

**ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ  
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

---

Электроника, кафедраси

**РАДИОМАТЕРИАЛЛА  
ВА  
РАДИОКОМПОНЕНТЛАР**

5522000 – “Радиотехника” йўналишида таълим олаётган талабалар учун

*ўқув қўлланма*

*Тошкент – 2010*

Х.К. Арипов, Н.Б. Алимова, Х.Х. Бустанов, Ш.З. Таджибаев.  
**Радиоматериаллар ва радиокомпонентлар. Ўқув қўлланма.** Тошкент:  
ТАТУ, 2010, 80 б.

Тақризчилар: Т.Д. Раджабов, ЎзФА академиги, физика-математика  
фанлари доктори, профессор  
А.В. Каримов, физика-математика фанлари доктори,  
профессор

Мазкур ўқув қўлланмада радиоэлектрон аппаратураларнинг элемент базаси: резисторлар, конденсаторлар, индуктивлик ғалтаклари, трансформатор ва дросселлар, алмашлаб улагичлар, филтрларнинг таснифлари, асосий параметрлари ва характеристикалари, ҳозирги кунда жадал ривожланиб келаётган радиоэлемент - интеграл микросхемалар ҳамда янги авлод элемент базалари - юзага монтаж қилиш технологияси учун элементлар ва паст температурада керамика технологиялари ҳақида маълумотлар берилган.

Ўқув қўлланма олий ўқув юр்தларининг “Радиотехника” йўналишида таълим олаётган талабалар учун мўлжалланган.

© Тошкент ахборот технологиялари университети, 2010 й.

## КИРИШ

---

Маълумки, радионинг кашф этилиши фан ва техника ривожланишида янги даврни бошлаб берди. Замонавий радиотехниканинг аҳамияти радиоэшиттириш ва алоқа билан чегараланмайди, унинг негизида бошқа ёндош соҳалар ҳам ривожланмоқда. Ишлаб чиқариш, илмий ва кундалик ҳаётга ахборот технологиялари кундан кун кўпроқ кириб бормоқда, ахборот, қабул қилувчиларга маълумотлар янги усулларда – электрон почта, интернет ва ҳ.з. орқали етказилиши кузатилмоқда. Ахборотлар оқимини узатишнинг янги усуллари қўлланилмоқда, хусусан, ахборотларни оптик толали алоқа линиялари ҳамда сунъий йўлдошлар орқали тарқатиш долзарб масала бўлиб турибди.

Илгари радиотехника ривожланиши учун кўплаб катта деталлар ва қурилмалар керак бўлар эди. Улар кўпол, катта ҳажмга эга, оғир, етарлича ишончликка эга эмас, ишлаганда ва ишлаб чиқаришда катта ҳаражатлар талаб этар эди.

Техниканинг жадал ривожланиши натижасида янги йўналиш – микроэлектроника юзага келди. Микроэлектроника – электрониканинг замонавий йўналиши бўлиб, интеграл схемалар ва улар асосидаги радиоэлектрон қурилмаларни тадқиқ этиш, конструкциялаш ва ишлаб чиқаришни ўз ичига олади. Микроэлектрониканинг асосий вазифаси ишончлилиги ва такрорланувчанлиги юқори, арзон, кам энергия талаб қиладиган ва юқори функционал мураккабликка эга, микроминиатюр қурилмалар ҳосил қилишдан иборат. Электрон схемалардаги энергетик жараёнларни минимизациялаш асосидагина амалга ошириш мумкин. Масалани ҳал қилишнинг кўпгина усуллари мавжуд: детал ва элементлар ўлчамларини кичрайтириш; янги принциплар асосида ишлайдиган элементлар яратиш (ярим ўтказгичлар, актив диэлектриклар, ферритлар); элементларни рационал жойлаштириш; осма боғланишларни босма монтажлари билан алмаштириш (фотолитография, вакуумли пуркаш ва бошқа усуллар билан), элементларга бир хил шакл ва ўлчамлар бериш йўли билан (модуллар ва микромодуллар); пардали технология ёки яримўтказгич материал сиртини қайта ишлаш – қаттиқ схема ҳосил қилиш асосида элементлар, қисмлар ва яхлит (интеграл) схемалар яратиш.

# I БОБ РЕЗИСТОРЛАР

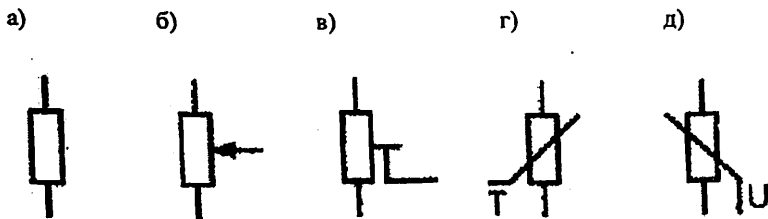
---

## 1.1. Таснифи ва конструкциялари

Резисторларнинг ишлаши материаллардан ўтаётган электр токига қаршилик қилиш хусусиятига асосланган.

