \quad (39)$$

бу ерда  $I_k$  катод токи.

Мисол учун, уч электродли 6С5С лампанинг бошқариш сеткасига силжиш кучланиши  $U_c = 8$  в берилсин. Анод токи 8 ма га тенг. Бу ҳолда силжиш қаршилиги  $R_k = 8 / 0,008 = 1$  кОм.

Энди шу қаршиликнинг қувватини топайлик:

$$P = U \cdot I = 8 \text{ В} \cdot 0,008 \text{ А} \approx 0,06 \text{ Вт.}$$



Уч электродли лампа ёрдамида йиғилган кучайтиргич схемаси.

Бундан кўриниб турибдики,  $R_k$  қаршлиги қуввати 0,1 Вт дан кичик бўлмаслиги керак (МАТ-0,125). Акс ҳолда қаршилигининг куйиш (ишдан чиқиш) эҳтимоли кўп.

Бу уч электродли лампани биполяр транзистор билан солиштириш мумкин.

Лампанинг катоди транзисторнинг эмиттерини эслатса, анод коллекторини ва бошқариш сеткаси транзисторнинг

базасини эслатади. Лампа билан транзисторнинг электродларидаги ўхшашликлар уларнинг бир хил иш бажаришларидан тўла дарак бермайди. Қаттиқ жисман биполяр транзисторлар манфий ва мусбат ток ташувчилар эвазига ишласа, вакуумли электрон лампалар эса манфий электронлар ҳисобига ишлайди.

Агар майдон транзисторини кўрадиган бўлсак, унинг катоддаги ток мусбат заряднинг ҳисобига (**p** типли канал) ёки фақат манфий заряд (**n** типли канал) ҳисобига ишлайди. Шунинг учун бу типдаги транзисторни ишлаши электрон лампага яқин ҳисобланади ва лампанинг катодини майдон транзисторининг истокига анодини стокига ва сеткасини затворга ўхшатиш мумкин.

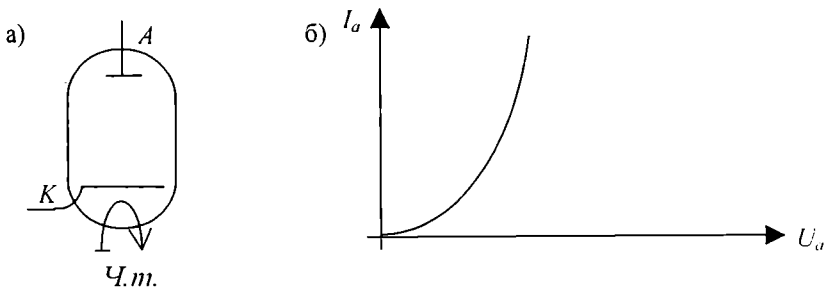
### 7.1. Диод лампаси ҳамда уч электродли электрон лампалари

Диод ва уч электродли лампалар оддий электровакуум қурилмаларга мисол бўла олади. Буларнинг тузилиши, ишлаши ва вольт-ампер характеристикалари физика ва электроника курсида етарлича ўрганилган. Шунинг учун бу электрон лампаларнинг асосий параметрларига тўхталамиз. Диод лампасининг асосий параметрлари:

рухсат этилган анод қайтиш кучланиши  $U_{\text{қай. max}}$  анод билан катод орасидаги энг катта қайтиш кучланиши, лампанинг яхши ишлайдиган оралиги ( $U_{\text{қай. max}}$  замонавий диодларда бир неча киловольтни ташкил этади);

рухсат этилган тўғри анод токи  $I_{\text{amax}}$  бир қанча вақт давомида иш фаолиятини сақлайди ва  $I_{\text{amax}}$  бир неча ўнлаб микроамперни ташкил қилади. Бу кичик қувватли юқори кучланишли кенотронлар учун, кучли қувватлилари бир неча юзлаб миллиамперга тенг. Рухсат этилган қувват  $P_{\text{amax}}$  бир неча ўнлаб ваттга тенг.

12-расмда диод лампасининг белгиланиши ва вольт-ампер характеристикаси берилган.

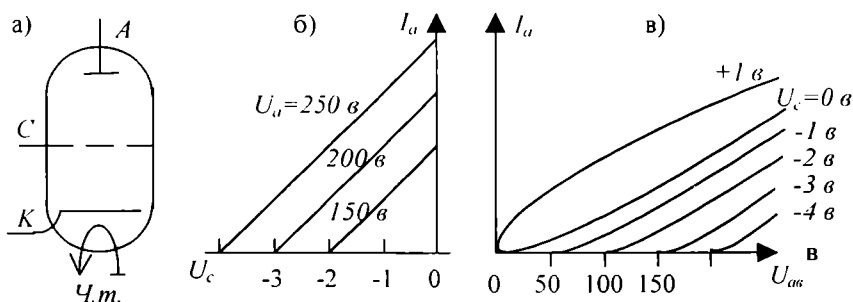


12-расм. Диод лампасининг белгиланиши (а) ва вольт-ампер характеристикаси (б).



Уч электродли электрон лампанинг асосий параметрлари:  
 ички қаршилиги;  
 анод-сетка характеристикаси;  
 кучайтиришнинг статик коэффициенти;  
 рухсат этилган қувват;  
 сетка-анод орасидаги сифими;  
 анод-катод орасидаги сифими.

Уч электродли лампанинг электр схемаларидаги график белгиланиши ва анод-сетка характеристикалари 13-расм, а), б), в) да кўрсатилган.



13-расм.

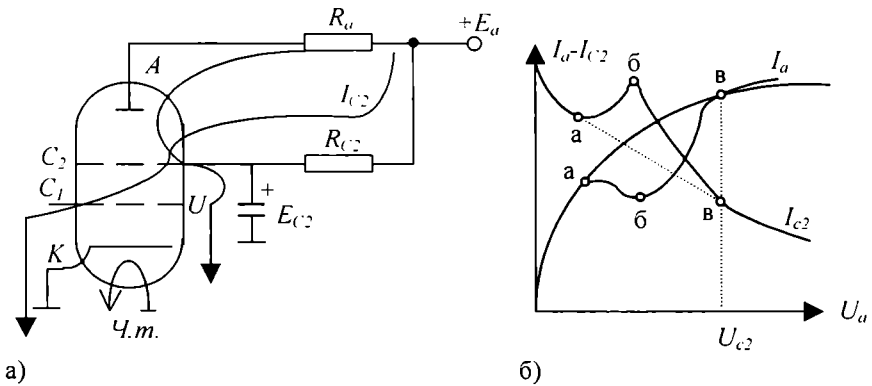
Уч электродли электрон лампанинг асосий вазифаси кучайтириш ва тебранувчан электр сигналларини ҳосил қилишдан иборат. Унинг иш частотасининг чегараси 0 Гц дан то 3300 МГц (тўлқин узунлиги  $\lambda=9$  см)гача. Сеткага берилаётган ўзгарувчан кириш сигнали  $U_c$ , анод токини бошқариш учун ишлатилади.

## 7.2. Кўп электродли лампалар

Уч электродли лампа айрим нуқсонларга эга. Масалан, бошқариш сеткаси билан анод маълум миқдорда конденсатор пластинкаларини ташкил қилади ва бу сифим 5-10 пф орасида бўлади. Бу овоз частотасининг тебранишига катта қаршилик кўрсатмайди.

Лекин юқори частотали тебранишларда бу сифимнинг ёмон тарафлари ҳам мавжуд. Мисол учун юқори частота энергияси анод занжиридан сетка занжирига ўтиши мумкин. Бунинг оқибатида паразит қайта алоқа пайдо бўлиши ва кучайтиргич яхши ишламаслиги мумкин.

Кўчайтириш коэффициентини ошириш ва кириш сифимини камайтириш учун биринчи сетка билан анод ўртасига иккинчи сетка киритилади ва бу лампани тетрод лампаси деб юритилади. Киригилган экран сеткаси ёрдамида бошқариш сеткаси билан анод орасидаги сизим камайтирилади. Экран сеткасига ҳам доимий мусбат кучланиш берилади ва бу кучланишнинг қиймати анод кучланишидан камроқ бўлади ҳамда  $u = 0,5 - 0,8$  в ни ташкил қилади. Бу сеткани ҳимоя сеткаси дейилади. Ҳимоя сеткаси лампанинг ичида катод билан уланган. Унга анодга нисбатан манфий потенциал берилади ва ҳаракати сусайган электронларни анод томон тезлатади.



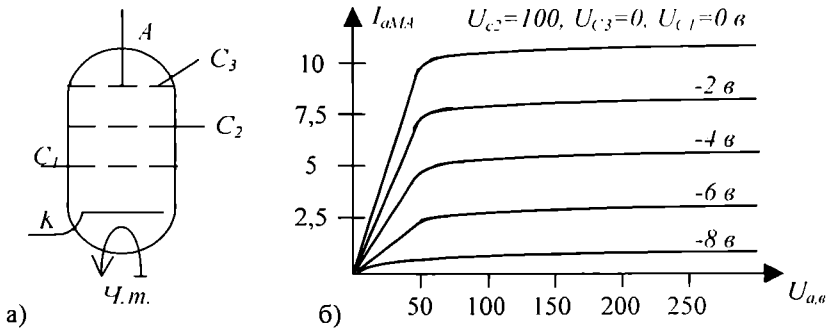
14-расм. Тўрт электродли (тетрод) лампасининг уланиши (а) ва динатрон эффектини кўрсатувчи характеристикаси (б).

Шундай қилиб конденсатор  $C_{c2}$  ни қаршилиги кам бўлганлиги учун  $I_a$  токнинг кўп қисми ички қайта боғланиш занжири орқали биринчи сеткани айланиб, катод занжирига ўтади. Бунда анод токини бошқариш амалга ошмайди. Бу эса эквивалент сизим  $C_a C_1$  ни камайишига олиб келади.

Тўрт электродли (тетрод) лампанинг асосий камчиликларидан бири, унинг вольт-ампер характеристикасининг тушишидир (динатрон эффект). У иккинчи сетка кучланиши анод кучланишидан кўпайган вақтда ( $U_{c2} > U_a$ ) юз беради (14-расм, б). Бундай режимда анод пластинкасида анод токи ҳисобига чиқаётган иккиламчи электронлар иккинчи сетка тарафга қараб тезлашиб, унинг  $I_c$  токини оширади. Тетрод лампасининг анод характеристикаси 14б-расмда кўрсатилган. Бу ерда динатрон эффекти графикдаги а ва б нуқталар оралиғида пасаяди, бунга сабаб тетрод ички қаршилигининг ушбу оралиқда манфий бўлишидир. Шундай қилиб, тетрод лампаси характеристикасини бузилиш вақтидан бошлаб генератор режимга ўтади.

Бу лампа кучайтиришида ва электр тебраниш генераторларида 20 МГц частота оралиғидаги қуввати 10 кВт гача — ман қурилмаларда ишлатилади. Бу лампадаги динатрон камчилигини йўқотини учун иккинчи сетка билан анод орасига яна битта экран сетка киритилади. Бу лампани беш электродли (пентод) лампаси дейилади. Пентод ўзининг кучайтириш характеристикаси бўйича триод ва тетрод лампаларидан яхши ҳисобланади.

Учинчи сетка потенциали катод потенциалига тенг, шунинг учун у билан анод орасидаги кучланиш, электр майдонини мавжуд қилиб, иккиламчи электронларнинг анодга қайтишига тўсқинлик қилади. Шунинг учун динатрон камчилиги бўлмайди. Пентод лампалари асосан кучайтириш каскадларида ва электр тебранишини ҳосил қилувчи қурилмаларда, хусусан, 120 МГц частота оралиғида ишлайдиган қурилмаларда кенг ишлатилади:



15-расм. Беш электродли (пентод) лампасининг кўриниши (а) ва анод характеристикаси (б).

Булардан ташқари нузли тетрод бир баллон ичида иккита триод лампаси йиғилган. Бир баллон ичида уч электродли ва беш электродли (пентод) лампалари ҳам бўлиши мумкин. Булардан ташқари кўп электродли гексод лампалари ҳам мавжуд.

Лампалар ҳар хил кўринишда ва уларнинг ёзуви ҳам ҳар хил бўлиши мумкин. Мисол учун 6К1П, 6Н8С, 6Ж8, 6Н1П, 6Д21П, 6Ж3П, 6И1П, 6П14П ва ҳоказо.

Биринчи рақам лампанинг чўғланиш толасини билдиради (6,3 в), иккинчи ёзув (ҳарф) лампанинг нимага мўлжалланганини билдиради. Мисол учун, Д ҳарфи диодлигини билдиради.

Учинчи рақам шу лампанинг тартиб номерини билдиради. Охириги тўртинчи ҳарф эса лампа баллонининг нимадан тайёрланганини билдиради. Агар лампа баллони каттароқ бўлса С билан (масалан, 6П3С), кичик бўлса П билан (масалан, 6П14П), жуда кичик бўлса Б ёки А билан белгиланади.



## 8. ДИОД ВА СТАБИЛИТРОНЛАР

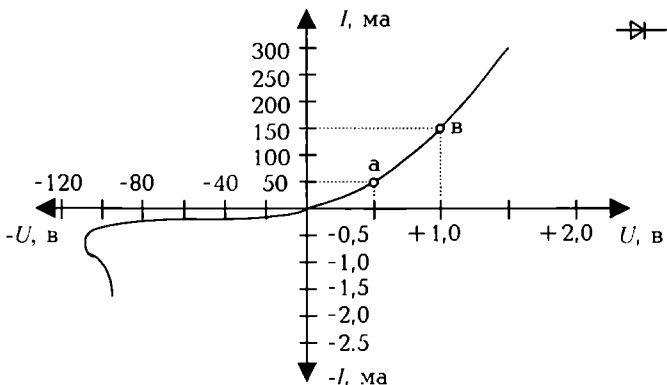
### 8.1. Ярим ўтказгичли диодлар

Энг кўп ишлатиладиган ярим ўтказгичларга кремний ва германий элементларидан ташкил тошган диодлар кирази. Бу диодлар ўзларининг конструктив тузилишларига қараб ҳар хил кўринишларга эга. Булардан ташқари уларнинг материаллари ва тоқлари ҳамда кучланишлари ҳам ҳар хил бўлиши мумкин. Конструктив тузилишларига қараб уларни ясси ҳамда нуқтали диодларга бўлиш мумкин.

Нуқтали диодлар асосан электрон ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгичли юпқа пластинкалардан иборат бўлиб, бир учи металл асосга пайвадланган, иккинчи учи эса индий ёки алюминий билан қопланган бўлиб вольфрам сим билан боғланган. Шу боис **p** ва **n** ярим ўтказгичлар орасида электрон тешикли ўтиш пайдо бўлади. Намлик ҳамда чанг заррачаларидаги қирлар **p-n** ўтишини секинлаштириши мумкин. Шунинг учун диодлар шиша ёки металл баллон ичига жойлаштирилади. Нуқтали диоднинг **p-n** ўтишининг сигими кичик бўлганлиги учун уларни юқори частотали автоматика ва радиотехника қурилмаларида кенг ишлатилади.

Ясси диодлар асосан ток тўғрилагичларида кенг ишлатилади.

Ярим ўтказгичнинг токи асосан унинг қутбларига берилатган мусбат ва манфий кучланиш орқали ифодалаб, ярим ўтказгичли диоднинг вольт-ампер характеристикасини кураимиз. Бу характеристика 17-расмда кўрсатилган.



17-расм. Ярим ўтказгичли диоднинг вольт-ампер характеристикаси.

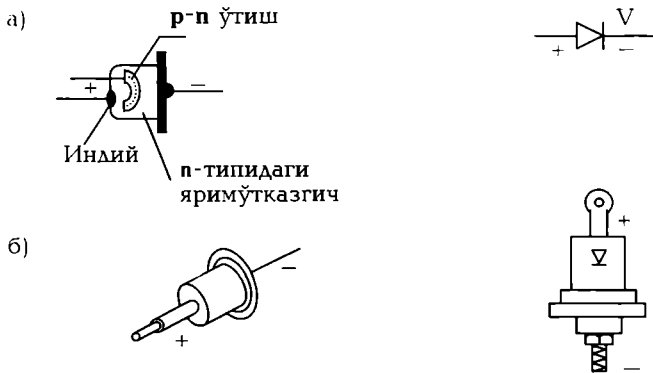
Бу ерда вертикал ўқнинг юқори ва пастки қисмида мусбат ва манфий ишорали токнинг қийматлари жойлашган. Горизонтал ўқнинг ўнг ва чап тарафларида эса мусбат ва манфий кучланиш қийматлари жойлашган.

Мисол учун кучланиш  $U=0,5$  в бўлса, ундан ўтаётган мусбат ток  $I=50$  мА ни ташкил этади (характеристикадаги а нуқта). Агар кучланиш  $U=1$  в бўлса, токнинг қиймати  $I=150$  мА га ошади (характеристикадаги в нуқта).

Кучланиш манфий бўлганида  $U=-100$  в бўлса, манфий токнинг қиймати  $I=-0,5$  мА (500 мкА)дан ошмайди.

Германий ярим ўтказгичларининг вольт-ампер характеристикалари ҳам шунга яқин бўлади. Кремний ярим ўтказгичининг бундай характеристикаси озгина ўнг тарафга сурилган бўлади. Буни қуйидагича изоҳлаш мумкин: германий элементидан тайёрланган ярим ўтказгич 0,1-0,2 в кучланиш берилиши билан очилади ва ўзидан ток ўтказа бошлайди; кремний элементидан тайёрланган ярим ўтказгич эса 0,5-0,6 в кучланишда очилади ва ўзидан ток ўтказа бошлайди.

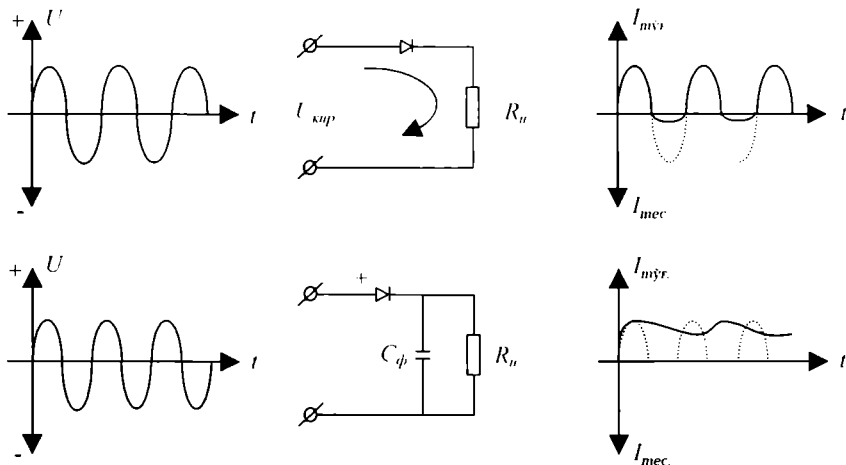
Ярим ўтказгичли диодларнинг схематик кўриниши қуйидагича бўлади (18-расм):



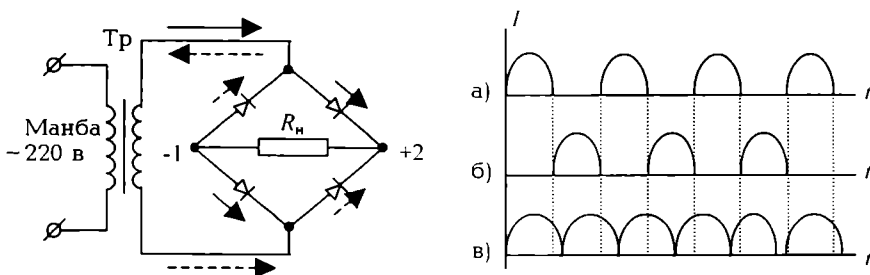
18-расм. Ярим ўтказгичли диоднинг схематик кўриниши (а) ва унинг ташқи кўринишлари (б).

## 8.2. Ярим ўтказгичли диодлар асосида ҳар хил ток тўғрилагичларини қуриш ва ўзгарувчан токларни ўзгармас токларга айлантириш

Мисол учун, бир фазали бир ярим даврли тўғрилагичнинг схемаси қуйидаги кўринишда бўлади:



Бир фазали икки ярим даврли трансформаторли ток тўғрилагичнинг схемаси эса қуйидагича бўлади:



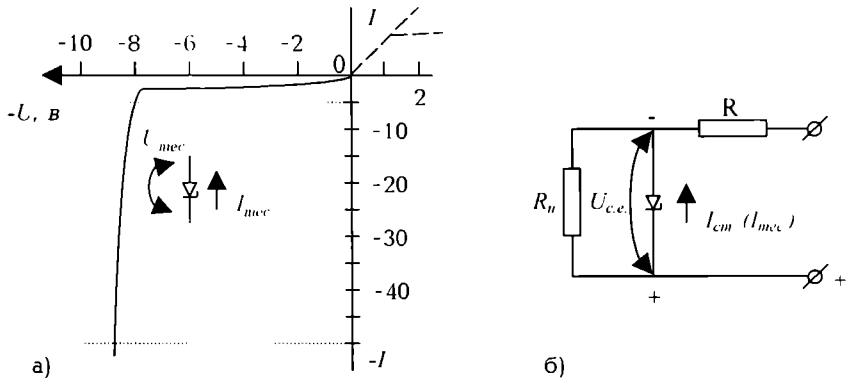
Бу схемалардан кўришиб турибдики, бир фазали бир ярим даврли схемалар анча хавфли ҳисобланади ва улардан камроқ фойдаланилади. Бу тўғрилагичларни тўғрилаш коэффицентлари анча катта бўлиб, у иш жараёнида катта фон миқдорини ташкил қилади.

Бир фазали икки ярим даврли ток тўғрилагичлари бу камчиликдан ҳоли бўлиб, улар техникада кенг қўлланилади.

### 8.3. Стабилитрон ва унинг ишлаши

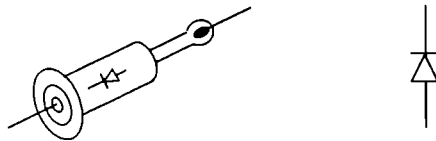
Стабилитрон бу ҳам кремний диоди бўлиб, фақат занжирдаги кучланишни бир хил миқдорда ушлаб туриш учун мўлжалланган.

Стабилитрон диодга ўхшаш эмас, балки унинг тескарисиндир. Унинг вольт-ампер характеристикаси қуйидаги кўринишида бўлади.



19-расм. Стабилитроннинг вольт-ампер характеристикаси (а) ва параметрик кучланиш стабилизатори (б).

Бу ерда манфий кучланишнинг ( $-U$ ) жуда кичик ўзгариши стабилитрон занжиридаги манфий токни ( $-I$ ) секин ўзгаришига олиб келади. Характеристикадан кўриниб турибдики, у горизонтал ўққа нисбатан деярли параллел ўзгармоқда. Лекин кучланишнинг маълум бир қисмида, мисол учун  $-U=8$  в бўлганда стабилитроннинг  $p-n$  ўтиши очилиб, ундан маълум бир  $I$  ток қиймати оқа бошлайди. Энди вольт-ампер характеристикаси кескин бурилиб вертикал  $-I$  ўқига параллел ўзгаради. Бу участка стабилитроннинг иш участкаси ҳисобланади. Стабилитроннинг очилиши, агар унга берилган токнинг қиймати чегарадан ошиб кетмаса, унинг ишдан чиқишига сабаб бўлмайди.



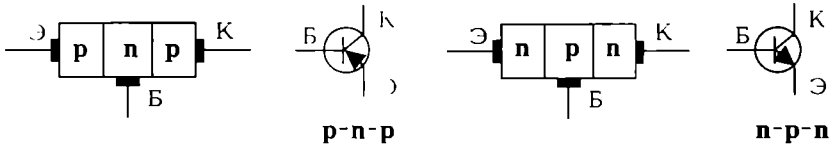
20-расм. Стабилитроннинг кўриниши ва уни схемада белгиланиши.



## 9. ТРАНЗИСТОРЛАР

## 9.1. Транзисторлар ва уларнинг уланиши

Транзисторлар автоматика-телемеханика, радиотехника ва ҳисоблаш техникаларида сигналларни кучайтиришда ва электрон қалит сифатида ишлатилади. Транзисторлар икки хил структурали бўлади: 1. **р-п-р** структурали; 2. **п-р-п** структурали



бу ерда, Б база;  
Э эмиттер;  
К коллектор.

Транзисторлар катта, ўрта ва кичик тоқларга мўлжалланган бўлиб, улар юқори, ўрта ва паст частоталарда ишлаши мумкин. Шунингдек, улар юқори ва кичик кучланишларда ҳам ишлаши мумкин.

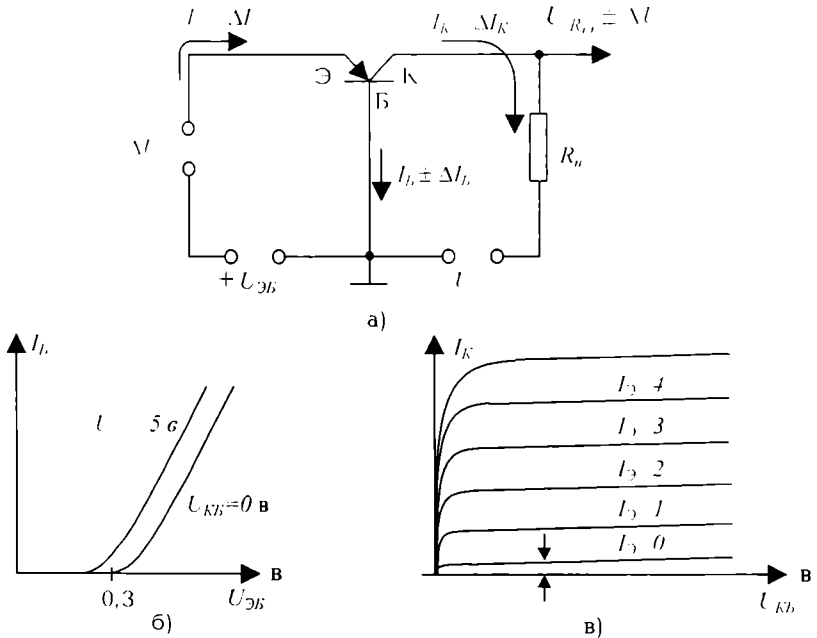
Транзисторлар асосан уч хил уланишга эга:

- умумий база билан;
- умумий эмиттер билан;
- умумий коллектор билан.

Транзистор умумий база билан уланганда, унга берилаётган кириш сигнали шу транзисторнинг эмиттер занжирига берилиб, чиқиш сигнали базага нисбатан коллектор занжиридан олинади.

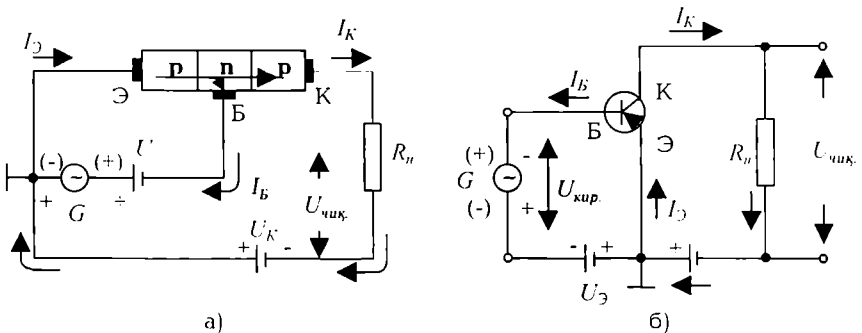
Умумий база билан уланган транзисторнинг кириш харақтеристикаси эмиттер тоқининг эмиттер-база орасидаги кучланишига ва коллектор занжиридаги кучланишга боғлиқ, яъни  $I_E = f(U_{БЭ})$  ва  $U_{КБ} = const$ .

Транзисторнинг умумий база билан уланиш схемаси ва кириш ҳамда чиқиш харақтеристикалари 21-расм (а), (б), (в) да кўрсатилган. Умумий база билан уланган транзисторнинг чиқиш харақтеристикаси коллектор тоқининг, коллектор-база ўртасидаги кучланишга ва доимий эмиттер тоқига боғлиқ, яъни  $I_K = f(U_{КБ})$  ва  $I_E = const$ .



21-расм. Транзисторнинг умумий база билан улашиш схемаси (а), кириш (б) ҳамда чиқиш характеристикалари (в).

## 9.2. Транзисторнинг умумий эмиттер билан улашиши



22-расм. Транзисторни умумий эмиттер билан улашнинг структура схемаси (а) ва электр схемаси (б).

Кириш сигнали  $U_{квр}$  эмиттер билан базага берилади. Коллектор зашжирига берилётган манба қучланиши ва юклама

қаршилиги эмиттер билан коллектор ораллигига уланган, шунинг учун  $I_K \approx I$  га тенг. Транзисторнинг база токи

$$I_B, I_C, I_K.$$

Умумий эмиттер билан уланган схеманинг умумий база билан уланганидан асосий фарқи, кириш қаршилигининг катталигидир. Шунингдек, умумий эмиттер билан уланган схеманинг ток бўйича кучайтириш коэффициентини ҳам умумий базаникига нисбатан кўпроқ ҳисобланади:

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

$$\alpha < 1 \quad (\alpha = 0,9 \div 0,99) \quad \text{негаки } I_K < I.$$

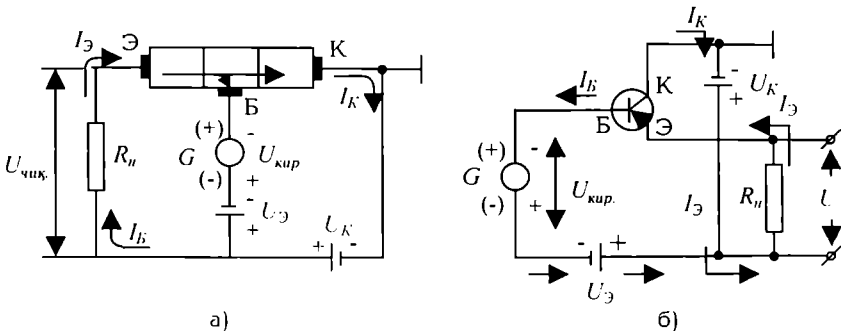
Агар  $\alpha$  қанча катта бўлса, эмиттер ва коллектор тоқларининг фарқлари шунча кичик бўлади ва транзисторнинг кучланиши ҳамда қувват бўйича кучайтириш коэффициентини ҳам катта бўлади. Иккала схема учун ҳам чиқиш кучланиши бири-бирдан катта фарқ қилмайди ва коллектор тоқининг ўзгарувчан ташкил этувчиси ва юклама қаршиликлари ҳам бир хил. Умумий эмиттер билан уланган транзисторнинг қувват бўйича кучайтириш коэффициентини қуйидагига тенг:

$$K_P = \beta K_U.$$

Бу қувват умумий база схемасиникидан катта.

Умумий эмиттер билан уланишнинг асосий фарқи чиқиш кучланиши  $U_{чик}$  ни кириш сигналига нисбатан  $180^\circ$  га ўзгарганидир.

### 9.3. Транзисторнинг умумий коллектор билан уланиши



23-расм. Транзисторни умумий коллектор билан уланишнинг структура схемаси (а) ва электр схемаси (б).

Кириш сигнали транзисторни база занжирига берилиб, чиқиш кучланиши эса эмиттерга уланган нагрузка  $R_n$  қаршиликдан олинади. Кириш ва чиқиш занжири учун умумий нуқта қилиб коллектор қабул қилинган. Бу схема учун кириш токи қилиб база токи олинади, чиқиш токи қилиб нагрузка қаршиликдан оқиб ўтаётган эмиттер токи олинади.

Бу схема учун ток бўйича кучайтириш коэффициенти:

$$\gamma = \frac{\Delta I_{\text{Э}}}{\Delta I_{\text{Б}}} = \frac{\Delta I_{\text{Э}}}{\Delta I_{\text{Э}} - \Delta I_{\text{К}}} = \frac{\Delta I_{\text{Э}}}{1 - \Delta I_{\text{К}} / \Delta I_{\text{Э}}} = \frac{1}{1 - \alpha} \quad (40)$$

Бу схеманинг кириш қаршилиги катта бўлиб, чиқиш қаршилиги эса жуда кам ҳисобланади. Шунинг учун кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти бирдан кичик бўлади:

$$K_t < 1.$$

Қувват бўйича кучайтириш коэффициенти ток бўйича олинган кучайтириш коэффициентида камроқ. Бу кўрилган уланиш олдингиларига қараганда камроқ ишлатилиб, асосан, қурилмалар ўртасида мослаш қурилмаси сифатида ёки кучайтиргич чиқишида ва кичик қаршилик ўртасида ишлатилиши мумкин.

Транзисторлар чизиқсиз элементлар туркумига киргани учун, уларнинг ишлашини таъминлаш кўпроқ статик характеристикаларига боғлиқ бўлади. Транзисторларнинг асосий параметрлари уларнинг кириш ҳамда чиқиш токлари ва кучланишларидир.

Транзисторнинг статик характеристикалари, асосан, транзистор схемаларини ҳисоблашда ва бу статик характеристикалар орқали транзисторнинг ҳар хил вазиятдаги параметрларини аниқлашда қўлланилади. Транзисторнинг эмиттер, база ва коллектор токлари бир-бирларига жуда боғлиқ бўлгани учун, унинг статик характеристикаси уланишига боғлиқ бўлади.

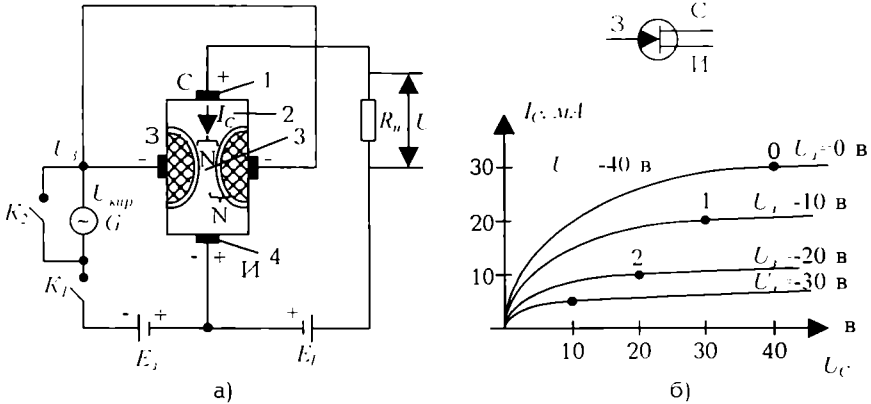
#### 9.4. Майдон транзистори

Майдон транзисторининг ишлаши бир хил ишорали заряд ташувчиларга асосланган. Майдон транзистори деб аталишига асосий сабаб, унинг биполяр транзисторига ўхшаб ток билан эмас, балки электр майдонида бошқарилишидир.

Майдон транзисторларининг ҳар хил турлари мавжуд.

## р - п ўтишли майдон транзисторлари

24а-расмда р-п ўтишли майдон транзисторининг иш-  
лаши кўрсатилган.



24-расм. р-п ўтишли майдон транзисторини ишлаш прин-  
ципи (а), кучланиш ҳамда токининг чиқиш характеристикаси  
(б).

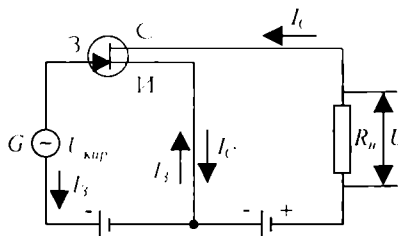
Майдон транзисторининг тузилиши: тўғри бурчакли **п**-  
типидаги ярим ўтказгич пластинадан (2), унинг чеккаларида  
жуда кичик қаршиликка эга бўлган контактлардан (1 ва 4)  
иборат. Унинг иккала кенг тарафидаги пластиналар (3) **р**  
ўтказувчанлик қалинлигини ташкил қилиб, бу қалинлик мате-  
риал билан умумий электродни ҳосил қилади ва затвор деб  
юритилади. Биринчи ва тўртинчи контактлар (1 ва 4) таъмин-  
ловчи  $E_1$  манбасига уланган ва алоҳида контактларни ташкил  
қилади. Асосий электронлар ҳаракатланадиган контактни ис-  
ток (И), иккинчи контактни эса — сток (с) деб юритилади. Шу-  
нингдек **п**-типли майдон транзисторининг стоки истокка нис-  
батан мусбат ишорага эга ва **р-п** ўтишига манфий кучланиш  
берилади.

Майдон транзисторини (24а-расм) биполяр транзистор  
билан солиштирганда уларнинг оёқчалари (сток, затвор ва  
исток) биполяр транзисторининг коллектор, база ва эмиттер  
оёқчаларига ўхшашдир.

Калит  $K_1$  узилганда  $E_1$  манбаси ташкил этган электр май-  
дон таъсирида ярим ўтказгичнинг **п**-типидаги электронлари  
истокдан сток томон ҳаракатланади ва сток  $I_C$  токини ҳосил  
қилади. Сток билан исток оралигида нагрузка қаршилиги  $R_H$   
уланганлиги учун сток токи  $I_C$  чиқиш ҳисобланади. Ток  $I_C$  би-  
лан кучланиш  $U_C$  ўртасидаги боғланиш, затвор заنجиридаги

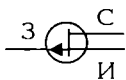
кучланиш  $I = 0$  бўлганида, 24б расмда келтирилган қуришида бўлади.

Бошланишида  $I_c = f(I_c)$  чиқиқли бўлиб, кейинчалик бу чиқиқли боғланиш 0 нуқтада бўзлади.

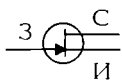


25-расм. Майдон транзисторини **p-n**-ўтишли умумий исток билан уланиши.

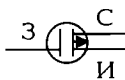
### Майдон транзисторларининг кўринишлари



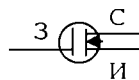
а)



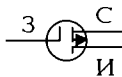
б)



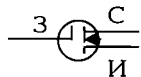
в)



г)



д)



е)

а) **p** каналли **p-n** ўтишли; б) **n** каналли **p-n** ўтишли; в) ажратилган **p** каналли; г) ажратилган **n** каналли; д) индукцияланган **p** канали бойитилган ва е) индукцияланган **n** канали бойитилган типдаги майдон транзисторлари.

## 10. КУЧАЙТИРГИЧНИНГ УМУМИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Кучайтиргич автоматика, телемеханика ва ҳисоблаш техникасининг асосий қисмларидан бири ҳисобланади. Кучайтиргичларни синфлашда асосан, уларни ташкил этувчи элементларига қаралади: электрон лампали, транзисторли, интеграл микросхема, операцион элементлар ва оптик элементлар базасидаги кучайтиргичлар мавжуд.

Электрон кучайтиргичларни электр сигналларини кучайтиришини частота диапазониға қараб классификация қилиш кулай:

1. Кичик частотали кучайтиргич. Сигнал частотасининг спектри бир неча ўнлаб Гц дан бир неча кГц гача. Юқори частотанинг паст частотаға нисбатига  $f_{\omega}$ ,  $f_n$ .

2. Доимий ток кучайтиргичи ёки секин ўзгарадиган кучайтиргич. Бунда частота диапазони  $f_{\omega} \approx 0$  дан  $f_n$  баъзи пайтларда ўнлаб ва юзлаб кГц га етади. Бундай кучайтиргичлар асосан ҳисоблаш техникалари ва ахборотга ишлов бериш техникаларида кўпроқ ишлатилади.

3. Резонанс кучайтиргичлари. Бу хил кучайтиргичлар тор частота оралиғидаги сигналларни ( $f_{\omega} / f_n < 1,1$ ) кучайтиришда ва радиотўлқинларни қабул қилиш қурилмаларида, ахборот узатишда кенг қўлланилади.

4. Кенг оралиқли (импульсли) кучайтиргичлар. Уларнинг частоталари бир неча кГц дан бир неча МГц гача бўлиши мумкин. Бундай кучайтиргичлар алоқа воситаларида, радиолокация қурилмаларида, телевидение ва ҳисоблаш техникаларида ахборотни видеомонитор экранига кичрайтириб чиқаришда ишлатилади.

Кучайтиргичларнинг юклама характеристикалари ва ишлатилиш жойларига қараб, уларнинг асосий параметрлари ва характеристикаларини кўриб чиқайлик.

### Кучайтириш коэффициенти

Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти ҳар хил кучайтиргичларда бир неча минг бўлиши мумкин

$$K_n = U_{\text{чик}} / U_{\text{кир}}$$

Кўп ҳолларда кучайтириш коэффициенти  $K_n$  ни ошириш учун кўп каскадли кучайтиргичлардан фойдаланилади. Бунинг учун биринчи кучайтиргичнинг чиқиши ( $U_{\text{чик}}$ ) иккинчи каскад учун кириш ( $U_{\text{кир}}$ ) ҳисобланади ва умумий кучайтириш коэффициенти алоҳида олинган кучайтириш коэффицентларининг кўпайтмасига тенг бўлади:

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

Кучайтириш коэффициентининг ўлчов бирлиги йўқ. Айрим пайтларда логарифмик бирликда децибелда аниқланади.

$$K_{u, dB} = 20 \lg (U_{чик} / U_{кир}).$$

Бунинг тескариси  $a_u = 10^{2/N / 20}$  Кўп каскадли кучайтиригичлар учун (41) ни логарифмлаб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$K_{u, dB} = K_{1, dB} + K_{2, dB} + \dots + K_{n, dB} \quad (42)$$

Бундан ташқари ток ва қувват бўйича ( $K_I$ ,  $K_P$ ) кучайтириш коэффициентларини ҳам децибелда ифодалаш мумкин:

$$K_{I, dB} = 20 \lg (I_{чик} / I_{кир})$$

ва қувват бўйича

$$K_{P, dB} = 10 \lg (P_{чик} / P_{кир})$$

Баъзи пайтларда кучланишнинг қанча кучайганлигини децибелдаги қийматидан фойдаланиб ҳисобламоқчи бўлсак, унда  $K_u = 10^{K_{u, dB} / 20}$  формуладан фойдаланамиз. Агар  $K_{u, dB} = 1$  десак, у ҳолда  $K_u = 10^{1/20} = 10^{1/20} = 1,12$  Бу шуни кўрсатадики, кучайтириш бир децибелга тенг бўлганида, чиқишдаги кучланиш 1,12 мартаба ортади ва кириш кучланишидан 12% катта бўлади.

Қуйидаги жадвалда айрим кучайтириш коэффициентларини децибелга ўтказиш кўрсатилган.

7-жадвал.

$a_u$	2	3,16	10	31,6	100	1000	10000
$K_{u, dB}$	6	10	20	30	40	60	80

Қувват кучланишнинг ёки токнинг квадратига пропорционал ( $P = U^2 / R = I^2 R$ ).



Чиқиш қуввати. Актив юкламадаги синусоида кўринишдаги кучланиш учун

$$P_{\text{чик}} = \frac{U_{\text{чик}}^2}{R_{\text{н}}} = \left( l \frac{m \sqrt{2}}{R_{\text{н}}} \right)^2 = \frac{l_{\text{чик м}}}{2 R_{\text{н}}} \cdot l \frac{l_{\text{чик м}}}{2},$$

бу ерда,  $U_{\text{чик}}$  ва  $U_{\text{чик м}}$  таъсир этувчи чиқиш кучланишининг амплитуда қиймати;

$l_{\text{чик м}}$  нагрузка токининг амплитудаси.

Фойдали иш коэффициентини қуйидаги формула билан топилади:

$$\eta = (P_{\text{чик}} / P_{\lambda}) \cdot 100\%,$$

бу ерда,  $P_{\lambda}$  кучайтиргичнинг манбадан оладиган умумий қуввати.

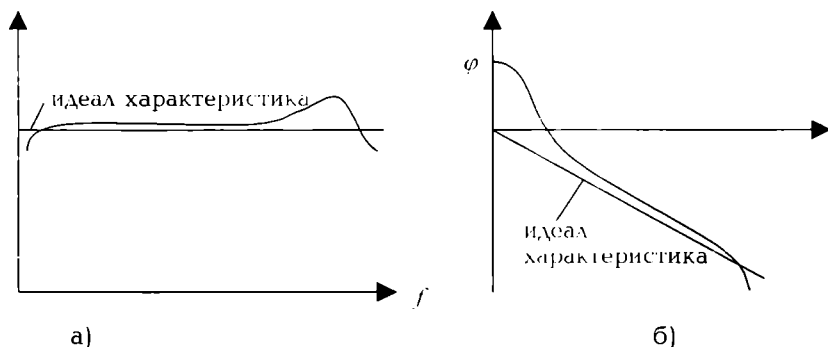
Шуни айтиш керакки, кучайтиргич қайси энергия асосида ишламасин, у  $P_{\text{чик}}$  қуввати учун регулятор ролини ўйнайди ва манбадан юкламага қувватни ўтказиши. Кириш сигнали эса шу қувватни бошқариш учун ишлатилиб,  $P_{\text{кир}}$  қувватини сарфлайди.

Номинал кириш кучланиши. Номинал кириш кучланиши деб, кучайтиргичнинг киришига берилиб, чиқишида жуда катта бўлган қувватни олишга айтилади. Бу кучайтиргични қанча қувватга ҳисобланганлигига ҳам боғлиқ.

Кучайтиргичнинг кучайтириш частота оралиғи (ўтказиш оралиғи). Кучайтириш коэффициентини у ёки бу кучайтиргич учун кўп ўзгармайди (паст частотали кучайтиргич учун кучайтириш коэффициентини  $K=3$  ДБ дан ошмайди), яъни бу кучайтириш частотаси оралиғини нисбатан торроқ бўлишини талаб қилади. Частота оралиғини кенгайтириш кучайтиргич схемасининг мураккаблашишига олиб келади, шунинг учун частота диапазони маълум бир оралиққа қисилади ва кучайтиргичнинг иши яхшиланади.

Амплитуда-частота характеристикаси. Бу характеристика кучайтириш коэффициентини (кучланиш бўйича) кучайтириладиган сигналнинг частотасига боғлиқлигини ифодалайди (26-расм, а).

Фазачастота характеристикаси. Бу кучайтиргичнинг кириш ва чиқиш кучланишлари орасидаги частота ўзгариши натижасида ҳосил бўладиган силжиш бурчаги  $\alpha$ -га айтилади (26-расм, б).



26-расм (а, б).

Кучайтиргичнинг чиқиш сигнаlining бузилишига сабаб, асосан уни ташкил этувчи элементларнинг характеристикаларини тўғри чиқиқли эмаслигидадир.

Мисол учун, 27-расмда умумий эмиттер билан уланган транзисторнинг кириш характеристикаси берилган. База токининг  $I_b(t)$  ёки кучайтиргичнинг кириш токининг формасини бузилишини аниқлаш учун у ўзгарувчан кириш кучланишининг формасига таққосланади  $I_{\text{кириш}}(t)$ . Кириш кучланишининг ўшбу чиқиқсиз бузилишлари кучайтиргичнинг чиқишида қўшимча юқори частотали гармоникаларни ҳосил қилади.

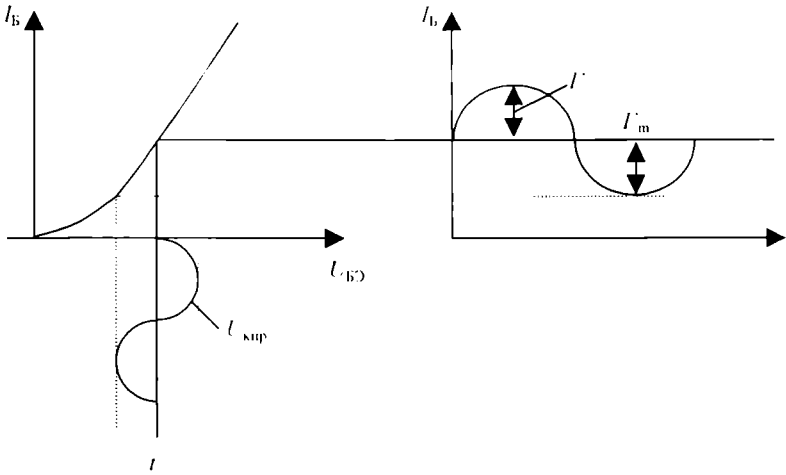
Кучайтиргичнинг чиқиқсиз бузилиш даражаси чиқиқсиз бузилиш коэффициентини билан баҳоланиб, юқори гармоникали қувватнинг чиқиш сигнаlinи, унинг тўла чиқиш қувватига квадрат илдиз остидаги нисбати билан

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

ёки унга яқин гармоника коэффициентини билан

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

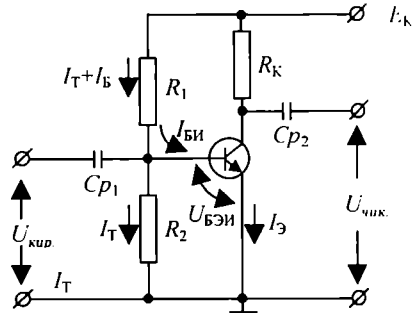
топилади, бу ерда  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_n$  биринчи, иккинчи ва бошқа чиқиш кучланиш гармоникаларининг таъсир этувчи қийматлари.



27-расм.

### 10.1. Биполяри транзистордан йирилган паст частотали кучайтиригич каскади

Биполяри кучайтиригичларда асосан умумий эмиттер билан уланган схема ишлатилиб (28-расм), у ёрдамида кучлиниш ёки ток кучайтирилади (8-жадвалга қаранг)



28-расм.

8-жадвал

Уланиш типлари	Кучайтириш коэффициентлари			Кириш қаршилиги, Ом
Умумий база билан	$\approx 1$	1000	1000	бирдан ўнгача
Умумий эмиттер билан	$10 \div 100$	$100 \div 1000$	10000	юзлаб
Умумий коллектор билан	$10 \div 100$	$\approx 1$	$10 \div 1000$	ўн минглаб

Схемада (28-расм) турган  $R_1$  ва  $R_2$  корпус билан  $E$  орасига уланиб, кучланишни бўлувчи қаршилиқни ташкил этади. Кучланиш  $R_2$  қаршилигида тушиб, база-эмиттер  $U_{БЭ}$  кучланишини ташкил қилади ва иш нуқтаси  $P^1$  ни аниқлайди (29-расм).

Тақсимлагич токининг чегараси  $I_1 \approx (2 \div 5) I_{БП}$ .

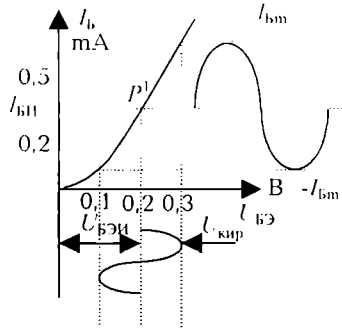
Тақсимлагич асосида бўлинган ток қиймати қанча катта бўлса, кучайтириш каскадининг иши шунча турғун (стабил) бўлади.

Транзисторнинг база токи  $I_B = I_K - I_E$  га тенг бўлиб, силжиш кучланишига катта таъсир кўрсатмайди.

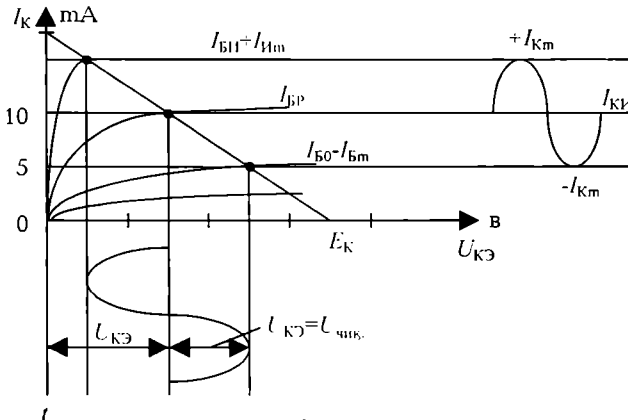
Тақсимлагич қаршилиги тарафидан бўлинган ток қийматини ҳаддан ташқари кўп олиниши кучайтириш каскадининг фойдали иш коэффициентини пасайтиради. Бу пасайиш тақсимлагич қаршилигида энергиянинг йўқолиши ҳисобига бўлади.

Айтайлик, кириш кучланиши  $U_{кыр} = 0$ . База-эмиттер кучланиши  $U_{БЭ}$  транзисторнинг  $P \setminus$ -очиқ ўтишидан «эмиттер база» база токи  $I_B$  оқиб ўтади. Ажратувчи конденсатор  $C_{P1}$  доимий токнинг кириш сигнали орқали ўтишига йўл бермайди.

Бу ҳолда транзистор очиқ бўлиб, актив ҳолатда бўлади. Унинг ҳолатини иш нуқтаси  $P$  билан  $E_K$  нуқтасидан ўтказилган юклама тўғри чизиги ( $E_K/R_K$ ) белгилайди. У асосан шу транзистор базасига берилаётган ток қийматига боғлиқ (30-расм).



29-расм



30-расм.

Коллектордаги доимий ток  $I_{К11}$  кучланишнинг камайишига сабаб бўлади  $I_{К11}R_K$ , бу эса коллектор-эмиттер кучланишини  $U_{КЭ11}$  кўрсатади. Шундай қилиб, ажратувчи  $C_p$ - конденсаторидан доимий кучланиш ўтмайди, чунки чиқиш кучланиши  $U_{чик11} = 0$ . Схеманинг бу ҳолати доимий ток тартибидagi ҳолати деб юритилади.

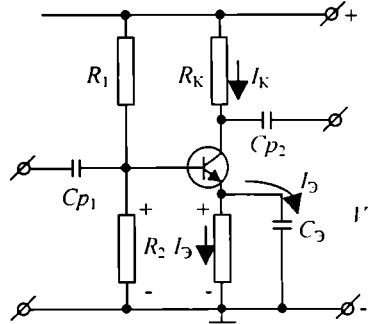
Мисол учун, ташқаридан синусоида амплитудали  $U_{кириш}$  сигнали берилаётган бўлсин. Унинг таъсири, кириш характеристикасига асосланиб (29-расм), база токининг ўзгарувчан ташкил этувчи конденсатор  $C_{p1}$  дан ўтиб, эмиттер-база занжири  $C_{p1}$  га берилаётган сигнал  $+I_{бм}$  ва  $-I_{бм}$  амплитуда сигнали транзисторнинг коллектор занжиридаги ток ҳолатини ўзгартиради.

Коллектор токининг ўзгариши  $I_{Кр}+I_{Км}$  дан то  $I_{Кр}-I_{Км}$  тушиш кучланишнинг пульсациясини ошишига олиб келади  $I_{Кр}R_K$ , шунингдек, кучланиш пульсацияси  $U_{КЭ}$  ва амплитудасини  $U_{КЭм} = E_K - I_{Км}R_K$  ўзгаришига ҳам олиб келади.

Бу пульсация  $C_{p2}$  конденсатор орқали ўтиб, кучайтиргичнинг чиқишида пайдо бўлади  $U_{чик} = U_{КЭм}$ . Бу ҳолат ўзгарувчан ток режимида ишлаш дейилади. 28-расмда кўрсатилган схема маълум бир силжиш кучланишида ишлаб, у анча тургун ҳисобланади, бироқ ташқи температурани ўзгариши иш нуқтаси  $P$  ни ўзгаришига олиб келади. Шунинг учун, уларнинг ишлашини ҳар хил термостабилизация қилиш элементларидан фойдаланиб яхшиланади.

Кучайтириш каскадида температуранинг ошиши, масалан ҳар  $10^\circ$ да транзисторнинг бошқарилмайдиган  $I_K$  токини икки мартагача ошириши мумкин. Кўп ишлатиладиган  $R_2C_2$  элементи билан термостабилизация қилинган каскад 31-расмда кўрилган.

Силжиш кучланиши  $U_6$  қаршилик  $R_2$  да пайдо бўлади ва бунга  $R_2$  қаршилигида ҳосил бўлаётган кучланиш таъсир этиб, у орқали доимий таъсир этувчи эмиттер токи  $I_2$  оқиб ўтади. Температуранинг ортиши билан доимий таъсир этувчи  $I_K$  токи ошади. Шундай қилиб  $I_2 = I_K + I_{бн}$  ва коллектор токининг ўзгариши доимий таъсир этувчи эмиттер  $I_2$  токининг ўзгаришига ва кучланишнинг пасайишига (тушишига) олиб келади  $R_2I_2$ ,  $U_{КЭ} = U_{бн} - R_2I_2$ . Бу ўз навбатида транзисторнинг



31-расм. Термостабилизация қилинган ( $R_2C_2$  элементи) транзисторли кучайтириш каскади.

база  $I_{\text{ЫЛ}}$  токини камайишига ҳам сабаб бўлади. Коллектор занжиридаги  $R_c$  қаршиликдан ўзгарувчан ток қолдигини айириш учун, занжирга шунг конденсатори уланади. Бу конденсаторнинг сизими ўнааб микрофарада бўлиб, реактив қаршилиги

$x_c = \frac{1}{2\pi f C_c}$ , бу қиймат ўзгарувчан ток учун жуда кам миқдордаги қаршилик ҳисобланади.

## 11. ИНТЕГРАЛ МИКРОСХЕМАЛАР

Интеграл микросхемалар (ИМС) бунда элементлари ва ула-нишлари юқори зичликда амалга оширилган кўп сонли микро-электрон элементлар мажмуасидир. Интеграл микросхемани ташкил этувчи алоҳида бирон-бир элементи асосида маълум бир функцияни бажарадиган схема йиғиш мумкин эмас. Бунга сабаб микросхема ичидаги ҳамма элементлар бир-бири билан ўзаро боғлиқ ва улар маълум бир схемани ташкил қилади. Шунинг учун микросхемани алоҳида олинган бир қисмини ишлатиш мумкин эмас.

Микросхемалар асосан мураккаблиги ва интеграция даражаси билан бир-бирларидан фарқланади. ИМС ўрта элементни ўз ичига олса, буни биринчи даражали интеграцияга эга дейилади, 11 дан то 100 гача бўлса, иккинчи даража ва ҳоказо.

Ҳозирги кунда олтинчи даража интеграциясига эга бўлган микросхемалар мавжуд ва улар 100001 дан то 1000000 гача элементларни ўз ичига олади.

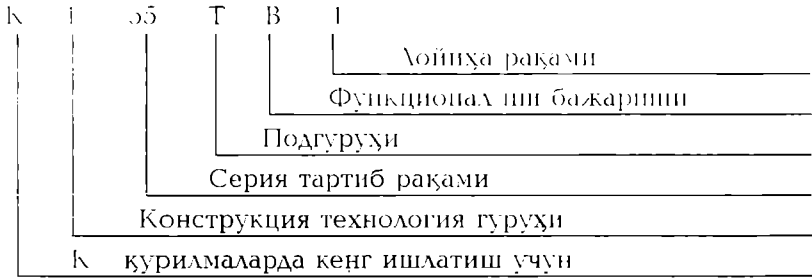
Булардан ташқари, уларнинг элементлар сони, ҳамда сифатини аниқлаш асосан тўрт гуруҳга бўлинади: кичик КИС, ўрта УИС, катта ИС ва юқори катталиқдаги ИС.

Ахборот сигналларини қайта ишлаши бўйича, узлуксиз ва рақамли интеграл микросхемаларига бўлинади. Уларнинг ичидаги актив транзистор типига қараб, биполяр ёки униполяр транзисторли дейиш мумкин (9-жадвал).

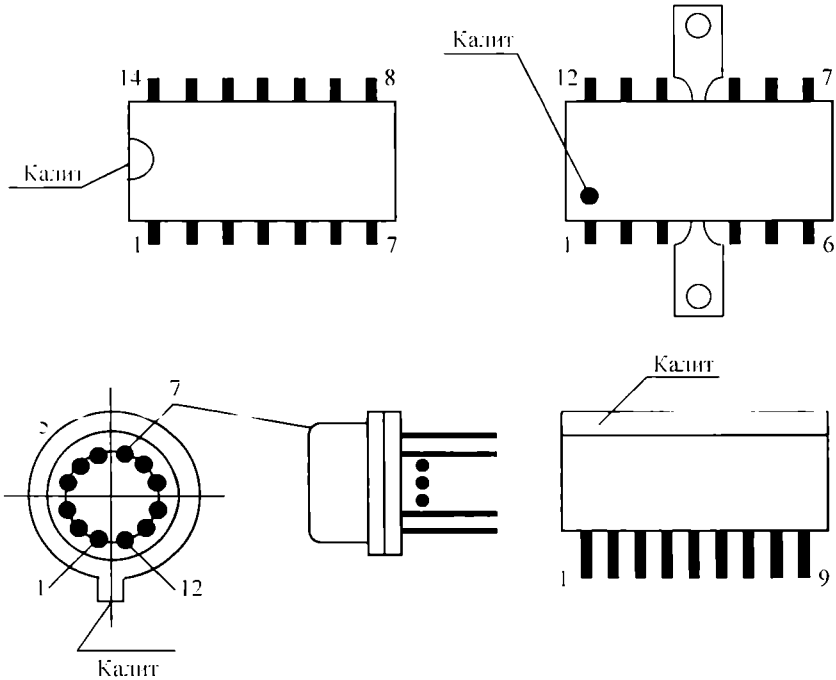
9-жадвал

№	Гуруҳи	Нимага мослашгани	Актив элементлар	Элементлар сони
1.	Кичик ИС	рақамли рақамли	Биполяр Униполяр Биполяр	1-100 1-30 1-30
2.	Ўртача ИС	рақамли рақамли узликсиз	Униполяр Биполяр униполяр	101-1000 101-500 31-101 31-101
3.	Катта ИС	рақамли рақамли узликсиз	Биполяр Униполяр Биполяр	1001-10000 501-2000 101-300 101-300
4.	Юқори катталиқдаги ИС	рақамли рақамли узликсиз узликсиз	Униполяр Биполяр Униполяр Биполяр	10000 дан юқори 2000 300 300

Ярим ўтказгичли микросхемаларнинг белгиланиши, мисол учун қуйидагича.



Ўйрим микросхемаларнинг қўринишлари ва уларни оёқчаларининг калитига нисбатан белгиланиши.





## 12. ТОВУШ БОСИМИ ВА КУЧИНИНГ ЎЛЧОВ БИРАИКЛАРИ ҲАМДА УНИНГ ДИНАМИК ДИАПАЗОНИ

### 12.1. Товуш босими ва кучини ўлчаш

Агар товуш босими  $0,00002 \text{ н/м}^2$  бўлса, биз умуман ҳеч нарса эшитмаймиз. Бундай товуш босимига тўғри келадиган товуш кучи  $10^{-12} \text{ вт/м}^2$  бўлиб, уни эшитилиш чегараси (ёки пороги) деб юритилади. Қолган ҳамма эшитиладиган товушлар кучи эшитилиш чегарасидан баланд бўлади ва товуш кучини баҳолаш учун децибелдан фойдаланилади. Акустика мутахассислари товуш босимини ва товуш кучини умуман ҳисоблашмасдан, бу катталикларни тўғридан-тўғри эшитиш чегарасидан бошлаб децибелда ифодалайдилар.

Масалан,  $0,001 \text{ вт/м}^2$  ўрнига «Товуш кучи 90 децибел» ёки  $0,02 \text{ Па} = 0,02 \text{ н/м}^2$  ўрнига «Товуш босими 60 децибел», деб айтишади. Товуш кучайиши ёки пасайишини баҳолашда децибел жуда кенг қўлланилади.

### 12.2. Эшитиладиган товушнинг динамик диапозони

10-жадвалнинг биринчи устунда товуш кучи босимининг  $\text{вт/м}^2$  даги қийматлари, иккинчи устунда эса товуш босими (ньютон/квадрат метрда) келтирилган. Учинчи устунда эса мос босим ёки кучга тўғри келадиган товуш эшитиш чегарасидан қанчалик юқорилиги децибелларда кўрсатилган.

10-жадвал

Товуш кучи $\text{вт/м}^2$	Товуш босими $\text{н/м}^2$ (Па)	ДБ	Мисоллар
$10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-5}$	0	Эшитиш чегараси (пороги)
$10^{-11}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	10	Бир метр масофадаги секин сўзланган гап
$10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-4}$	20	Тинч боғдаги шивирлар
$10^{-9}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	30	Тинч хонадаги гижжак овози
$10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-3}$	40	Ўртача мусиқа овози
$10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	50	Ойнаси очиқ хизмат кабинетигади шовқин
$10^{-6}$	0,02	60	Бир метр масофадаги гаплашиш овози
$10^{-5}$	0,065	70	Трамвай ичидаги шовқин
$10^{-4}$	0,2	80	Кўча шовқини
$10^{-3}$	0,65	90	Катта оркестрдаги фортеissimo овози

0,01	2	100	Автомобиль шовқини
0,1	6,5	110	Бурда ишлайдиган янги машинаси овози
1	20	120	5 метр масофадаги реактив двигател шовқини
10	65	130	Эшитишнинг юқори чегараси, қулоқда оғриқ пайдо бўлишига олиб келади.

### 12.3. Микрофонлар ва радиокарнайлар

Бугунги кунда микрофонларнинг кўп турлари мавжуд бўлиб, улар ишлатилиш жойига қараб танлаб олинади. Микрофонларнинг турлари: кўмирли, электр динамикли, радиомикрофонлар ва ҳоказо. Микрофонларнинг асосий вазифаси кичик сигналларни қабул қилиб олиб, уларни электр энергиясига айлантириш ва уни кучайтиргичнинг киришига беришдан иборат. Кучайтиргич бу кичик сигналларни керакли миқдорда кучайтириб, радиокарнайларга узатади. Микрофонлар ишлатилиши жойига қараб тўғри танлаб олинса, кириш ҳалақитлари ҳам шунча кам ва чиқишидаги овоз шунча тоза бўлади. Ҳозирги кунда микрофонларга бўлган катта талаблар, микрофонларнинг янги-янги турларини келиб чиқишига сабаб бўлмоқда. Микрофонларни тўғри ишлатиш жараёнида, микрофон билан кучайтиргич ўртасидаги боғловчи экранли кабель симининг ҳам катта таъсири бор. Агар бу кабелнинг узунлиги ва қаршилиги тўғри танлаб олинмаса ҳам кучайтиргичнинг чиқиш сигнаliga катта салбий таъсир кўрсатади.

Юқорида тилга олинган радиомикрофонга келсак, бу микрофоннинг қулайлик тарафлари шундаки, бу ерда микрофон билан кучайтиргич орасидаги боғловчи кабель йўқ. Бунинг ўрнига маълум бир радиусга мўлжалланган жуда кичик қувватга эга бўлган радиоузатгич тўғридан-тўғри микрофон кутисига жойлаштирилган. Микрофондан чиқаётган сигнал радиоузатгич киришига берилиб, маълум бир частота билан белгиланган радиус бўйлаб тарқалади ва залдаги радиокарнайлар ичига ўрнатилган приёмник бу сигнални қабул қилади, кучайтиради ва радиокарнайларга эшиттириш учун беради.

Ҳозирги кунда микрофонлар ва радиокарнайлар радиотехника қурилмаларида, мусиқий овоз ёзиш ва эшиттириш қурилмаларида, санъат саройларида, ҳатто фазодан туриб ер билан бевосита ахборот алмашишда ҳам кенг ишлатилмоқда.

Инди бир оз радиокарнайларга тухталсак. Улар ҳам микрофонларга ўхшаб, турли-туман қувватларга ва частоталарга эга.

Радиокарнайлар биринчи бўлиб 1885 йида Петербургда Охорович томонидан кашф этилган.

Овоз частотасининг токи  $I$  билан таъминланганда электр динамиқда куч ҳосил бўлади ва унинг ўраимида бўйлама тўлқин ҳосил қилади.

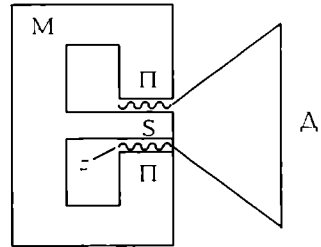
$$f \sim I \cdot B.$$

$$B = 6000 \div 9000 \text{ гаусс.}$$

- $B$  индукцияли магнит майдони
- $\Delta$  диффузор
- $\Sigma$  галтак (чўлғам)

Радиокарнайнинг асосий харақтеристикаларидан бири унинг сезгирлигидир:

$$l = \frac{P}{U} \text{ бар/в,} \quad (44)$$



бу ерда,  $P$  овоз босими, радиокарнайдан маълум бир масофада (тахминан 1 м),

$U$  диффузор чўлғамидаги кучланиш.

Радиокарнайнинг сезгирлиги сигналнинг частотаси ёки амплитудасига боғлиқ. Ихтиёрий боғлиқлик  $l_0$  танлаб олиниб, чексиз катталиқ топилади.

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

Сезгирликнинг  $10^n$  ўзгариши  $\alpha$  ўзгаришига жавоб бўлиб, у  $10^n$  дБ дан иборат.

Бунинг шундай қабул қилинишига сабаб, бизнинг овознинг эшитиш органларимизни қабул қилиш даражасидир.

Радиокарнайларни кучайтиргич чиқишидаги қувватга мос қилиб танлаш мутахассис томонидан амалга оширилади. Акс ҳолда, нотўғри танлаб олинган радиокарнайлар тез ишдан чиқиши мумкин. Радиокарнайларни тўғри ўрнатилиши ҳам катта маҳорат талаб қилади. Уларнинг энг кўп ишлатиладиган типлари электродинамик радиокарнайлардир.

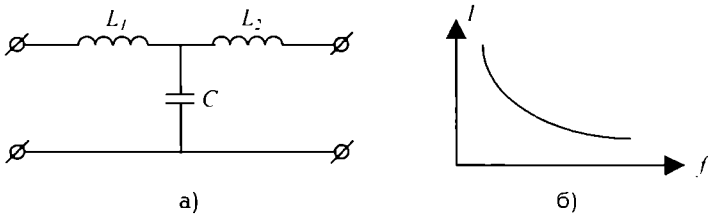
### 13. Электр филтрлари ҳақида тушунча

Филтрлар асосан радиотехникада, автоматика ва телемеханика қурилмаларида ва овоз техникаларида сигналларни ажратиш ёки текислаш учун хизмат қилади. Филтрларнинг ишлаши асосида индуктивлик бўлиб, юқори частотали тоқларни ушлаб қолиб, кичик частотали тоқларни ўтказиш ётади (доимий ташкил этувчи тоқлар). Шунингдек, сифимлар юқори частотали тоқларни ўтказиб, кичик частотали тоқларни ушлаб қолади ва тоқнинг доимий ташкил этувчисини ҳам умуман ўтказмайди.

Ҳар қандай филтр ҳар хил кўринишда уланган сифимлар ( $C$ ) ва индуктивлик ( $L$ ) лардан ташкил топади ва ўзидан бирон-бир частота оралиғидаги сигналларни ўтказиши ёки ўтказмайди.

#### Кичик частотали филтрлар

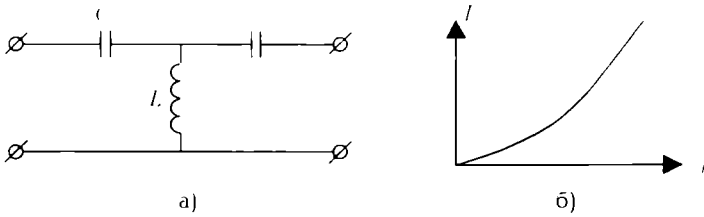
Кичик частотали филтрлар ўзидан кичик частотали сигналларни ўтказиши. Кичик частотали тоқлар индуктив ғалтагидан осон ўтади, конденсатордан эса жуда ёмон ўтади. Индуктивлик ғалтақларидан тузилган кичик частотали  $L$ ,  $C$  филтрларининг схемаси ва характеристикаси 32-расм (а,б) да кўрсатилган.



32-расм. Т-кўринишдаги кичик частотали филтр (а) ва унинг характеристикаси (б).

#### Юқори частотали филтрлар

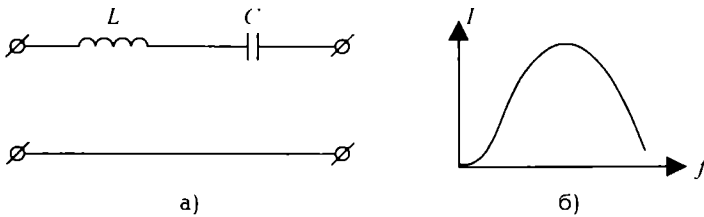
Юқори частотали тоқлар конденсаторлардан яхши ўтиб, ғалтақда тугилади. Шунинг учун кичик частотали филтрлар, резонанс частотасидан ошган тоқларга қаршилик кўрсатади. Юқори частотали тоқлар конденсаторлардан осон ўтади, индуктив ғалтақларидан жуда ёмон ўтади. Юқори частотали филтрларнинг схемаси ва характеристикаси 33-расм (а,б) да келтирилган.



33-расм.

## Оралиқ фильтри

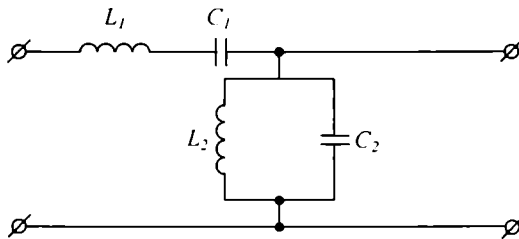
Оралиқ фильтри маълум бир частотадаги ёки частота оралигидаги сигналларни ўтказди, қолганларини эса тутиб қолади. Оралиқ фильтрининг схемаси 34-расм (а) ва характеристикаси (б) да кўрсатилган.



34-расм.

Бундай филтр резонанс частотасига тўғри келган частотадаги токни бемалол ўтказиш ва бошқа частоталардаги тоқларни маълум миқдорда ушлаб қолиш имкониятига эга.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (45)$$

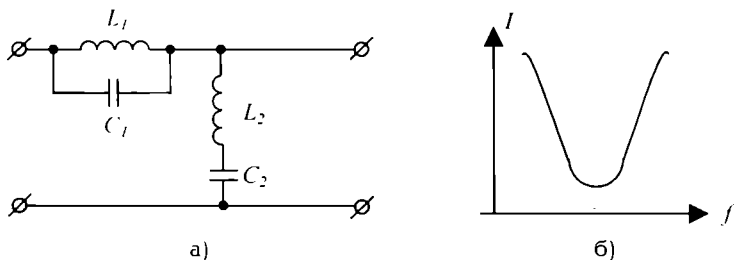


35-расм.

Оралиқ фильтр занжири  $L_1C_1$  орқали маълум  $U$  кучланишни аппаратга ўтказишга мўлжалланган.  $L_2C_2$  белгиланган резонанс-частотасига мосланган (35-расм). Бу контур-белгиланган частотани тебранишига катта қаршилик кўрсатади. Бунинг оқибатида оралиқ филтрдан фақат маълум частотадаги сигнал ўтади, ундан юқори ва кичик частотага тўғри келадиган сигналлар аппарат қисмига ўтмайди.

### Тўсувчи филтрлар

Тўсувчи филтрлар асосан маълум частотадаги токларни ушлаб қолиб, шу оралиққа тўғри келмайдиганларини ҳаммасини ўтказди. Бундай филтрнинг схемаси 36-расм (а) ва хараактеристикаси (б) да келтирилган.

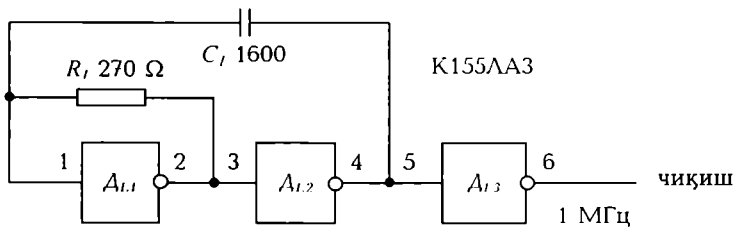


36-расм.

#### 14. Автогенераторларнинг ҳар хил кўринишлари ва уларни ҳисоблаш

Ҳозирги кунда интеграл микросхемалар электрон музикавий асбобларда кенг қўлланилмоқда. Бу электрон қурилмаларда ҳар хил частоталарни берадиган автогенераторлар энг қулай ва арзон элемент базаларида қурилмоқда ва улар музикавий асбобларда кенг ишлатилмоқда. Овоз техникаларига хизмат кўрсатувчи мутахассислар бу оддий автогенераторларнинг тuzилиши, ишлаши ва уларнинг ҳар хил частоталарга мўлжаллаб ҳисоблашни ҳам билишлари керак. Бу бўлимда мана шунга ўхшаш масалалар кўрилиб, уларнинг ҳисоблари ҳам берилган.

Оддий автогенератор асосан иккита инвертордан ташкил топади ва унинг кучайтириш коэффиценти  $K_n$  унча катта эмас. Шунинг учун, автогенератор 37-расмда кўрсатилганидек микросхема ичидаги учта ёки тўртта инвертордан ташкил топиши мумкин.



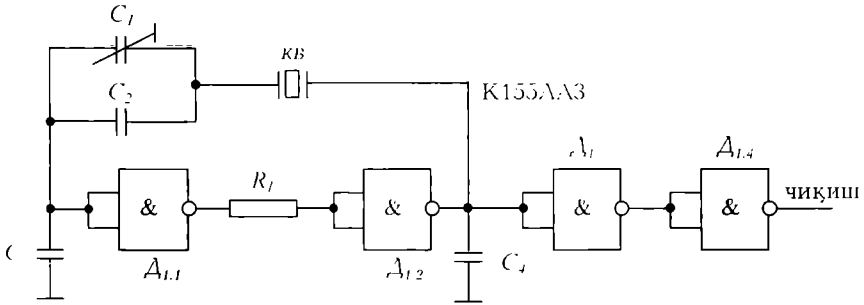
37-расм.

Мусбат қайта алоқа конденсатори  $C_1$  иккала  $A_{1.1}$  ва  $A_{1.2}$  элементларига уланган. Бу ерда  $A_{1.1}$  элемент чизикли кучайтириш режимида ишлайди. Қаршилик  $R_1$  орқали манфий қайта алоқа ташкил қилинган.  $A_{1.3}$  элемент бу схемада буфер вазифасини ўтайди ва нагрузканинг таъсирини автогенератор частотасига таъсир этмаслигини таъминлайди.

37-расмда кўрсатилган автогенератор частотаси қуйидаги формула билан ҳисобланади:

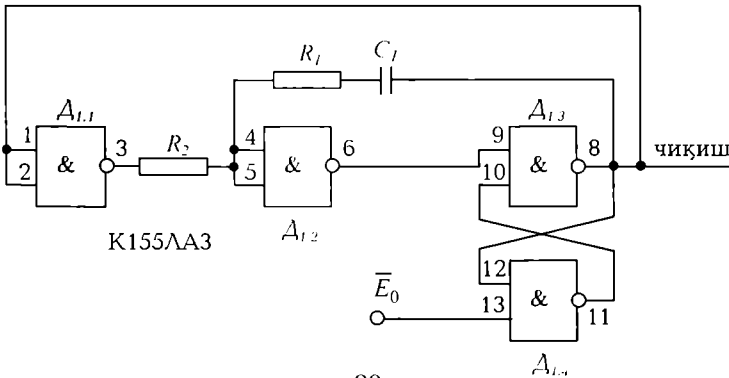
$$f = \frac{1}{3} (R_1 \cdot C_1) \quad (46)$$

38-расмда худди оддингига ўхшаш, лекин частотаси кварц резонатори билан стабилизация қилинган автогенератор схемаси берилган.



38-расм.

39-расмда мультивибратор асосида йиғилган генераторни бошқариш схемаси келтирилган.

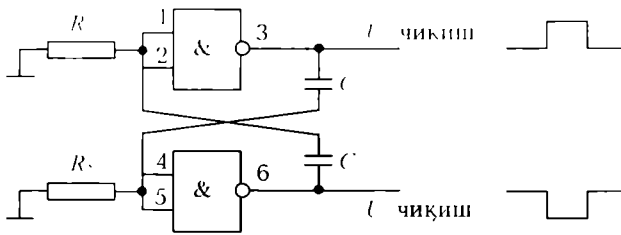


39-расм.

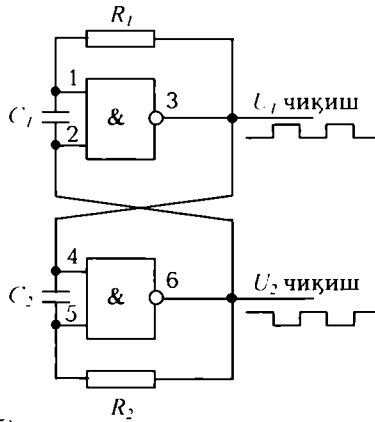
Агар  $\bar{E}_0$  киришига паст миқдордаги кучланиш берилса,  $A_{1.3}$  элементининг иккинчи киришига (10) юқори миқдордаги кучланиш келади ва  $A_{1.3}$  чиқишида генератор сигнали ҳосил бўлади. Агар  $\bar{E}_0$  киришига юқори миқдордаги кучланиш берилса,  $A_{1.3}$  нинг (10)-оғида кичик потенциал бўлганлиги учун генератор чиқишидаги сигнал паст миқдордаги сигнал бўлади.

Икки фазали чиқишли автогенератор схемаси 40-расм (а,б)да кўрсатилган.





а)

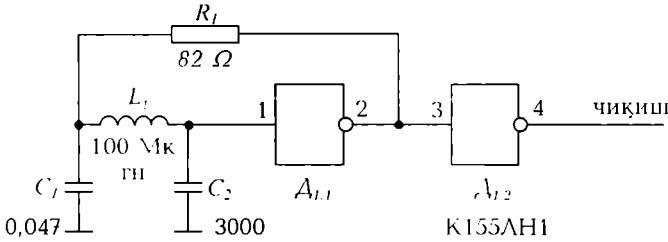


б)

40-расм.

40-расмнинг а) ва б) схемалари уларнинг вақтни белгиловчи конденсаторлари ва қаршиликлари билан фарқланади. 40,а-расмдаги схеманинг чиқиш частотаси, агар  $C_1=C_2=100$  пф бўлса, 2 МГц бўлади.

Агар 40,б-расмдаги конденсаторлар сиғими  $C_1=C_2=200$  пф бўлса, унинг чиқиш частотаси 1 МГц га тенг бўлади. Конденсаторларнинг қийматини ўзгартириб, автогенераторнинг чиқиш частотасини ўзгартириш мумкин.



41-расм. Тебраниш контурли автогенератор схемаси.

Бу автогенератор частотаси қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$f = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L \cdot C_s})}, \quad (47)$$

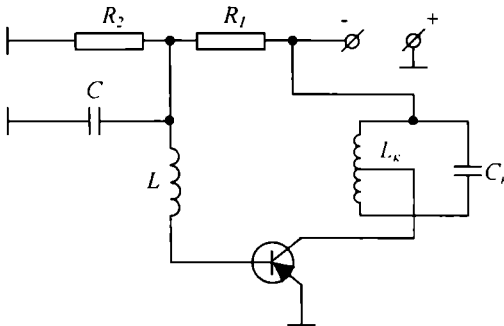
бу ерда,  $\pi = 3,14$  доимий катталиқ;

$L$  индуктивлик;

$C_s$  параллел уланган  $C_1$  ва  $C_2$  конденсаторларнинг эквивалент сифими, ёки

$$C_s = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Бу схеманинг яхши тарафи унинг битта инвертор элементидан ташкил топганлигидир.

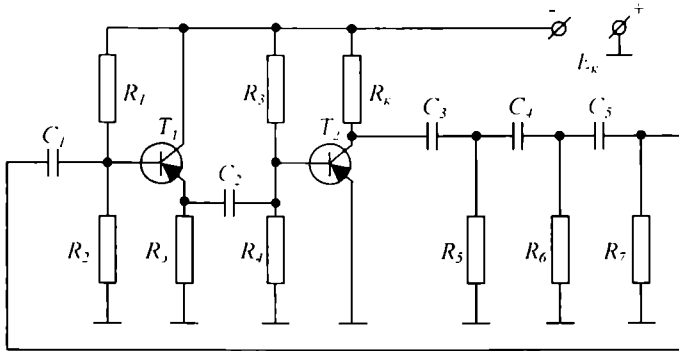


42-расм. LC типдаги автогенератор схемаси.

Бу схеманинг тебраниш частотаси:

$$f_0 = \frac{1}{(2\pi\sqrt{L_c \cdot h_c})} \quad (48)$$

бу ерда,  $L_c$ ,  $C_k$  тебраниш контурининг индуктивлиги ва сизими.

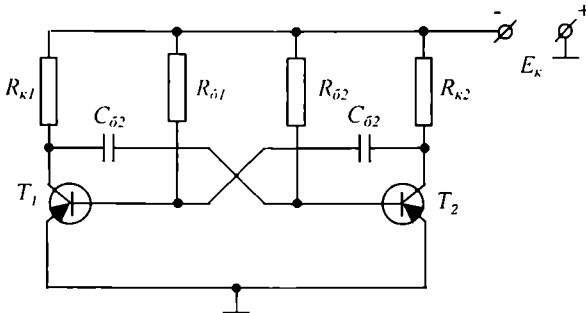


43-расм. RC типдаги автогенератор схемаси.

Бундай кўринишли автогенераторнинг частотаси қуйидаги формула билан топилади:

$$f_0 = \frac{1}{(2\pi\sqrt{6 \cdot R \cdot C})}, \quad (49)$$

бу ерда,  $R$ ,  $C$  қайтиш занжирида турган қаршиликлар ва сизимлар қиймати.



44-расм. Транзисторли мультивибраторнинг схемаси.

Тебраниш даври қуйидаги формула билан топилади:

$$T = 0,7 (C_{\bar{\alpha}1} R_{\bar{\alpha}1} + C_{\bar{\alpha}2} R_{\bar{\alpha}2}), \quad (50)$$

бу ерда,  $C_{\bar{\alpha}1}$ ,  $C_{\bar{\alpha}2}$  транзисторнинг база занжирдаги конденсаторлар сизими;

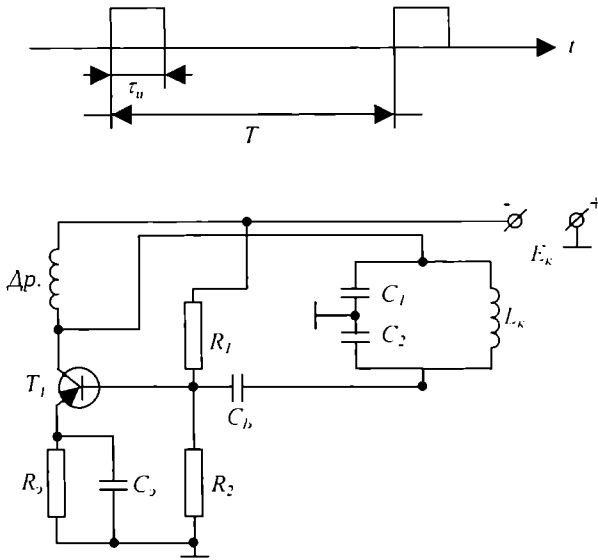
$R_{\bar{\alpha}1}$ ,  $R_{\bar{\alpha}2}$  база занжирдаги қаршиликлар.

Импульс сигналининг чуқурлиги

$$Q = T/\tau_u, \quad (51)$$

бу ерда,  $T$  импульс сигналининг даври;

$\tau_u$  импульснинг ўтиш вақти.



45-расм. Транзисторли автогенераторнинг схемаси.

**42-мисол.** 45-расмда келтирилган автогенераторнинг тебраниш частотаси  $f_0 = 2$  МГц. Агар конденсаторлар мос тарзда  $C_1 = 430$  пф,  $C_2 = 1000$  пф бўлса, контурнинг индуктивлиги  $L_k$  топилсин.

**Ечиш.** Формулага асосан автогенераторнинг тебраниш частотаси

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

бу ерда, умумий сизим:

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

Контурнинг индуктивлиги

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

**43-мисол.** Агар контурнинг резонанс вақтидаги қаршилиги  $R_{к.рез.} = 20$  кОм, контур қаршилиги  $r_k = 20$  Ом, контур сизими  $C_1 = C_2 = 410$  пф га тенг бўлса, 45-расмда келтирилган сизимли қайта боғланган генераторнинг тебраниш частотаси  $f_0$  топилсин.

**Ечиш.**  $R_{к.рез.} = q \cdot R_{вол.}$

Бундан  $q = R_{вол.}/r_k$ ,  $q$  тебраниш контурининг сахийлиги (добротность).

$$R_{вол.к} = \sqrt{R_{к.рез.} \cdot r_k} = \sqrt{20 \cdot 10^2 \cdot 20} = 632 \text{ Ом,}$$

$$C_{\text{экв}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = 205 \text{ пф.}$$

Частота

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot C_{\text{экв}} \cdot R_{вол.к}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 205 \cdot 10^{-12} \cdot 632} = 1,2 \text{ МГц.}$$

**44-мисол.** Транзисторли мультивибратор (44-расм) учун импульслар орасидаги вақт  $\tau_2$  топилсин. Бунда  $R_{\delta 1} = 10$  кОм,  $C_{\delta 1} = 0,01$  мкф.

**Ечиш.** (51) формулага асосан импульс чуқурлиги (скважность)

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

Бу ердан импульслар оралиғидаги вақт

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

## 15. АТОМ ЯДРОСИ ФИЗИКАСИ

Атом ядроси ва элементлар зарралари - физика курсида жуда кўп тилга олинади. Бизга маълумки, атом ядродан ва электронлардан тузилган. Бу атом ядроларининг тузилиши ва уларнинг айланишини ўрганувчи фан йўналишини ядро физикаси деб юритилади.

Барча кимёвий элементлар ўзларининг атомларини ҳар хил бўлишига қараб, улар бир-бирларидан физик, кимёвий жиҳатларидан фарқланиб, ички тузилишлари, оғирлиги, атом оғирликлари, шахсий энергиялари ва бошқа параметрлари билан фарқланади. Мисол учун, водород атоми ўзининг таркиби билан кислород атомидан ва уран атомидан фарқланади.

Атомларнинг ўлчами ва уларнинг массалари жуда кичик бўлади. Масалан, водород атомининг массаси  $m = 1,67 \cdot 10^{-24}$ . Бу шундан далолат берадики, бир грамм водород таркибида тахминан  $6 \cdot 10^{23}$  миқдордаги атом бўлади.

Кимёвий элементлар атом оғирликларининг тахминий ўлчов бирлиги қилиб кислород атоми оғирлигининг  $\frac{1}{16}$  қисми

қабул қилинган. Д.И. Менделеевнинг кимёвий элементлар даврий жадвалида ҳамма кимёвий элементларнинг атом оғирликлари келтирилган. Бу жадвалдан бизга маълум бўлишича энг енгил атом водород атоми бўлиб, унинг атом оғирлиги 1.008 га тенг, углеродники 12, кислородники 16 ва ҳоказо. Баъзи оғир кимёвий элементларнинг атом оғирликлари, водород атом оғирлигидан тахминан икки юз марта кўп. Симобнинг атом оғирлиги 200,6, радий элементининг атом оғирлиги 226 ва ҳоказо. Менделеев даврий жадвалининг пастки сатрларида жойлашган кимёвий элементларининг атом оғирликлари юқори ҳисобланади.

Агар жадвалда бир хил рақамда жойлашган кимёвий элементлар бир хил кимёвий тузилишга эга бўлиб, атом оғирликлари бўйича фарқланса, уларни изотоплар деб юритилади. Изотоплар кўплаб кимёвий элементларда топилган. Хлор иккита изотопга эга, кальций тўртта, рух бешта, қалай ўн тўртта ва ҳоказо.

Моддаларнинг атом тузилишининг электрон назариясига асосланиб, ҳар қандай кимёвий элемент маркази ядродан ва унинг атрофида айланаётган элементлардан тузилган бўлади.

Атом ядроси асосан бир неча элементар заррачаларнинг протонларини ўз ичига олади. Агар сиз атом тузилишини ва ундаги физик ҳамда кимёвий жараёнларни билмоқчи бўлсангиз, кам бўлса-да атом қисмини ташкил этувчи электрон заррачаларининг асосий характеристикалари билан таъниш бўлишингиз керак.

Электрон — ж да кичик заррача бўлиб, у табиятда жуда кам учрайдиган манфий электр заряддир. Электрон ҳам бошқа заррачалар каби унинг массасига эга. Унинг тинч ҳолатдаги массаси

$$m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

Электроннинг массаси худди бошқа элементар заррачалар каби унинг ҳаракат тезлигига боғлиқ бўлади. Электронни ҳаракат тезлигининг ошиши, унинг массасининг ошишига сабаб бўлиб, бу ҳодиса асосан электромагнит хоссасига боғлиқ экани кузатилади. Бу шундан далолат берадики, ҳаракатланаётган электронда электромагнит майдони бўлиб, унинг массаси ва электромагнит энергияси бўлади. Электрон қанча тез ҳаракатланса, электромагнит майдон инерцияси шунча кўпаяди, массаси ва электромагнит энергияси ҳам ортади.

Электроннинг тинч ҳолатдаги массаси ва ҳаракат тезлигига қараб, ҳаракатдаги электроннинг массаси қуйидаги формула билан топилади

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (52)$$

- бу ерда,  $m_v$  — ҳаракатдаги электрон массаси, граммда;  
 $m_0$  — электроннинг тинч ҳолатдаги массаси, граммда;  
 $v$  — электрон ҳаракатининг тезлиги, секундига сантиметрларда (см/сек);  
 $c$  —  $3 \cdot 10^{10}$  см/сек ёруғлик тезлиги.

Атом ядроси таркибига электрондан ташқари протон ва нейтрон заррачалари киради. Протон мусбат электр заряди бўлиб, унинг абсолют қиймати зарядланган электрон қийматига тенг. Протон массаси  $1,67 \cdot 10^{-24}$  га тенг ва бу тинч ҳолатдаги электрон массасидан 1840 марта кўпдир.

Электрон ва протонлардан фарқли бўлган нейтрон электр зарядига эга эмас. Шунинг учун, бу элементар заррачалар электронейтрал ҳолатда бўлади деб ҳам тушунилади. Амалда нейтрон массаси протон массасига тенг ( $1,67 \cdot 10^{-24}$  г).

### 15.1. Атом ядросининг энергияси

Масса билан энергиянинг боғлиқлик қонуни ҳар қандай материал учун қатъий ҳисобланиб, қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$W = mc^2 \quad (53)$$

бу ерда,  $W$  материалнинг энергияси, эрда;  
 $m$  материалнинг массаси, граммда;  
 $c$  -  $3 \cdot 10^{10}$  см/сек ёруғлик тезлиги, сантиметр се-кун-  
 да.

Материалнинг ўзидан энергия ажратган вақтдаги массаси ўзгаришини массанинг энергияга айланиб кетиши дейиш тўғри эмас. Ҳар қандай энергиянинг тарқалиши массанинг сақланиб қолишини таъминлайди ва умумий энергия миқдори ҳам сақланади. Кимёвий элемент атоми ядросида бўладиган ядро реакцияси жараёни эса нисбатан бошқачароқ кечади.

## 15.2. Ядро реакцияси

Ядро реакцияси бу бир атомнинг ядроси бошқа атомнинг ядросига айланиши мумкин бўлган физик жараён ҳисобланади. Шу реакцияда қатнашган ядро материали, мисол учун, атом бомбасини портлаши граммларда ўлчанадиган массани йўқолишига олиб келади. Шунингдек, жуда катта ядро (атом) энергияси ҳам ажралади. Мисол учун, атом бомбаси портлашида ядро материалнинг массаси бошқа массага айланади ва агарда унинг оғирлиги 10 гр бўлса, унинг ажратаётган энергияси қуйидагига тенг бўлади:

$$W = mc^2 = 10(3 \cdot 10^{10})^2 = 2 \cdot 10^{21} \text{ эрг ёки } 216 \cdot 10^9 \text{ катта калория.}$$

Эслатма. 1 эрг =  $0,24 \cdot 10^{-10}$  катта калорияга тенг.

Демак, ядро материалнинг 10 гр массаси ажратган энергия миқдори икки юз ўн олти миллиард катта калорияга тенг экан. Бундай иссиқлик энергиясини олиш учун 30000 тонна юқори сифатли тошкўмир сарфлаш керак бўлар эди. Атом ядросидан энергияни икки йўл билан ажратиш мумкин:

1. Мураккаб атом ядросининг парчалаш йўли билан оддий уран ядросини ёки плутонни олиш;

2. Бунга тескари ҳолат, яъни мураккаб атом ядросига оддий атом ядроларини қўшилиши ҳисобига оғир атом ҳосил қилиш. Мисол учун, гелий атом ядросига жуда юқори оғирликка эга бўлган водородни қўшилишидан оғир атом ҳосил бўлади.



### 15.3. Уран атом ядроси реакциясини атом бомбасида ишлатилиши

Табиатдан қазиб олинган уран таркибида унинг уч изотопи мавжуд бўлади. Улардан бирининг атом оғирлиги 238, иккинчисиники 235 ва учинчисининг атом оғирлиги 234 га тенг.

Табиатдан олинган уранининг асосий изотопи уран 238 ҳисобланиб, унинг таркибида асосан 99,3% табиий тоза уран мавжуд. 235 уран изотопи, табиий уран таркибида фақат 0,7% ни ташкил қилади ва ниҳоят 234 уран изотопи табиий уранининг 0,006% ини ташкил қилади.

234 уран изотопи табиий уранининг жуда кичик фоизини ташкил қилгани учун уни тажрибада қўллаш мумкин эмас.

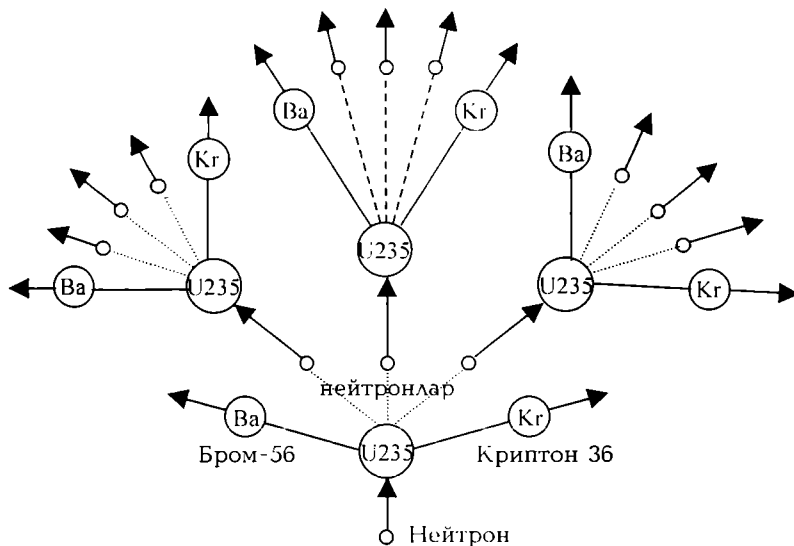
238 уран ядроси ўзининг катта мустаҳкамлиги билан 235 уран ядросидан фарқ қилади. 238 уран ядросини 10-15 минг километр/секунд тезлик билан учиб келаётган нейтрон билан парчалаш мумкин. Агар 238 уран ядросига тезлиги катта бўлмаган нейтрон таъсир этса (ўнлаб км/сек), у парчаланмайди ва бу нейтронни у ўзига ютади ва бунинг оқибатида нептун ядросига айланади ва кейин эса плутонийга айланиб, 92-катакда турган уран билан қўшни бўлади ва элементлар жадвалидаги 93- ва 94-катаклардан ўрин олади.

235 уран атоми эса аксинча, жуда катта мустаҳкамликка эга эмас. Бунга кичик тезликдаги нейтрон таъсир этса бўлгани, у парчаланаяди. Лекин, маълумки 235 уран изотопи табиий уран таркибида жуда кам миқдорда бўлганлиги учун, кучли ядро реакциясини олиш анча қийин. Бунинг учун тоза 235 уран материали етарли миқдорда бўлиши керак.

### 15.4. Уран 235 нинг ядро реакцияси

Бу жараён қуйидагича амалга оширилади. Мисол учун, қандайдир нейтрон уран 235 атомининг ядросига таъсир этди. Бунинг оқибатида атом ядроси икки бўлакка парчаланаяди. Биринчиси барий 56 ва иккинчи бўлаги криптон 36 (лантан 57 ва бром 35 ларга) айланади. Улар ҳар тарафга катта тезлик билан сачрайди. 235 уран атомининг парчаланиши оқибатида учта тез нейтрон ажралади (иккиламчи нейтронлар), буларнинг ҳар бири йўлида учраган атом ядроларини парчалантиради. Бунинг оқибатида учта янги уран 235 атом ядроси парчаланаяди ва оқибатда ҳаммаси бўлиб тўққизта тез нейтрон пайдо бўлади. Ўз навбатида тўққизта янги атом ядроси парчаланиши оқибатида йигирма еттита тез нейтрон ҳосил бўлади. Сўнгра, йигирма еттита атом ядроси парчалантирилиб, саксон битта нейтрон ҳосил қилинади ва ҳоказо. Бу жараённи уран 235 ядро атоми парчаланишининг заنجир реакцияси деб юритилади (46-расм). Бу жараён жуда тез ўтади ва оқибатда атом порт-

лаши рўй беради. Бунинг оқибатида жуда катта энергия аж-  
ралади ва буни атом энергияси дегилади. Атом порглашининг  
кучи (1 кг ядро материали) ишлаганида 16000000 юқори си-  
фатли поргловчи моддани сарфлаб ҳосил қилинган порглаш  
кучига тендир.



46-расм. Уран 235 ядро атомининг парчаланиш занжир  
реакцияси.

Энг катта ядро энергиясини термоядро реакцияси беради. Термоядро реакцияси вақтида энергия бир неча марта оғир ядрони парчаланиш реакциясидан иборат бўлади. Бунини учун оғир гелий ядро атомини ташкил этувчи оғир водород ядросидан (дейтерия) ва юқори оғирликдаги водород ядроси (трития) дан фойдаланилади.

Дейтерия ядроси асосан битта протон ва битта нейтрондан ташкил топган бўлади.

Трития ядроси битта протондан ва иккита нейтрондан ташкил топган. Юқори даражадаги иссиқлик (бир неча миллион градус) таъсирида дейтерия ядроси трития ядроси билан қўшилиб оғир гелий ядросини ҳосил қилади. Бу ҳол атом порглаши пайтида содир бўлади. Оғир гелий ядроси иккита нейтрон ва иккита протондан ташкил топади. Тўғри йўналишдаги битта нейтрон жуда юқори тезлик билан ўраб турган муҳит томон ҳаракатланади.

Ядро (атом) энергияси тинчлик мақсадлари учун ҳам ишлатилиши мумкин. Буларга мисол сифатида атом электростан

цияларини келтириши мумкин, бунда асосан уран 238 матернали ишлатилиши мумкин.

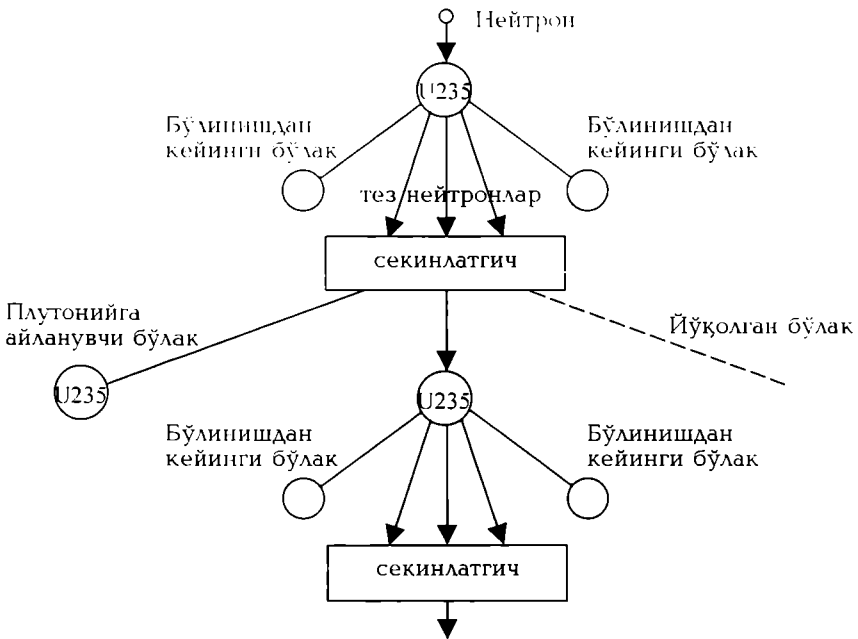
238 уран ядроси, юқорида айтиб ўтилганидек, кичик тезликдаги нейтрон билан урилганида парчаланмайди. Бунини оқибатида секин тезликдаги нейтронни ютиб, қўшни элемент нептун ядросига айланади. Ундан кейин эса унга қўшни бўлган плутоний ядросига айланади. Ядро реакцияси таъсирида олинган плутоний элементи радиоактив ҳисобланади. Ўзидан альфа нурларини тарқатувчи плутоний ядро атоми (оғир гелий ядро атоми) уран 235 ядро изотопига айланиб, актив ядро ёқилғиси ҳисобланади.

Плутоний ядроси жуда керакли элемент ҳисобланади. Биринчидан плутоний ядроси секин тезликдаги нейтрон билан парчаланаяди ва ўзининг кимёвий таркибига кўра урандан фарқланади. Уран 238 ядро реакцияси пайтида плутоний элементини ажратиб олиш учун ишлатилаядиган курилмани, атом реактори деб юриталяди.

Атом реактори ичига табиий уран изотопларидан уран 238 ва уран 235 қўйилади. 235 уран ядросига секин тезликка эга бўлган нейтрон таъсир эттирилиб парчаланаяди ва бу парчаланяиш оқибатида у енгил кимёвий элемент ядроларига айланади. Шунингдек, уран 235 ядросидан учтадан тез нейтрон ажралади. Бу нейтронлар йўлига реактор ичига махсус киритилиб қўйилган мода (мисол учун графит) секинлатгич ролини бажаради (47-расм). Секинлатгичнинг асосий вазифаси тез нейтронни кинетик энергиясининг бир қисмини ўзига олиш ва унинг тезлигини секинлаштиришдан иборат.

Уран 235 ядроси парчаланганда тез нейтронлар 238 уран ядро атомларига таъсир этмаслиги учун шундай қилинади. Секинлантирилган битта қисм нейтрон уран 235 ядро атомини парчалашда давом этади ва бунинг оқибатида атом реактори ичига узлуксиз занжир реакцияси давом этади. Бу жараён жуда тез рўй бермайди ва портлашларсиз секин боради. Бунга асосий сабаб, уран 235 ядро атомини сони уран 238 ядро атомидан анча камлиги бўляди. Бошқа секинлантирилган нейтронларни уран 238 ядро атоми ютади ва уни плутоний ядро атомига айлантиради.

Шундай қилиб, атом реакторининг асосий вазифаси ёқилғи сарфлаш билан бир пайтда ядро ёқилғиси ҳисобланган плутонийни олишдан иборатдир. Агар атом реакторида бир йил ичига бир тонна уран 235 ядро ёқилғиси сарflanса, бир тонна янги ядро ёқилғиси плутоний элементини олиш мумкин. Бу олинган плутоний ядро ёқилғисини атом реакторида янги ёқилғи сифатида ишлатиб, бир йилдан кейин яна бир тонна плутоний ёқилғиси уран 238 сарфланиши ҳисобига олинади. Атом реакторининг асосий сарфлайдиган материали 238 бўлиб, унинг табиий уран таркибидаги қисми 99,3% ни ташкил қилади.



47-расм. Уран ядро реакциясини секинлаштириш.

Атом реакторида секин нейтронлар сони қанча кўп бўлса, ядро реакцияси шунча тез ўтади, акс ҳолда, яъни секин нейтронлар кам бўлса, жараён секинлашади. Айрим ҳолларда ядро реакциясининг тезлигини бошқариш учун атом реактори ичига секин тезликдаги нейтронларни ютадиган махсус ютқичлар, мисол учун, кадмий киритилади. Кадмий миқдорини ошириш эвазига атом реактори ичидаги уран ядро реакцияси пасайтирилади ва керак бўлса, умуман тўхтатилади (47-расм). Секин нейтронларнинг реактордан учиб чиқишини олдини олиш учун махсус қоплама билан тўсилади. Атом реакторларида эҳтиёт чоралари ниҳоятда юқори бўлиши талаб этилади.

Ядро реакцияси пайтида интенсив радионурланиш, гамма нурлар, нейтронлар пайдо бўлади ва улар шу жойда хизмат қилаётган ишчилар ҳаётига катта хавф солади. Буни олдини олиш учун, атом реакторлари муҳитдан айрим элементлар билан изоляция қилиниши керак. Бунинг учун, радиактив нурларни ютувчи элементлар, масалан кадмий, қўрғошин ва бошқаларни кўрсатиш мумкин. Атом реакторининг теварак-атрофи бир неча метр қалинликдаги бетон деворлар билан ўралган бўлади. Атом реактори ишлаётган пайтда катта иссиқлик энергиясини ажратиб чиқаради ва ундан халқ хўжалигида самарали фойдаланилади.

## 16. ЭЛЕКТРОН МУСИҚА ВА ЭЛЕКТРОН МУСИҚИЙ ЧОЛГУЛАР

### 16.1. Электрон мусиқий чолгулар

Мазкур мавзу хусусида фикр юритар эkanмиз, аввало, бу йўналишларнинг келиб чиқиши ҳақида тўхталиб ўтишимиз лозим. Ўзининг нисбатан қисқа давр ичидаги ривожига қарамасдан, электрон мусиқий чолгулар замонавий мусиқачи ва композиторлар ижодиётига атрофли даражада кириб борган. Бу хусусда қатор мисоллар келтириш мумкин. Электрон техникаларнинг мусиқа муҳитига кириб бориши XX асрнинг иккинчи ярмидан то ҳозирги кунга қадар маданиятнинг умумий ҳолатини акс эттираётган янги технологиялар асосидаги қурилмалар билан кириб келмоқда. Уларнинг инсоният дунёқарашига ва умуман жамиятга бўлган таъсири беқиёсдир.

Шуниси қувонарлики, тараққиёт янгилликлари биз учун оддий эмас, балки инсон ижодининг тўлақонли қатнашчиси бўлиб қолмоқда, жумладан, ушбу ҳодиса санъатнинг барча жабҳаларида ўз ўрнига эгадир. Шунинг учун мазкур жараёнлардан фақат шодланиш зарур, чунки инсон техник инқилобнинг қурбони эмас, балки унинг бошқарувчисидир. Ушбу муносабатда, замонавий мусиқачи ўтган асрлар мусиқачисидан ҳеч фарқланмайди.

Электрон мусиқий чолгулар бир ярим асрлик тарихга эга. 1852 йилда фортепианони электрлаштириш ҳаракати бўлиб, ушбу уриниш муваффақиятсизликка учраган бўлсада, кейинчалик 1897 йилда биринчи электрон мусиқий чолғу **телармонциум** яратилган ва ишлаб чиқарилган.

Электрон чолгуларни ҳеч қандай чолгулар синфига киритиб бўлмайди; улар янги, ўзига хос синфни ташкил қилади. Барча мусиқий асбоблар синфи каби у ҳам ўз ичида хос бўлинишга эга. Шундай қилиб:

1. Биринчи гуруҳ электрон чолгуларда товуш авваламбор анъанавий усул билан ҳосил қилиниб, кейин эса электрон восита билан кучайтирилади ва ўзига хос ўзгаришларга эга бўла олади. Бундай чолгулар **электрлаштирилган** деб номланади. Ушбу гуруҳнинг энг ёрқин намоёндаси **электрон гитара** ҳамда унга ўхшаган чолгулар (**бас-гитара, электрон скрипка** ва айнан ўзбек мусиқасида эса **электрон танбур, электрон қонун, электрон соз** кабилардир) ҳисобланади.

2. Иккинчи гуруҳга шундай чолгулар кирадики, унда товуш электромагнит тебраниш орқали ҳосил бўлади. Электрон кучайтиргичлар товушни кучайтиради ва унга турли тембрлар бахш этади.

Шундай қилиб, 1852 йилдаги фортепианони электрлаштириш уринишидан икки йил аввал немис олими Ильмгольд

электр мосламаси орқали камертонни доимий амплитуда билан тебранишга мажбур этган. Бироқ бу ҳали мусиқий чолғу қурилмаси эмас эди. Электрлаштирилган фортепиано эса ҳақиқий мусиқий асбоб ҳисобланган.

Электр пианинонинг тuzилиши жуда оддий эди. Мусиқачи клавишани босиши натижасида контактлар улашиб махсус боғлачаларнинг торга урилиши вужудга келади. Тор тебраниб бир томонга четланади ва торнинг контактига тегади. Ток электромагнитга боради ва у торни ўзига тортади, бироқ тор контакти очилиб, электромагнит ҳаракатдан тўхтайди. Тор яна четланиб контактни улайди ва бу жараён шу зайдда такрорланади. Шундай қилиб, тор товуши, клавиша қай муддат босилиб турса, шу вақт мобайнида сўнмайди.

Бундан бир неча йил кейин эса бошқа электрон мусиқий чолғу **телармониум** деб аталмиш чолғу ихтиро қилинган. Бунинг номи ўша даврларда «Масофадаги мусиқа» деган мазмунга асосланган. Чолғу кашфиётчиси америкалик *Кахилл* ҳисобланиб, у мусиқа асбобидаги товушнинг ҳосил бўлиши асосан ўзгарувчан ток тебранишларига боғлиқ эканлигини исботлади.

Занжирдан оқиб ўтаётган электр токи бизда ўзининг йўналишини бир секундда элик марта, бошқа мамлакатларда эса 60 марта ўзгартиради. Шундай қилиб, агар ўзгарувчан ток генератори чиқишига карнай уланса, шу ўзгарувчан ток частотаси берган товушни эшитамиз. Мана шу имкониятдан *Кахилл* ўзининг **телармониум** асбобида фойдаланган. Бу қурилма ўзининг мураккаблиги ва оғирлиги жиҳатидан анча ноқулай бўлганлиги сабабли *Кахилл* уни кейинчалик такомиллаштиради. Аммо, чолғу вазнида ўзгариш бўлмайди. Шу боис, уни катта бинонинг ертўласига жойлаштиришга тўғри келади. Бу электрон қурилма ортиқча шовқинни ҳам келтириб чиқариши сабабли, мусиқачи бошқа хонага жойлаштирилган клавиатура ёрдамида ижрони амалга оширишга мажбур бўлган.

Ўша даврда электрониканинг умуман мавжуд эмаслиги боис, *генератор*нинг ҳосил қилган тебраниши клавиатура орқали товушга айлантирилиб, телефон тармоғи ёрдамида мухлисларга етказилар эди. Ихтиёрий мухлис телефон гўшагини кўтариб, *Кахилл* қурилмасига боғланиши ва унинг товушини эшитиш имкониятига эга бўлар эди. Лекин, имкониятлар анча чегараланганлигига қарамасдан бу қурилма гаройиботдай қабул қилинар эди. **Телармониум**даги тебранишни ҳосил қилиш услуги долзарблилигича қолиш билан биргаликда, баъзи бир электроорганларда ҳануз қўлланилиб келинмоқда.

Орадан ўттиз йил ўтиши ва янги техник имкониятларнинг вужудга келиши натижасида **телармониум** оғирлиги камайти-

рилиб пианино шаклига келтирилди. Бунга таққослаш учун Чикаголик Хаммонднинг органини мисол қилиш мумкин. Бу электрон чолғуда лампали кучайтиргич бўлмаганлиги боис электр тебранишларини ҳосил қилиш учун кичик қувватдаги ток кифоя бўлар эди. Бу даврда *динамиклар* мавжудлиги сабабли электр тўлқинларини механик тўлқинларга айлантириш муаммоси йўқ эди. У унча катта бўлмаган тишли гилдирак олиб унинг ёнига магнит ўзакли ғалтак ўрнатди. Гилдирак тиши ўзак ёнидан ўтганда ғалтакда кучсиз электр токи пайдо бўлган. Агар гилдирак тиши 16 та бўлиб бир секундда 5 марта айлansa, ғалтак ўраида 80 та электр импульси пайдо бўлиб, тебраниш частотаси 80 Гц ни ташкил қилган. Частотани ўзгартириш эвазига товуш баландлигини ҳам ихтиёрий назорат қилиш имконияти туғилади.

Шу тарзда тембр мосламаси ҳам ҳал этилди. Хаммонд ҳар бир товушни ишлатиш учун бир неча гилдирак ишлатди. Булардан биринчиси асосий частотани, қолганлари эса обертоплар частоталарини беради. *Кахил* ҳам қўшма товушларни топиш учун шу услубдан фойдаланган. Лекин, унинг *телармонциум* асбоби учун қўшимча частота генераторлари керак эди. Бу кичик тишли гилдиракчалар ёрдамида амалга оширилди. Хаммонднинг электрооргани 1929 йили лойиҳалаштирилиб, бир неча йил давомида қурилган. Ушбу чолғу ниҳоятда мукамал бўлганлиги сабабли шу пайтгача унинг янги турлари ҳам ишлаб чиқарилган.

Ташқи кўринишидан бу чолғу оддий орган тузилишига ўхшаш. Икки-учта қўл клавиатураси, оёқ ва бир неча тембрлар (переключателлар) босқичи мавжуд. Электроорган кичикроқ жиҳозда жойлашган бўлиб, фақат динамиклар унинг ташқарисига чиқарилган. У ўзининг арзонлигига қарамай оддий органни сиқиб чиқара олмади. Шундай қилиб, Кахил ва Хаммондларнинг кашфиётлари бир хил физик ҳодисага асосланади, яъни товуш тебраниши частоталарини ҳосил қилиш электр ёрдамида амалга оширилади. Лекин электроорган тугатилишидан 14 йил олдин *терменвокс* деб номланувчи антиқа бир чолғу пайдо бўлди. *Терменвокс* (айрим самарасиз тажрибаларни ҳисобга олмаган ҳолда) айланувчи воситаларсиз электроника ёрдамида мусиқий овозни амалга ошира оладиган биринчи чолғу эди. Бу принципал янги чолғуни 1921 йилда рус инженери Лев Сергеевич Термен яратган. Унинг исми чолғу номига берилган. *Терменвокс* «Термен овози» деган маънони англатади.

Биринчидан: тузилиши жиҳатидан жуда оддий, ҳали ихчам радиолампалар яратилмаганлигига қарамасдан бу чолғу катта ҳажмга эга бўлмаган. Яъни, тўрт оёқда турувчи кичик мосламадан иборат бўлган.

Иккинчидан унинг тембри ростдан ҳам жарангдор, тебранувчан ва маълум жиҳатдан инсон овозига ўхшаш эди. Чолғунинг бундай хусусиятлари унинг имкон доирасини аниқлаб берди. **Терменвокс**дан аксарият ҳолларда табиатдаги ҳар хил товушларни ҳосил қилиш учун фойдаланилган.

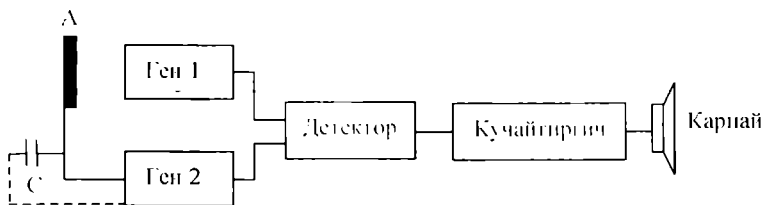
Учинчидан: мусиқачи ижро пайтида чолғу асбобига қўл теккизмас эди. Чолғунинг на клавиши, на тори, на клапани бор эди. У иллюзион аттракционига ўхшаш бўлиб, тепасидан металл стержен чиқиб турарди, мусиқачи эса қўллари ёрдамида ҳар хил ҳаракатлар қилар эди. Лекин, **терменвокс** ҳеч қандай мўъжиза эмас. Унинг асосини тебраниш ғалтаги ташкил қилиб, у ўзаро уланган индуктивлик ва конденсатордан иборат. Бундай ўта содда қурилмага кучланиш берилса ғалтақда тебраниш ҳосил бўлади. Бу тебранишни электрон лампали тизимдаги кучайтиргич ёрдамида кучайтирилади. Частотанинг ҳар хил бўлиши ғалтак индуктивлигига, конденсатор сизимига ва занжирнинг умумий қаршилигига асосланади. Частотани ўзгартириш учун фақат конденсатор сизимини ўзгартириш kifоядир.

**Термен** ўзининг қурилмасида иккита тебраниш генераторидан (осциллятордан) фойдаланган. Мазкур тизим қуйидаги жараёндан иборат бўлган, яъни иккала генератор ҳам юқори частотали тебранишни ҳосил қилиб, детекторга беради, сўнгра улар кучайтирилиб динамикка юборилади.

Биринчи генераторнинг частотаси ўзгармас бўлиб, тахминан 100 000 Гц га тенг. Иккинчи генераторнинг (Ген2) частотаси эса, 100050 Гц дан 105000 Гц гача текис кўтарилиб боради. Иккала генераторнинг чиқишидаги тебранишлар аралаштиргичнинг киришига берилади. Аралаштиргичнинг чиқишидаги тебраниш частотаси генератор (Ген2) ғалтагининг созланишига боғлиқ бўлиб, у кенг оралиқда ўзгариши мумкин. Мисол учун, энг юқори частота  $105000 - 100000 = 5000$  Гц ва энг кичиги эса  $100050 - 100000 = 50$  Гц. Шундай қилиб, ушбу частота 50 Гц дан то 5 кГц гача оралиқда ўзгариши мумкин экан. Бу частота кучайтирилгач овоз карнайига берилади ва бу тебраниш частотаси овозга айлантирилади. Антенна генераторнинг тебраниш ғалтагига уланган бўлиб, чолғучи қўл кафтини антеннага қаратган ҳолатида, унинг кафти ва антенна, конденсаторнинг пластиналарини эслатади.

Чолғучининг қўл кафти ва антенна орасидаги сизим қўл ҳаракати қандай масофада амалга оширилаётганлигига боғлиқ бўлади. Ушбу конденсаторнинг частотаси ҳам ўзгарувчан бўлиб, бу унинг энг асосий вазифаси ҳисобланади. Бундай қурилмаларда тембри ва товуш баландини ўзгартириш мумкин. Ушбу қурилма 48-расмда кўрсатилган.





48-расм.

Ўша даврларда *терменвокс* анча кенг қўлланила бошланди. Фарб фирмаларининг бунга қизиқиши катта бўлиб, улар бундан 3000 дона тайёрлаб бердилар. Қурилманинг соддалиги оддий одамларга ҳам терменвокс йиғиш имкониятини берди. Уйларда ҳаваскорлик чолғулари пайдо бўла бошлади.

Чолғуда асосан оҳиста (мунгли) куйларни ижро этиш қулай эди. Суръатнинг тезлигидан асарлар ижроси маромига етмасди: товушларнинг бир-бирига ўтиши «суркалиб» кетар, товушлар баландлигининг аниқлиги ҳам йўқолар эди. «Стаккато» усули эса умуман чиқмасди. Чолғуда бошқариш мосламалари (клавиш, гриф)нинг деярли йўқлиги сабаб ижро этиш бирмунча ноқулай бўлган. Шу тариқа терменвоксга бўлган қизиқиш сўна бошлади. Чолғу ясаган ҳаваскорлар унда ижро этиш услубларини ўргана олмадилар. *Терменвокс* ҳақида унутдилар, лекин яқинда Москва консерваториясида бу гаройиб чолғуни қайта тиклаш бўйича тажриба ўтказила бошланди. Энди у оддий электромагнит машина эмас, балки анча такомиллашган (модернлаштирилган), янги технологиялар асосида яратилган қурилма (ускуна, аппарат)га айланди. Кейинчалик терменвоксга бўлган қизиқиш вақтинчалик сўнган бўлсада, унинг аҳамияти жуда катта бўлиб бир қатор чолғуларнинг яратилишида асос бўлиб хизмат қилди.

Энди, электрогитара хусусида тўхталамиз. Ушбу асбоб терменвоксга нисбатан анча ёш деган тасаввур уйғотсада, аслида улар тенгдош. 20 йилларнинг бошида гитара асбобини электрлаштириш уринишлари бўлган эди. 1927 йили эса Америкада ушбу чолғуни ишлаб чиқариш учун патент берилган эди. Электрогитаранинг ихтирочиси *Лес Пол* бўлган. Унинг техникага ва гитарага бўлган қизиқиши мазкур ихтирони келтириб чиқарди. Электрлаштирилган гитара тузилиши жиҳати-дан унча мураккаб эмасди: торларининг тебраниши электромагнит (датчик-звукосниматель)да қувватни жонлантиради. У кучайиб динамикка узатилади. Лекин кейинчалик маълум бўлишича гитара электрлаштирилганда дека (корпус) ҳалақит берган. Декага беҳосдан тегиб кетилса тебраниш уйғониб динамикка узатилади, бунинг натижасида эса қулоққа

ёқмайдиган шовқинлар келиб чиқарди. Натижада тескари алоқа пайдо бўлади динамикдан чиққан баланд товуш декага таъсир этиб товуш яна ҳам кўтарилар, динамик эса ҳуштак чалишни бошларди. Шўнинг учун, сезгирлиги камроқ бўлган товуш каллақларидан фойдаланилган. Бу эса, овознинг ҳуссиятига ўз таъсирини кўрсатди. Булардан ташқари электрогитаранинг косасидан (корпус) қайтаётган акустик садо залдаги мухлисларда гўё залда иккита гитара чалинаётгандай бўлиб эшитиларди. Электрогитарани динамик орқали эшиттирилишида чолғунинг оддий декаси садоси натижасида тембр иккиланиб, аниқлик йўқолади.

Дастлабки гитараларда товуш головкалари (звукосниматель) олтига тор учун битта бўлиб, у чўзиқ магнитга асосланиб торларга нисбатан кўндаланг ўрнатилар эди. Кейинчалик эса ҳар бир торга алоҳида ўрнатилиши маъқул кўрилган. Бу борада ихтирочилар бироз бошқачароқ йўл ишлатишиб учта тор остидаги ўрамни ўнга, қолган учтасиникини эса чапга қарагиб ўрашган. Натижада учта торнинг ток йўналиши бир тарафга, иккинчи учтасининг йўналиши эса бошқа тарафга бўлганлиги сабабли ўзаро йўқотиш пайдо бўлади. Пировардида, электрогитара ҳар қандай ташқи кучлар таъсирида ҳам, маълум жиҳатдан, ўз хусусиятини йўқотмайдиган даражага келган. Товушнинг иккиланишини йўқотиш эса гитара косасини (корпус) қаттиқ оғир ёғочга алмаштириш натижасида эришилди. Торнинг ўз товуши фақат электр йўли билан амалга оширилади. Япон усталарининг охириги йилларда тавсия этган турли материаллари, яъни пардасиз декалар ҳозирда электрогитара ясаладиган асосий маҳсулотдир.

Электрогитара чалишда классик гитарага хос техник жиҳатлар (усуллар) билан бирга фақат электрлашган созларга хос усуллар ҳам қўлланилади. Масалан: кўпгина ҳолларда «машина» номли мослама мусиқачига (созанда) товушнинг баландлиги ва тебранишини бошқаришга имкон беради. Бунда соз торлари оддий ҳолда маҳкамланган мослама (ричаг) ёрдамида айланувчи роликларга бириктирилади. Ижрочи товуш чиқариш вақтида тирсаги билан мосламани ҳам тебратади. Бу вақтда мослама оддинга ва орқага айланиб, торни тортади ва бўшаштиради.

Мазкур манипуляциялар эса фақат электрогитарага юборилган кучлантирилишга бас келмай уни синдириши шубҳасиз. Электрогитаранинг иккинчи имконияти бу тембрнинг соф электр усули билан ўзгартиришидир. Бу ҳам оддий гитарадаги каби торнинг қайси жойдан тортилганига боғлиқ. Яъни, агар тор харрак томонга яқин бўлса, овоз кескин, ўткир, қуруқ эшитилади, дастага яқин бўлса нисбатан юмшоқ эшитилади.

Мазкур имкониятларни ҳисобга олган ҳолда, электрогитарага учта товуш каллақлари ўрнатилиб, бири харракга,

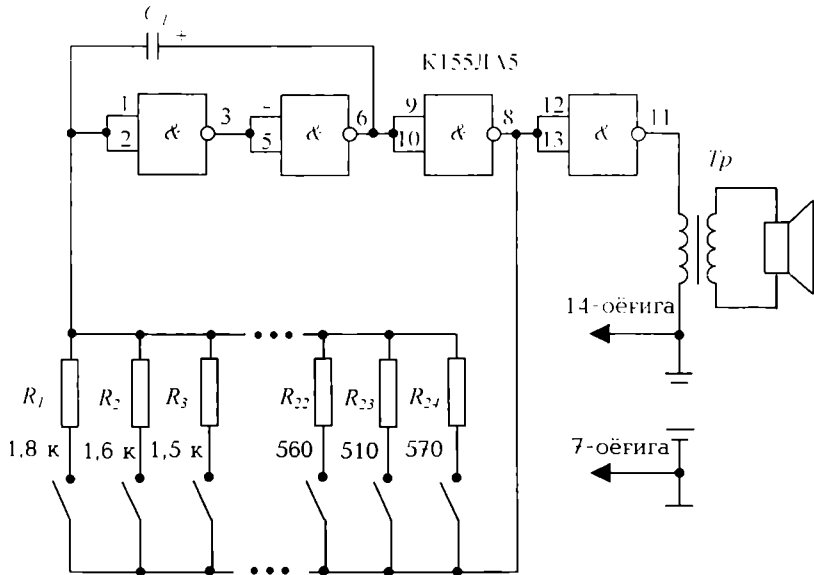
иккинчиси дастасига ва учинчиси эса уларнинг ўртасига ўрнатилади.

Электрогитара ривожда (эволюциясида) битта муҳим босқични таъкидлаш жоиз: бу унинг уч турдаги асбобга бўлинишидир. Бу турлар соло, ритм ва бас-гитара бўлиб, буни да монанд ҳолда асбоб тузилишида ҳам ўзгартиришлар пайдо бўлади. Ритм-гитарада тембрни кенг вариациялашга ҳожат бўлмайди, соло-гитарада ҳам шундай тартиб мавжуд. Шунинг учун унда битта овоз калаги ўрнатилади. Аксарият ҳолларда эса 2 та мослама қўлланади. Унда товуш тебраниши ҳам кенг бўлмайди, торни оддий йўл билан маҳкамлаш мумкин. Бас-гитарага эса 4 та тор ҳам етарли бўлиб, даста ва торлари узунроқдир. Улар нисбатан паст регистрдаги товушларга мослаштирилган. Шу ўринда ярим акустик гитара хусусида ҳам тўхталаш жоиз. Бу асбоб жаз ансамблларида кенг тарқалган бўлиб, у акустик (классик) ва электрогитаранинг ўртасидаги қўринишга эгадир.

Мисол тариқасида оддий электрон муסיқий асбобини қараб чиқайлик. Бу мусиқа асбобининг электрон чизмаси 49-расмда келтирилган. Бунда схемага уланган клавиатурани босиш натижасида овознинг ўзгаришини кузатиш мумкин. Унинг муסיқий диапозони икки октава: биринчи октавадаги «ДО» дан то иккинчи октавадаги «СИ» гача бўлиб, овоз диапозонининг частотаси 260 дан 988 Гц гача бўлади. Бу қурилмани том маънодаги электрон мусиқа асбоби дейиш қийин. Бироқ ушбу чизма ўқувчига мазкур асбобнинг иш принципини тушуниб олиши учун қўл келади.

Бу схемада К155ЛА3 микросхемаси ўз ичига тўртта мантиқий 2И-НЕ элементини олади. Д1.1, Д1.2, ва Д1.3 элементлари генераторни ташкил қилади. Д1.4 ва трансформаторнинг бирламчи ўрами овоз частотасини кучайтиргичини ташкил қилади. Трансформаторнинг иккинчи ўрамларига товуш қарнайи уланган бўлиб, у тебранишни ҳар хил оҳангдаги товушларга айлантиради. Қурилма қабул қиладиган ток катталиги 30 ма. Генераторнинг тебраниш частотаси конденсатор  $C_1$  нинг сифмига ва ( $R_1$ ,  $R_{24}$ ) қаршилиқлар қийматларига боғлиқ бўлади. Қаршилиқларни ўзаро улайдиган контактнинг бир учи Д1.3 элементининг 8-оёғига уланади. Қаршилиқлар ( $R_1$ ,  $R_{24}$ )нинг иккинчи тарафи генераторнинг киришига уланган.

Ушбу занжирда турган қаршилиқлар қанча кичик бўлса, товуш тони шунча баланд бўлади. Ихтиёрий тутма босилганда, қаршилиқлардан бири уланади ва генератор чиқишида маълум частотага эга ток ҳосил бўлади.



49-расм. Оддий электрон музика асбобининг чизмаси.

Умуман электрлашган чолғулар оиласи фақат электрогитаралардан иборат бўлмай, унга электроскрипка, электродомбра, электроарфалар ҳам киради. Шунингдек электрлаштирилган пуфлама асбоблар тажрибаси ҳам ўтказилган, масалан, электросаксафон. Аммо у электрогитарадек оммавийлашмаган.

Таъкидлаш жоизки, барча электрлаштирилган асбобларга тембрини ўзгартирувчи турли аппаратларни ўрнатиш одат бўлган. Булар **процессорлар**, **мультиэффекторлар**, **фазаайлантиргичлар** (фазовращатели) ва ҳоказолар.

Музикаий электрлашган асбоблар тарихига янги саҳифа бўлиб, ноанъанавий усул билан товуш ҳосил қилиш, электрон синтезнинг кириб келиши ёзилди.

Аксарият ҳолларда 3 та асосий услуб қўлланилади.

Тарихий қўшма (аддитив) услублар эртароқ вужудга келган. Инсон товушининг олиб ўтувчи синтез принципи анъанавий музика асбоблар ҳаракати принципига жуда яқиндир. Унинг моҳияти, тебраниш генераторининг яратилиши билан боғлиқ. Бу эса сигнални бой спектр билан ишлаб чиқаради. Бунда бирламчи сигнални яратиш, уни тузиш, ажратиш ёки пасайтириш амалга оширилади. Бундай операциялар оддий электрон схемаларида бажарилади. Маълум бир вақтгача электрон клавишали чолғуларнинг кўплари ушбу принцип бўйича қурилган бўлиб уларни аналог (узликсиз) синтезатор

лар деб атайдилар. Аддитив услуби шундан иборатки, керакли товуш мураккаб ва бои тембр билан алоҳида частоталар шаклланиш жараёни бўйича ўзгартиришларга бардош беради ва бу ҳар бир частотани шаклланиши ҳисобига рўй беради. *Частотали-модуляция* усуми бир неча генераторлар ёрдамида товуш олиш имконини беради. Кейинчалик олиб ўтиш услуби асосида нутқий (вонодер) синтез ишлаб чиқилди. Бунда нутқий интонация ҳоҳлаган асбобга ёки бошқа спектрли товушга ўтади. Лекин бу услубнинг энг тўғри тури истиқболли (перспектива) услуб, у «*иккинчи ўхшашлик синтези*», «*семплерлаш*» номи билан машҳур бўлиб қолган. Бу ерда товушли тебранишлар махсус дастур ёрдамида таҳлил қилинади.

Электрон муסיқа чолғуларини яратувчилар (аср давомида) имкон қадар ҳар хил тембрлар яратишга ҳаракат қилдилар. 1962 йилда *Bell* лаборатория компанияси тарафидан транзистор ва интеграл микросхемалар ишлаб чиқарила бошланди. Ихтирочиларда кичик ўлчовли мосламалар яратиш имконияти туғилди ва улар 5 та алоҳида шакл берадиган *генераторни* олишга сазовор бўлдилар. Булар: *синусоидал*, *тўғри бурчакли*, *аррасимон*, *пульсланган* ҳамда *учбурчак* шаклсимои сигналлардир.

Юқорида айтиб ўтилганлардан *тўғри тўртбурчак* шакли тўлқинни (Square wave) ҳосил қилиш энг осони ҳисобланиб, у кучланишни тез улаш ва ўчириш ҳисобига амалга оширилади. Чиқишда тоқ, яъни учинчи, бешинчи ва еттинчи гармоникалар пайдо бўлади.

Пульсланувчи тўлқин шакли (Pulse wave) бу тўғри бурчакли шаклнинг бир тури ҳисобланади. Фарқи шундаки, квадрат тўлқинни пайдо бўлишида кучланишнинг уланиши ва ўчирилиши бир хил қолади (50/50) ва тўлқинни пайдо қилишда улар вариацияланади. Бу эффе́кт ўзгарувчан чуқурлик деб юритилади. Кучланишнинг чиқишда пайдо бўлиши ёки йўқолиши товушни гармоник ташкил этувчисига боғлиқ.

Аррасимон кўринишдаги тўлқин (sawtooth wave) тоқ ва жуфт гармоникаларга бой ҳисобланади. Унинг эшитилиши зуммерни эслатади. Қоида бўйича экстремумлар қанчалик «ўткирроқ» бўлса (сигнал амплитудасининг юқори ва пастки нуқталари) товуш тўлқини шунчалик ёрқинроқ эшитилади.

Энг оддий синусоидал тўлқин (sine wave) фундаментал гармоникадан бошқасини ўз ичига олмайди. Бундай сигнал юмшоқ ва тоза синтез қилинган товуш ҳисобланади. Шундай оддий тўлқинлар частотаси қўшимча (аддитив) синтез қилишда бир-бирига қўшилади.

Учбурчак кўринишдаги тўлқин (triangle wave) синусоидал ва квадрат шаклдаги тўлқинлар йиғиндисидан ташкил топади. Синусоидалдан унга силлиқлик ва юмшоқлик товуши ҳамда бундан юқорироқ бўлган назарий гармоника тўпламлари тега-

ди. Шундай қилиб FM синтез усули патижавий сигнал олиш имконини беради.

## 16.2. Фильтрлар

Аналог (узлуксиз) сигналлар осцилятордан чиққандан кейин, уларнинг частоталари частота филтрлари ёрдамида қайта ишланади. Бу электрон схеманинг чиқиш параметрлари бошқарилувчи кучланишга пропорционал боғлиқ бўлади. Рақамли курилмаларда чиқиш позициясидан ташқари ҳоллардаги филтрлар хос дастурлар ёрдамида амалга оширилган. Уларнинг функцияларини махсус DSP микросхемаси (рақамли сигналларни қайта ишловчи процессор: Digital Signal Processor) бажаради. Шунингдек, VCF филтри (Voltage Controlled Filter кучланиш билан бошқарилувчи филтр) ёрдамида ўтказиш сифат кўрсаткичи турланади.

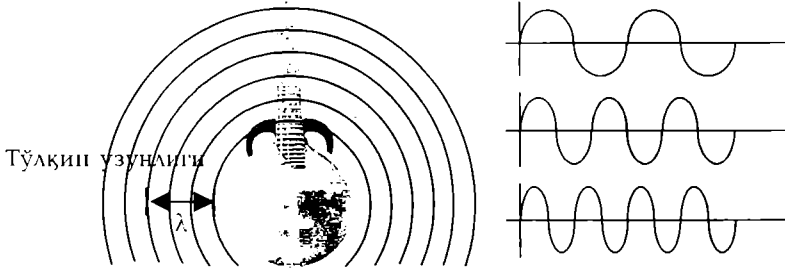
Ихтиёрий филтрнинг асосан иккита параметри бўлиб, улар: частота оралиғи (filter cutoff) ва резонанс (resonance)дир. Частота оралиғи синтезаторларда, баъзида, Гц ларда аниқланади, кўпинча эса логарифмик шкала бўйича ҳисобланади. Максимал қиймат ҳар доим филтрнинг очиқлигини кўрсатади. Резонанс филтрини деярли барча электрон мусиқий асбобларда учратиш мумкин.

Юқорида қайд этилган омиллар оддий ва яхши кўрсаткичларга эгаллиги сабабли мусиқачилар филтрли мусиқий асбоблар олишга интиладилар. Бу филтрлар, тескари алоқа воситасини ўтайди ва компьютер буйруқларининг маълум тўпланини танлашда ёрдам беради. Жумладан, синтез қилиш товушга резонанс ва жило беришда ҳам ишлатилади. Қизиқарлиси шундаки, филтр ўзи ҳам осциляторга ўхшаб ишлаши мумкин. Бу асосан тескари алоқани қийматига боғлиқ бўлади.

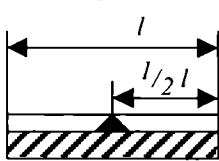
Ҳар хил филтрлар мавжуд бўлиб, булардан *Lowpass, high-pass, bandpass* ва *notch* ларни мисол қилиб келтириш мумкин. Булар синтезлашда энг кенг тарқалганларидан ҳисобланиб, аксарият ҳолларда айрим аналог синтезаторлар ва рақамли курилмаларда қўлланилади. Буларнинг ҳаммаси сигналлардан керакли частоталарни ажратиб олишда муҳим восита бўлиб хизмат қилади.

## 16.3. Товуш частотаси генераторлари

Биз биламизки, ҳар қандай мусиқий товушнинг баландлиги амплитудага эмас, балки унинг частотасига боғлиқ бўлади. Мусиқа асбобининг йўғон ва узун тори паст регистрдаги товушни беради. Бу тор ингичка ва калта торга нисбатан секин тебранади. Ингичка ва калта тор эса юқори товуш тонини беради.



Ҳар қандай товуш, шунингдек муסיқий товушлар ҳам ўзининг баландлиги билан характерланади. Муסיқий овоз баландлиги асосан шу товушни бераётган торнинг геометрик ўлчамига боғлиқ бўлади. Энг кўп тарқалган тебрантиргичларга рояль, пионино, ғижжак ва бошқа торли муסיқий асбоблар киради. Агар рояль ва пионино муסיқий асбобининг ички тuzилишига эътибор берилса, уларнинг юқори товуш берувчи торларининг бошқаларига нисбатан калта ва ингичка бўлишини кузатиш мумкин.



Шундай бир тажриба қилиб кўрамиз. Узунлиги 1 м бўлган ёғоч тахтага иккита мих қоқиб бу михларга лескадан (ёки бошқа материалдан тайёрланган тор) таранг қилиб тортилади (расмга қаранг). Торни секин суриб қўйиб юборинг. Сиз торни тебранаётганини кўрасиз ва товуш чиқараётганини

эшитасиз. Шу товушнинг баландлигини эслаб қолинг. Энди торни тенг ўртасини топиб, бу ерга қаттиқ материалдан тайёрланган, катта бўлмаган ёғоч харрак қўйиб, торнинг бир тарафини тебрантиринг. Бу торнинг бир тарафи берган товуш ҳам худди сиз эслаб қолган олдинги тажрибадагига ўхшаш, лекин тўла тор узунлигига нисбатан юқори баландликка эга. Сиз бу ерда геометрик ўлчамнинг икки мартага қисқарганини кўрдигиз ва натижада товуш баландлигининг ҳам икки мартага ошганининг гувоҳи бўлдингиз. Мана шу иккита товуш частотасининг оралиги октава деб юритилади.

Октавалар сонига қараб муסיқий асбобларнинг частота оралиқлари, одамлар ҳамда сайроқи қушлар овозлари фарқини англаш мумкин. Мисол учун пианинонинг овоз спектри 7 1|2 октава. Бу муסיқа асбоби клавиатурасининг ўрта қисми 49-расмда кўрсатилган.

The diagram shows a scale of notes within an octave. Above the notes are their frequencies in Russian: ДО 160г (РЕ бемоль), РЕ 177г (МИ бемоль), МИ 195г (СОЛЬ бемоль), СОЛЬ 212г (ЛЯ бемоль), ЛЯ 230г (СИ бемоль), СИ 248г, and ДО 266г. Below the notes, the first two notes (СИ ДО) are labeled 'Кичик октава' (small octave) and the last two notes (СИ ДО) are labeled 'Иккинчи октава' (second octave). A bracket labeled 'Биринчи октава' (first octave) spans from the first 'РЕ' note to the second 'СИ' note.

50-расм. Биринчи октава товушлари ва частота диапазони.

Бу музика асбоби ҳаммаси бўлиб еттита октавадан ортиқроқ овоз частотасининг диапазонини ўз ичига олади ва бу диапазон 25 Гц дан то 4000-4500 Гц гача бўлган оралиқни қамраб олади.

Товуш тўлқинлари босимнинг даврий тебранишининг ҳамда ҳаво бўшлиғи зичлигининг ўзгаришига сабабчи бўлади. Шунинг учун, музикаий тилга wave, waveform, wavesample, waveshare ва бошқа атамалари кириб келди. Товуш баландлиги деганда биз, авваламбор, эшитув ҳиссиётини назарда тутамиз. Бу ҳол асосий гармоника ёки асосий товушнинг тебраниш тезлиги билан боғлиқ. Аммо на табиатда ва на музикада оддий тебранишдап иборат товуш мавжуд эмас. Биз ҳар доим айнан кенг кўламли иш кўрамыз: Асосий гармоника + обертолар. Тебраниш амплитудалари аниқ математик ўзаро қонуниятларига эга. Айнан шу қонуниятлар товушларни бир-биридан фарқлайди, музика тилида эса ушбу сифат тембр деб аталади. Масалан, бир манбанинг амплитудаси тоқ гармоникадан иборат бўлса, иккинчисида жуфт бўлади. Биринчи манба тембр жиҳатдан бўғиқ эшитилади. Бунга ёрқин мисол тариқасида кларнет ва гобой чолғуларини келтириш мумкин. Тебраниш жараёнларини таҳлил этишда товуш сигналларининг стандарт ва графика услублари ҳам қўлланади.

Ҳар қандай сигнал ва қурилма бошқа сигналга ёки қурилмага таъсир этиб, дастлабки сигнални ўзгартиришига олиб келишини модулятор ёки модуляция қилинган сигнал дейиш мумкин. Буларсиз синтезаторларни тасаввур қилиш қийин. Эгилувчан частотали генератор (Envelope Generator)



айрим пайтларда гибрид синтезаторларда (DEG) қўлланилади. Бу ерда эгилувчанлик даражасида, асосан энгиллини жарасидаги умумий овоз баландиниңнинг ўзгариши назарда тутилади. Аналог синтезаторларида шундай электрон схемалардан иккитаси, рақамли қурилмаларда эса кўпроғи ишлатилади. Бодэ схема-сига асосан биринчи генератор, сигнал баландиниңни модуляция-лашда, иккинчиси эса фильтр частотаси оралиғини ажратиш учун хизмат қилади. Эгилувчан частота генератори графикда бир хил бўлмаган бошқариш сигналинини чиқаради ва бу график бир неча сегментларга: оддндан тутилган (delay), түтиш (decay), сақлаш (sustain) ва уни тиклаш (release) сегментларига бўлинади. Уларни белгилаш учун DADSR, ADSR ва бошқалар ишлатилади.

Оддий аналог синтезаторларда сегментларнинг (ADR) минимал сони учта, семплерларда эса максимал сони еттитагача (DAD1D2SIS2R) ишлатилади. Иккинчи усул модуляциялар асосан синтезаторларда учрайди. Кичик частотали модуляция (LFD) эса модуляция генератори ҳисобланади (Modulation generator MG) ёки оддий қилиб свип (sweep) генератори деб юритилади. Синтезаторларни иш блоки чиқиш кучайтиргичи ҳисобланади. Овоз баландиниңни бошқариш алоҳида потенциалометр ёрдамида бажарилади.

#### 16.4. Синтезатор ва семплерлар

Шуни эслатиб ўтиш жоизки, бир асрдан зиёдроқ вақтни ўз ичига олувчи электрон музикаий асбоблар такомиллашувининг тарихи жараёнида уларнинг яратувчилари тембрлар турли-туманлигини таъминлашга ҳаракат қилганлар.

Маълумки, электрон музикаий чолғулар ичида имконияти беқиёс даражада кенг саналадиган асбоб синтезатор ва семплер ҳисобланади. Бу музикаий технологиянинг юқори даражадаги мукамал натижаларидан саналади. Бугунги кунда, барча миллий чолғулар овозларини семплер хотираларида учратиш мумкин. Бу имконият ижодий жараёни анча эркин ва серкўлам бўлишига ёрдам беради. Аммо, мазкур ҳаракатнинг сурункали ва керагидан ортиқча қўлланилиши музикаий муқаддас қонуниятларнинг бузилишига ҳам сабаб бўлмоқда. Бу масала алоҳида таҳлилни талаб қилади. Қуйидаги мавзунимизда асосан синтезатор чолғуси тарихи ва семплер музикаий асбоблари ҳақида фикр юритилади.

Синтезаторлардаги осцилляторлар узликсиз чизмаларни ташкил қилиб овоз тўлқинларини ҳосил қилади. Бундан кўриниб турибдики, осциллятор сўзи анча эскириб қолган «товуш частотаси генератори» ўрнида ишлатилади. Осциллятор сўзи немис инженерини Харальд Бодэ тарафидан киритилган

эди. Унинг биринчи Warbo Orgel (1937) мусиқий асбоби Германия саноатида кўплаб ишлаб чиқарилади ва бу унга машҳурлик келтирди. Унинг ўша даврда яратилган мусиқий асбобининг айрим параметрлари ҳозирги замон электрон мусиқий қурилмалариникидан юқори дейиш мумкин. Бунга мисол қилиб, товуш динамикасини бошқаришни электрон эгилувчанлигини ҳосил қиладиган қурилмаларни келтириш мумкин.

Бодэнинг иккинчи қурилмаси, Melodium (1938) ҳам ўзининг яхши тарафлари билан ажралиб туради. Бу қурилма, клавиатурасининг сезгирлиги, созловчи қаршилиги ва педаль ёрдамида бошқариш имкониятлари билан оддингиларидан катта фарқ қилади. Бу тиниб-тинчимас инсон кўплаб мутахассислар ҳамкорлигида жуда кўп ҳар хил мусиқий асбобларни яратди. Америка компанияларини Бодэ ишларига талаблари юқори бўлганини ҳисобга олиб, у 1954 йили Америкага кўчиб борди ва у ерда ўзининг электропиано қурилмасининг янги русумини Wurlitzer компанияси учун ярата бошлади. Бодэ тарафидан яратилган технологиялар нчида эгилувчан частотали генераторлар (envelop generator) ва кичик частотали генераторлар (Low frequency) ни келтириш мумкин.

Товуш тембрини янада қизиқарлироқ чиқариш мақсадида, энг камида иккита осциллятор ишлатилган. Асосий товуш баландлигини, бошланғич баландлиги ва тўлқин шаклларини ихтиёрий танлаш бой тембрга бўлган товушни чиқариш имкониятини берди.

Ўша даврларда авангард мусиқасига қизиқиш ортиб, Пристондаги Колумб университетида МКII RCA синтезатори ўрнатилган эди. Пристон электрон мусиқа маркази билан истеъдодли мусиқачилар Отто Монинг, Владимир Усачевский, Милтон Баббит ва бошқалар ҳамкорлик қилдилар. Х.Бодэ ҳамиша замонавий мусиқа билан қизиқади ва тез-тез Колумб электрон мусиқа марказида бўлиб туради.

60-йиллар бошида техникада навбатдаги инқилоб юз беради. Ўша пайтда транзистор, сўнгра интеграл микросхемалар кашф этилади.

1961 йил AES журналида Х.Бодэнинг илмий мақоласи босилади. Мақолада модуль русумидаги синтезаторларнинг техник чизмаси ва ишлаш услуби ёритилади. Бодэ ҳамма электр схема тутунларини транзистор технологиясига амал қилган ҳолда тайёрлаш лозим деган фикрни олға суради. Мақоладаги ғоя Бодэнинг кўпчилик ҳамкасблари томонидан юқори баҳоланди. Бу ғоя Роберт Мут, Дональд Бучли ва бошқаларнинг синтезаторларида ўз аксини топди.

Замонавий микросхемаларнинг пайдо бўлиши ва уларнинг кўп амаларни бажариш имкониятлари ошиши эвазига, янги кичик ва ихчам товуш синтезаторларини яратиш имкониятига эга бўлинди. Рақамли ускуналарнинг яратилиши эса мусиқа оламида янги даврни бошлади ва булар асосида аналог

синтезаторларни бошқаришнинг электрон усуллари пайдо бўлди. Замон талабидан келиб чиққан ҳолда, қурилмаларни электрон воситаларга боғлаш стандарт инттерфейслар ёрдамида амалга оширила бошланди ва 1984 йили MIDI инттерфейси яратилди. Кейинроқ эса FM инттерфейслари (FM частота модуляция) усули ҳам яратилди. MIDI услуби ҳозирги замон шахсий ҳисоблаш машинасига боғланиш имкониятини юзага чиқарди ҳамда товушларга ишлов беришни машина зиммасига юклаш масаласини рўёбга чиқарди. Бу эса муסיқачилар учун қулай шароит ва имкониятларни очиб берди. Ёзиш амалларининг имконият кенглиги, хотирада сақлаш, товуш маълумотларини қайта ишлаш ва уларга ишлов бериш, уларнинг ҳудудий тармоқлар ёки бутун дунё Интернет алоқа канали бўйлаб эркин тарқалиши муסיқачи ёки композитор учун яхши имконият ва қулайликлар туғдиради. Ҳозирги кунда электрон муסיқа технологиялари (ёки электр муסיқа қурилмалар) замонавий муסיқа маданиятида ўзининг мустақкам ўрнини эгаллади. Айни пайтда, таниқли муסיқа арбоблари ҳам бу йўналишни яхши ва қулай тарафларини тушунган ҳолда, ўз ишларида самарали фойдаланиб келмоқдалар.

Замонавий муסיқа индустриясида синтезатор ва семплерлар энг кенг тарқалган муסיқий чолғулардир. Улар ёрдамида академик жанрдаги ҳамда оммавий муסיқалар яратилмоқда. Мақсад товуш синтезининг барча турларини ўрганиб чиқишдан иборатдир.

Муסיқий овоз режиссёри электрон муסיқий асбобларни худди акустик чолғулар ва айтимни бошқаришдек билиши зарур. Шуни алоҳида таъкидлаш жоизки, овоз режиссёри доимо атамашуносликдан ҳам хабардор бўлиши лозим.

### **16.5. Ҳозирги замон электрон муסיқа яратиш дастурлари ва улардан фойдаланиш**

Ҳозирги кунда шахсий компьютер билан жиҳозланган муסיқа студияларида аналог аппаратуралар (қурилмалар)нинг вазифасини мураккаб дастурлар бажармоқда. Уларнинг сермахсул ишлаши учун аудио имкониятига эга бўлган MIDI-секвенсер (Sakewalk Pro Audio, Cubase Audio), қаттиқ дискка кўп қаторли стереоёзувни киритиш дастури (SAW Plus, Sampletude) ва аудиофайлларни тўғрилайдиган дастурлар зарур бўлади. Аудио таҳрирлагичлар жуда кўп, улар асосан овоз ёзиб олишда ва овозни қайта ишлашда ишлатилади ҳамда улардан бирортасини танлаш, қўйиладиган мақсадга боғлиқ. Албатта, ҳар бир мутахассиснинг орзуси юқори маҳорат билан яратилган, қўйилган барча масалаларни юқори савияда ҳал қиладиган универсал дастурга эга бўлишидир.

Шундай дастурлар қаторига Sonic Foundry Inc. фирмаси томонидан яратилган Sound Forge дастурини ҳам киритиш

мумкин. Бу дастур асосан аудио сигналларни профессионал даражада қайта ишлашга мўлжалланган бўлиб, у ўзининг замонавийлиги ва кенг имкониятлари билан ажралаб-туради. Ундан аудиосигналларни қайта ишлаш, уни таниб бўлмайдиган даражада ўзгартириш ёки муסיқа асбобининг яхши ёзилмаган садоланишини таҳрирлаш (тўғрилаш)да кенг фойдаланилади. Sound Forge дастури деярли барча замонавий овоз эффеќтларини ва овоз ёзувини таҳрирлашнинг энг яхши воситаларини ўз ичига олади ва уларни кейинчалик семплерда ишлатишга имкон беради.

Қулай интерфейслар ва дастурдаги кўп сонали бошланғич ўрнатишлар мавжудлиги эвазига дастурдан унча юқори малакага эга бўлмаган мутахассислар ҳам, шу соҳани энди ўрганаётган ёшлар ҳам бемалол фойдаланишлари мумкин.

Компьютернинг аппарат ва дастур таъминотига боғлиқ равишда Sound Forge дастурининг 16 ва 32 разрядли версиялари мавжуд. Дастурнинг 16 разрядли 3.0 d версиясидан фойдаланилиш учун процессори камида Intel-80386 бўлган IBM компьютерларига эга бўлиш талаб қилинади. Албатта, камида 486DX процессорли компьютерлар бўлса, янада яхши. Бундан ташқари дастурни ўрнатиш учун қаттиқ дискда 5 Мб бўш жой мавжуд бўлиши, ҳамда оператив хотиранинг ҳажми 8 Мб дан кам бўлмаслиги талаб қилинади. Дастурнинг 32-разрядли версияси эса Windows 95/NT ва ундан юқори операцион тизимлар муҳитини талаб этади ва у 16 разрядли версиядаги дастурдан ўзининг тезкорлиги ҳамда кўпроқ имкониятларга эгаллиги билан фарқ қилади. Sound Forge дастури овозни раќамга айлантирувчи ҳамда Windows 95/NT учун драйверга эга ҳоҳлаган овоз платаси билан ҳам ишлай олади, мисол тариќасида Sound Blaster 16 ни келтириш мумкин. Бундан ташқари раќамга айлантирилган овоз билан ишлашда қаттиқ дискнинг етарли ҳажмдаги бўш жойга эга бўлиши ҳам талаб этилади, яъни компакт диск сифатига эга бўладиган бир минутлик стереоёзув учун 10 Мб жой зарур бўлади. Овозни сифатли ёзиб олиш ва уни эшитиш учун тезлиги юқори бўлган қаттиқ диск зарур бўлиб, унга ўртача етишиш ваќти 12 миллисекунддан ошмаслиги керак.

Дастур билан ишлашни унинг интерфейсини созлашдан бошлаган маъқул. Дастурдаги барча функцияларга бош меню орќали кириш мумкин, бироқ ишни тезлатиш ёки зарур функцияга етишиш ваќтини қисқартириш маќсадида мос пиктограмма тутмачалари жойлашган асбоблар панелидан ҳам фойдаланиш мумкин. Бошқа дастурлардаги сингари бирор тутмачани босиш, бош менюдан маълум буйруқни чаќириш билан эквивалент бўлади.

Экранда акс эттириладиган асбоблар панеллари бош менюдаги File/Preferences/Toolbars буйруғи ёрдамида белгиланади. У орќали экранга чиқариладиган дарчадан зарур асбоблар

панеллари ҳоҳ билан белгиланиб, уларни дастур ҳарчасишнинг маъқул ришларига жойлаштириш мумкин.

Аудиоёзув ва эшиттириш учун овоз платаси драйверини танлашда File/Preferences/Make буйруғидан, MIDI учун MIDI-кириш ва MIDI-чиқиш буйруқларидан фойдаланилади. Агарда Sound Forge дастурини ташқи MIDI қурилмаси ёки MIDI дан фойдаланиш имконини берувчи бошқа дастурлар билан биргаликда ишлатиш назарда тутилмаган бўлса, File/Preferences/MIDI/Sync буйруғи орқали соझашларни бажариш лозим бўлади.

Шунингдек, File/Preferences/Previews буйруғи ёрдамида қўлланиладиган овоз эффектларини олдиндан эшитиб кўриш вақтини ҳам ўрнатиш мумкин. Бу эса катта ҳажмдаги ахборотлар билан ишланганида овоз сигналига киритилаётган ўзгартириш натижасини, бутун файлга ишлов беришдан аввалроқ, баҳолашга имкон беради ва вақтни тежашга хизмат қилади. Шу билан минимал соझашларни тугатиб, дастур билан бево-сита ишлашга ўтиш мумкин.

Даставвал, овоз фрагментини ёзиб олиш ва унга энг кўп қўлланиладиган эффектлар билан ишлов бериб, аудиосигнал овоз спектрини бойитиш каби оддий масалани ҳал қилишни қараб чиқамиз. Бунинг учун, File/New буйруғидан ёки мос тугмачадан фойдаланиб янги файл очамиз. Ёзиш, эшиттириш ва файлнинг боши ва охирига силжитишни назорат қилиш, экраннинг юқори ўнг бурчагида жойлашган ҳамда оддий магнитофоннинг мос тугмачаларини эслатувчи бошқарув тугмачалари ёрдамида амалга оширилади. Овоз ёзиб олиш учун микрофон ёки бошқа ҳоҳлаган сигнал манбаи, масалан, магнитофон ёки овоз платасига уланган CD қурилмасидан фойдаланиш мумкин. Кириш сигнали баландлигини Sound Forge дастурига ўрнатилган микшер (Windows/Mixer) орқали, Windows орқали ёки овоз платаси билан биргаликда тақдим этиладиган восита ёрдамида ростлаш мумкин. Сўнгра, Special/Transport/Record буйруғи берилса ёки ёзув тугмачаси босилса, экранда мос ёрдамчи меню пайдо бўлади. Бу менюдан ёзиладиган файл формати: Mono/Stereo режимлари; Sample Size разрядлар сони; Sample Rate дискретлаш частотаси; ёзиш режими, яъни аввалги дублни кейингиси билан алмаштириш ёки дублларни кетма-кет ёзиш амаллари белгиланиши мумкин. Бу ерда кириш сигнали баландлигини ўзгартириш индикаторлари ҳам жойлашган. Файл форматини аввалроқ, Edit/Data Format меню пунктдан ҳам белгилаш мумкин. Бу ердаги Remote тугмачаси Sound Forge дастурида ёзиб олишни бошқа бирор дастурдан, масалан, MIDI-секвенсердан туриб бошқариш имконини беради. Ушбу ҳолда Sound Forge дастури секвенсер учун MIDI-аккомпанемент тариқасида бирорта ҳақиқий чолғу асбобининг аудиотрегини ёзиш учун имконият яратади. Овоз ёзиб олишни бошлаш учун Record тугмачасини,

ёзиб олишни тўхтатиш учун Stop тугмачасининг босилгани кифоя. Шундан сўнг, ёрдамчи менюни беркитиб, ёзиб олинган фонограммани таҳрирлашга киришни мумкин.

Фонограммани таҳрирлашда, авваламбор, файлнинг боши ва охирида мавжуд бўлган ортиқча пауза вақтларини олиб ташлаш зарур. Улар Record ёки Stop тугмачаларини босиб ва овозни қабул қилиб олишни бошлаш ёки тўхтатиш вақти оралиқларидаги фарқ натижасида пайдо бўлади. Бунда файлдан олиб ташланиши зарур бўлган қисм белгиланади ва Edit/Clear меню пункти ёки Delete тугмачасидан фойдаланилади. Файлни бирор соҳасини белгилаш худди матн муҳаррирларидаги каби амалга оширилади ва белгиланган қисм қора рангга бўялган ҳолда акс эттирилади. Стереоёзув файли билан ишланаётганида ҳар иккала каналдаги бирор қисмни белгилаш учун курсорни каналларни ажратувчи горизонтал чизиққа яқин қўйиш зарур бўлади, фақат битта каналга тегишли бўлган қисмни белгилаш учун эса курсорни ўнг каналнинг ўрта қисмидан пастроққа ёки чап каналнинг ўрта қисмидан юқори-роққа қўйиб белгиланиши бошлаш лозим бўлади.

Баъзи ҳолларда, айниқса ёзиб олинган трек бошқа бир дастур ёки MIDI-қурилмаси билан синхронизация қилинган бўлса, файл бошидаги пауза вақтини қолдириш мақсадга мувофиқ. Бунда қолдирилаётган пауза вақтида мавжуд бўлган шовқинларни йўқотиш керак бўлади. Бунинг учун ушбу қисм белгиланиб, Process/Mute тугмачаси босилади.

Агарда, сигнал товуш баланглиги бўйича кам ўзгарувчан бўлса, унинг баланглигини чегаралаб қўйиш мақсадга мувофиқ. Бу эса товушни кейинги ўзгартиришлар жараёнида содир бўлиши мумкин бўлган бузилишлардан сақлайди. Бунақа товушга мисол қилиб Distortion эффектига эга электрогитара садосини келтириш мумкин. Ушбу ҳолда Effects/Dynamics меню пунктдан фойдаланилади ва экранга чиқариладиган ёрдамчи менюдаги Limiter майдонига белги қўйилади ҳамда Name рўйхатидан 3 dB limiter варианты кўрсатилади. Сўнгра, ОК тугмачаси босилади.

Шуниси эътиборга молики, қўшимча созлашларни талаб қилувчи ихтиёрий овоз эффектига мурожаат қилинганда ишлаш учун қулай, эффектнинг ҳоҳлаган параметрларини ростлаш имконини берувчи ёрдамчи меню тақдим этилади. Баъзи ҳолларда, ўта мураккаб ростлашларни амалга ошириб ўтирмасдан, Name рўйхатида тақдим этиладиган бирорта белгилаб қўйилган ростлаш вариантини ҳам танлаш мумкин.

Баъзида товушга зарур тембр учун уни экволайзер орқали ўтказиш фойдадан ҳоли эмас. Sound Forge дастурида асосан икки русумдаги экволайзер мавжуд: параметрик (ёки Tools/Parametric EQ) ҳамда график (ёки Tools/Graphics EQ). Параметрик экволайзер танлаб олинган частота оралигини кучайтириш ёки сусайтириш имконини беради. Гра-

флик эквалайзер одатдаги аналог эквалайзер панелига ўхшаш, яъни 10-поҳосаги қилиб ишланган ва овозни нисбатан ашиқроқ назорат қилиш имконини беради.

Овозга янги ва янги жилдолар бериш мақсадида хорус (Chorus) эффектидан ҳам фойдаланилади. Бу эффект бир вақтнинг ўзида икки ва ундан ортиқ сигнал манбаларидан товуш тарқалаётганини сингари таассурот туғдиради. Ушбу ҳолат бошланғич сигналга унинг вақт бўйича кечиккан (100 миллисекундгача) ҳамда товуш баландлиги бўйича бир оз ўзгартирилган нусхасини қўшиш эвазига ҳосил қилинади. Товушга хорус киритиш учун Effects/Chorus меню пунктидан фойдаланилади. Бунда экранга чиқариладиган ёрдамчи меню бўйича бирорта белгилаб қўйилган ростлаш вариантыни танлаш ёки ўзимиз ҳохлаган ростлашларни киритишимиз мумкин. Ростлашлар қуйидаги параметрлар ёрдамида белгиланади: Input gain киришдаги сигнал баландлиги; Dry out чиқишдаги ишлов берилмаган сигнал баландлиги; Chorus out чиқишдаги ишлов берилган сигнал баландлиги; Delay ишлов берилган сигналнинг дастлабки сигналдан кечикиш вақти; Mod.rate ишлов берилувчи сигнал модуляциясининг частотаси; Mod. Depth модуляция чуқурлиги; Feedback ишлов берилган сигналнинг қанча қисмига қайта ишлов берилиши фоизларда кўрсатилади; Chorus size дастлабки сигнални эффект билан ишлов беришлар сони. Масалан, яккахон электрогитара учун, кўп ҳолларда параметрларнинг қуйидаги қийматлари қўл келади: 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. Эффектни бутун файл учун жорий этишдан аввал, унинг таъсири қандай бўлишини ёрдамчи менюдаги Preview тугмачасини босиб текшириб кўриш мумкин.

Кенг қўлланиладиган эффектлардан яна бири реверберация эффекти ҳисобланади. Бу эффект овозга "ҳажм" бериш ҳамда турли хилдаги иморатлар (концерт заллари, холлар, кичик ўлчамдаги хона ва бошқалар)нинг акустик шароитларини имитация қилиш учун ишлатилади. Замонавий муסיқий ёзувларнинг деярли барчасида реверберация эффекти мавжуд ёхуд ҳозирги кунда муסיқий ёзувда реверберациянинг борлиги эмас, балки йўқлигининг ўзи эффект сифатида қабул қилиниши мумкин. Реверберация эффекти дастлабки сигналнинг вақт бўйича кечикувчи бир неча нусхаларини ҳосил қилишга асосланади. Sound Forge дастури сигналнинг саккизта нусхаси билан ишлаш имконини бериб, ҳар бир нусха учун кечикиш вақти, амплитудаси ва стереоспектрда жойлашиш ўрнини кўрсатиш мумкин бўлади. Вақт бўйича кечиккан сигналлар тасаввур этилаётган бино деворларидан қайтган биринчи товуш тўлқинларини акс эттиради ва сўнгра Feedback, Mod. rate, Mod. depth ва Lowpass (юқори частоталар фильтри) параметрлари орқали қайта ўзгартиришлар билан садоланади.

Сигнални қайта ўзгартиришлар товушнинг минг-минглаб акс садоларини имитация қилишга хизмат қилади. Натижада, маълум муддат-давомида айни бир-акс садони эшитиш имко-нияти бўлмайди. Реверберация қилингандан сўнг товуш жуда табиий ва бойитилган ҳолда янграшига ишонч ҳосил қиламиз. Реверберация жуда мураккаб ишлов бериш алгоритмига асос-ланади. Шунинг учун, ушбу эффектнинг солашлари Sound Forge дастуридаги энг қийин солашлардан ҳисобланади. Бун-да, агарда белгилаб қўйилган солаш вариантларидан бирорта-сидан фойдаланилмайдиган бўлса, товушнинг керакли янгра-шига эришиш учун жуда кўп вақт сарфлаш мумкин. Ушбу эффект Effects/Reverb меню пункти ёрдамида қақрилади. Тақдим этиладиган ёрдамчи менюдан бирорта белгилаб қўйилган солаш вариантини танлаш ёки ростлаш параметрла-рини бевосита ўзгартириш билан шуғулланиш мумкин. Бунда Reverb менюсининг қуйи қисмида ростлаш жараёнини акс эттирувчи эхограммани кўриш мумкин бўлади.

Сўнгра, ёзиб олинган товуш файлига Delay/Echo (ушлаб туриш/акс садо (эхо)) эффектини ҳам қўллаш мумкин. Бу эф-фект Effects/Delay/Echo меню пункти орқали қақрилади. У акс садони имитация қилади ва эшитилаётган товуш, катта бинода, тоғда ёки аксинча, тор хонада таралаётгани каби таас-сурот уйғотади. Pseudo-Stereo деб номланувчи белгилаб қўйилган солаш варианты танланса жуда қизиқ натижага эришиш мумкин. Уни файлдаги стероканаллардан фақат бит-тасига жорий этиш лозим бўлади.

Айтиш лозимки, юқорида келтирилган уч эффект (Chorus, Reverb ва Delay/Echo) бир-бирига жуда яқин ҳисобланади, яъни улар дастлабки сигналнинг вақт бўйича кечиккан бир ёки бир неча нусхаларини ҳосил қилишга асосланади. Шунинг учун ушбу эффектларнинг барчасини бир файлнинг ўзида қўллаш мақсадга мувофиқ эмас. Кўпинча уларнинг биттаси ёки иккитаси, масалан, Chorus-Reverb вариантдан, фойдала-ниш етарли. Чунки, охир-оқибат овоз ёзуви турли акс садолар ва шовқинлар билан тўлиб-тошиб кетиши яхши эмас. Файлга ишлов беришда ҳар бир бажарилган ўзгартиришдан сўнг, ке-ракли натижага эришиш учун овоз ёзувини диққат билан эшитиб кўриш зарур бўлади.

Sound Forge дастурида мавжуд ишлов бериш воситалари ёрдамида файлнинг бошида товушнинг аста-секин баландлаша бориши ва файлнинг охирида унинг сўна бориши эффектла-рини жуда осонлик билан йўлга қўйиш мумкин. Товуш ба-ландлигининг аста-секин кўтарила бориши учун файлдаги ке-ракли қисми белгилаш ва Process/Fade/In меню пунктдан, аста-секин пасая бориши учун эса Process/Fade/Out меню пунктдан фойдаланиш kifоя. Process/Fade/Graphic меню пункти эса сигнал амплитудасини бутун файл бўйлаб ўзгарти-



риш учун асқотади. График тасвир кузатиш учун жуда қўлай бўлиб, бунда, албатта, ижод эркинлигига ҳам йўл очилади.

Юқорида баён этилган овоз эффектлари деярли барча товуш файлларига ишлов беринда қўлланилади. Булардан ташқари, Sound Forge дастурида бошқа кўплаб қизиқарли воситалар ҳам mavжуд. Улар жуда камдан-кам, оригинал ёки табиатда умуман mavжуд бўлмаган янги оҳанглارни ҳосил қилиш зарурати бўлган ҳоллардагина ишлатилиши мумкин. Бу эффектлар қаторига қуйидаги мақсадлар учун қўлланиладиган махсус эффектлар киради: Effects/Flange меню пункти сигнал тембрини ажойиб тарзда ўзгартириш учун; Process/Reverse меню пункти овоз ёзуви фрагментини охиридан бошига қараб эшиттириш учун; Effects/Pitch Bend меню пункти кўрсатилган эгри чизиқ бўйича товуш баландлигини ўзгартириш учун; Effects/Gap/er/Snip/er меню пункти овозни ўзгартириш, масалан, одам овозини робот овозига айлантириб эшиттириш учун; Effects/Amplitude Modulation меню пункти секин тремоло ёки турли овоз бузилишларига эришиш учун; Effects/Distortion меню пункти овоз кучайтиргичга тушаётган оғирликни имитация қилиш учун ва ҳоказо.

Sound Forge дастури бошқа кўплаб фойдали имкониятлардан ҳам ҳоли эмас. Масалан, қандайдир мусиқа асбоби партиясини ёзиб олаётганда, ижрода адашиш оқибатида биронта нотўғри нота тушиб қолиши мумкин. Партияни қайта ёзмасдан, уни таҳрирлаш имконияти дастурнинг Pitch change воситаси ёрдамида амалга оширилади. Бунинг учун овоз ёзуви тўлқинидан керакли фрагмент белгилаб олинади ва Effects/Pitch Change меню пунктига кирилади. Экранга чиқариладиган ёрдамчи менюдаги Preserve Duration (фрагмент узунлигини ўзгартирмаслик) майдонига белги қўйилиши, Semitones (полутонлар) ва Cents (центлар) майдонларидаги сон қийматларни ўзгартириб, нотўғри олинган нотани тўғрилаш ва ОК тугчасини босиб керакли овоз ёзувига эга бўлиш мумкин.

Овоз ёзуви фрагменти ижросини, унинг баландлигини ўзгартирмасдан, тезлатиш ёки секинлатиш имкониятини тақдим этилиши ҳам жуда фойдали ҳисобланади. Бунинг учун Process/Time Compress/Expand воситасидан фойдаланилади. Афсуски, дастур ёрдамида фонограммани 2 мартагача тезлатиш ва 1,5 мартагача секинлатиш мумкин бўлади.

Анча кенг қўлланиладиган ва фойдали эффектлардан яна бири Noise Gate (Effects|Noise Gate) эффекти ҳисобланади. У ижродаги тўхталишларда, асосий сигнал вақтинча тўхтатилидиган ҳоллардаги барча шовқинлардан халос бўлиш имконини беради. Ушбу эффект кўрсатиладиган даражадан паст амплитудага эга барча товуш ва шовқинларни овоз ёзувидан олиб ташлаш асосида ишлайди.

Дастур овоз ёзувини ҳосил қилиб, уни овозни сэмплерда ишлаатиш билан шуғулланувчилар учун ҳам катта қизиқиш уйғотади. Sound Forge дастурининг таркибиде- овоз ёзувининг вақт бўйича даврий қайтариладиган қисмларини яратини ва таҳрирлаш учун муалжалланган, Loop Tuner каби қулай воситалар ҳам мавжуд. Бунга ўхшаш техника қисқа узунликдаги товушни сэмплерда ҳоҳлаганча узоқ муҳдат эшиттирилшига эришишни таъминлайди. Loop Tuner билан таҳрирлашга киришишдан аввал сэмплнинг керакли қисмини сичқонча билан белгилаб олиш ва Special/Edit Sample бўйруғини қақариш лозим бўлади. Бу мақсадда горизонтал полосада сичқончанинг контекст менюсидан ҳам фойдаланиш мумкин. Бунда экранга чиқариладиган ёрдамчи менюда Sustaining ёки Sustaining with Release ҳамда Infinite Loop ёзув майдонларига белги қўйилади ва ОК тугмачаси босилади. Сўнгра, View/Loop Tuner бўйруғи берилиб, Loop Tuner воситаси ишга туширилади. Бунда экранда иккита иш дарчаси мавжуд бўлиб, уларнинг юқоридагисиде ёзиб олинган овоз ёзуви треги бутунича, пастдагисиде эса белгиланган қисмнинг бошланиши ва тугаши «уланадиган» жойнинг максимал катталаштирилган ҳолдаги тасвирлари акс эттирилган бўлади. Ушбу «уланиш» жойларини иложи борича бир-бири билан устма-уст тушишига эришиш муҳим ҳисобланади. Яъни, танланган қисм тўлқинининг охири (пастки дарчанинг чап қисмидаги тасвир), қисм боши тўлқинининг манتيқий давомии каби бўлиши зарур бўлади. Ушбу мақсадда даврий қайтарилишнинг боши ва охирини билдирувчи нуқталарни силжитиш учун муалжалланган назорат воситаларидан фойдаланилади. Мос тугмачани олдиндан босиб қўйиб, бир вақтнинг ўзида ҳар иккала нуқтани силжитиш ҳам мумкин. Жуда қисқа қисм (50 миллисекунддан кам) олинши ҳам тавсия этилмайди, чунки натижада овоз баландлиги ўзгариб кетиши мумкин. Ҳосил қилинган Loop қандай янграшини мос тугмачани босиб эшитиб кўриш мумкин. Тюнернинг энг яхши имкониятларидан бири Loop ни эшитиш пайтида ҳам унга таҳрирлар киритиш мумкинлигидир. Яъни, овоз ёзувиге бирон-бир ўзгартириш киритилса, бу ўзгартириш овоз ёзувиге қандай таъсир этганини дарҳол эшитиш мумкин. Бундай қулайлик барча дастурларда ҳам мавжуд эмас. Таҳрирланган файл сэмплерда қандай янграшини эшитиб кўриш учун юқори дарчанинг пастиде жойлашган мос тугмача босилади. Бажарилган ишнинг сифати фақат эшитиб кўриш орқали баҳоланади. Оҳангни эшиттирилишида овозда ҳеч қандай сакрашлар ва зарблар бўлмаслиги лозим.

Сэмплерга юклатиладиган овоз ёзуви сигнални бузилишига олиб келмайдиган максимал амплитудага эга бўлиши керак. Амплитудани ошириш учун нормаллаштириш амали - Process/Normalise бўйруғидан фойдаланилади.

Агарда қўлланилаётган сэмплер модели Sound Forge дастурида мавжуд бўлса, ҳосил қилинган овозни Tools/Sampler тугмачасини босиш эвазига сэмплерга юклаш мумкин.

Анча зун овоз файли билан ишланганида ёки каттароқ кўриш масштаби танланганида, ҳаракатни осонлаштириш учун дастурда қаралаётган тўлқин тебранишининг саккизтагача қисмларини сақлаш имконияти мавжуд. Бунинг учун файлни керакли қисми белгиланиши ва настки дарчадаги рақам тугмачаларидан бирининг босилиши кифоя. Сўнгра, ҳохлаган пайт, файлни керакли қисмига қайтиш зарурати туғилганда, унга мос келувчи рақам тугмачаси босилади.

Деярли барча эффектларни нафақат иккала канал учун биргаликда қўлламасдан, улардан фақат алоҳида олинган биттасига ҳам қўллаш мумкинлиги эътиборга сазовордир. Овоз файлининг ўнг ва чап каналларини бир хил эффект билан турли хил ростилашлар қилиб ишлов берилса, айрим ҳолларда, жуда қизиқ натижаларга эришилади. Бу, асосан, овозни вақт бўйича ушлаб қолиш ва реверберацияда яхши кузатилади. Чап ва ўнг каналлар учун умуман бир-биридан фарқ қилувчи эффектлар ҳам ишлатилиши мумкин. Охириги натижага файлга ишлов беришда қўлланилган эффектлар тўпламининг кетма-кетлиги ҳам сезиларли таъсир қилади, мисол учун, EQ-Chorus-Delay ёки Chorus-Delay-EQ.

Иш жараёнида сақлаш амалига эҳтиёткорлик билан ёндошиш талаб этилади, чунки Undo (бекор қилиш) амали бир поғонали бўлиб, бекор қилиш фақат энг охириги ўзгартириш учун кучга эга бўлади. Яъни, файлга ишлов беришда икки-уч қадам орқага қайтишнинг иложи йўқ ва ўша файлни қайтадан очиш керак бўлади. Шунинг учун, файлни бир неча оралиқ нусхаларини сақлаб бориш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Хулоса қилиб айтиш мумкинки, Sound Forge дастури жуда кўплаб функционал имкониятларга эга ва овоз ёзуви файлини яратиш ва таҳрирлаш учун фойдали восита бўлиши мумкин.

## Қўлланилган атамаларнинг қисқача луғати

Control voltage (CV)	назорат-қилинаётган кучланиш
Digital Controlled Oscillator (DCO)	рақамли осциллятор
Digital Signal Processor (DSP)	рақамли сигнал процессори
envelop generator	эгиловчан генератор
filter cutoff	частота оралиғи
FM	частота модуляция
low frequency (LFO)	кичик частота
Pulse wave	пульсланувчи тўлқин шакли
Resonance	резонанс
Sawtooth wave	аррасимон тўлқин шакли
Sine wave	синусоидал тўлқин шакли
Square wave	тўғри тўртбурчак тўлқин шакли
tringle wave	учбурчак кўринишли тўлқин
Voltage Controlled Filter (VCF)	кучланишни назорат қилиш фильтри
Voltage Controlled Oscillator (VCO)	кучланишни назорат қилиш осциллятори

## Адабиётлар

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. Учеб.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. 1990.
9. Калантаевский Ю.Ф. Радио-электроника. «Высшая школа».
10. Кошкин Н.И. и др. Справочник по элементарной физике. М. 1965.
11. Ломаносов В.Ю. и др. Электротехника. "Энергоатомиздат"
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. 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, Москва, «Наука», 1978.
18. Самойлов В.Ф., Маковеев В.Г. Импульсная техника. М., «Связь», 1971.
19. Справочник по интегральным микросхемам. Под ред. Б.В.Тарабрина. Москва, «Энергия», 1980.
20. Тарабрин Б.В. Справочник по интегральным микросхемам. М,1989.
21. Физика за рубежом. Пер. с англ. 1988.
22. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. Москва, «Наука», 1985.
23. Яковлев В.Н. Импульсные генераторы на транзисторах. Киев, «Техника», 1968.

АМИНЖОН АҲМАДЖОНОВ,  
МУХИДДИН ЗОКИРОВИЧ НОСИРОВ,  
АКБАР РАСУЛОВИЧ РЎЗИҚУЛОВ

## ФИЗИКА ВА ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

Ўқув қўлланма

Ўзбек тилида

Муҳаррир *М.Зокирова*  
Рассом *Н.Умуров*  
Компьютерда саҳифаловчи *А.Рўзиқулов*  
Нашр учун масъул *М.Пўлатов*

АБ № 5

Босишга 27.01.2004 й.да рухсат этилди. Бичими  $84 \times 108 \frac{1}{32}$

Шартли б.т 7,8. Нашр б.т. 5,0. Адади 500 нусха.  
Баҳоси шартнома асосида. Буюртма № 06-2004.

Ўзбекистон давлат консерваториясининг  
«Муסיқа» нашриёти, Тошкент, Абай кўчаси, 1.  
Нашр рақами № 05.

«Муסיқа» нашриётининг компьютер марказида  
тайёрланди.