Резисторлар вазифасига кўра умумий, прецизион, юқори частотали, юқори мегаомли, юқори вольтли ва махсус, ишлатилиш хусусиятларига кўра эса, температура ва намликка бардошли, вибрацияга ва зарбга чидамли, юқори даражада ишончли бўлиши мумкин.

Резисторлар қаршиликнинг ўзгариш характерига кўра ўзгармас ёки ўзгарувчан, шу жумладан, созланувчи бўлади (1.1–расм).



1.1 –расм. Резисторларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши: ўзгармас (а), ўзгарувчан (б), созланувчи (в), темистор (г) ва варистор (д).

Ўзгармас резисторлар радиоэлектрон аппарат (РЭА)ларни йиғишда, созлашда ва ишлатишда ўз қаршилигини ўзгартирмайди, ўзгарувчи ва созланувчи қаршиликли резисторларда эса мос равишда махсус мослама (бурама ёки червякли ўққа маҳкамланган контакт сурилгич)лари бўлади.

Интеграл микросхема (ИМС)лар резисторларини ясашда унинг геометрик ўлчамларининг кичиклиги сабабли мўлжалланган қаршиликни олиш имконияти бўлмайди. Шунинг учун механик усуллар билан ёки лазер нури ёрдамида геометрик ўлчамларини қискартириб, резистор қаршилиги талаб этилган номиналга келтирилади.

## 1.2. Резисторларнинг асосий параметрлари

Номинал қаршилик ( $R_{НОМ}$ ) ва унинг йўл қўйилган оғиши ( $\pm \partial R$ ). Резисторлар қаршилиги (Ом) умумий ҳолда қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$R = \rho l / S$$

бу ерда:  $\rho$  ва  $S$  – ток ўтказувчи элементнинг солиштирма электр қаршилиги (Ом·мм<sup>2</sup>/м) ва қўндаланг кесим юзаси (мм<sup>2</sup>);  $l$  – ток ўтиш йўлининг узунлиги (м).

Спиралсимон кесим ва кесимсиз, цилиндр шаклидаги сиртки резисторлар қаршилиги

$$R = \rho l / (\pi D_1 h); \quad (1.1)$$

$$R = \rho N \pi D_2 l / [(t - a)h], \quad (1.2)$$

бу ерда  $l$  – кесимсиз резистор цилиндри ясовчисининг узунлиги (м);  $h$  – ток ўтказувчи қатламнинг қалинлиги (мм);  $D_1$  ва  $D_2$  – керамик стерженларнинг ташқи диаметрлари (мос равишда мм ва м да);  $N$ ,  $t$  ва  $a$  – ўрамлар сони, спиралсимон кесим қадами ва эни (мм).

Тўғрибурчак шаклидаги ҳажмий резисторлар қаршилиги қуйидагича:

$$R = \rho l / (bc),$$

бу ерда:  $l$ ,  $b$  ва  $c$  – композицион стерженнинг узунлиги, эни ва баландлиги, мм.

Симли резисторлар қаршилиги:

$$R = 4\rho l \pi d^2$$

бу ерда  $l$  ва  $d$  – симнинг узунлиги, м, ва диаметри мм.

Ток ўтказувчи “тақа”ли симсиз ўзгарувчан резисторлар қаршилиги қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$R = \rho(r_1 - r_2)\pi\varphi / [(r_1 - r_2)h \cdot 360]$$

бу ерда:  $\rho$  – композициянинг солиштирма сиртки электр қаршилиги (Ом·см);  $r_1$  ва  $r_2$  – “тақа”нинг ташқи ва ички радиуслари (см);  $\varphi$  – ток ўтказувчи қатлам маълум узунлигига сурилгичнинг бурилиши тўғри келган бурчак (град).

Резисторнинг номинал қаршилиги ундаги тэмғада кўрсатилади. Кўп мақсадларга мўлжалланган резисторлар учун номинал қаршиликларнинг 6 катори мавжуд: E6, E12, E24, E48, E96 ва E192. Бундаги рақам шу

катордаги номинал қийматлар сонини кўрсатади. Бу қийматлар резистор қаршилиги ва номиналининг йўл қўйилган оғишига боғлиқ. Прецизион резисторлар қаршилигининг йўл қўйилган оғиши  $\pm 2\%$  дан кам, умумий ишларга мўлжалланган резисторларники  $\pm 5\%$ ;  $\pm 10\%$ ;  $\pm 20\%$ , ўзгарувчан резисторларники  $\pm 30\%$  гача бўлади.

**Номинал сочилувчи қувват ( $P_{ном}$ ).** Бу катталик резисторнинг ўз параметрларини белгиланган чегараларда сақланган ҳолда муайян ишлатиш шароитида узлуксиз электр юкламада узоқ вақт сочиб туриши мумкин бўлган максимал қувватни билдиради.

$P_{ном}$  (Вт) қийматлари 0,01; 0,025; 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 8; 10; 16; 25; 50; 75; 100; 160; 250; 500 каторидан танланади. Одатда, номинал сочилиш қуввати қанча катта бўлса, резисторлар ўлчами ҳам шунча катта бўлади.

**Чегаравий иш кучланиши ( $U_{чег}$ ).** Резисторнинг чиқиш симларига қўйилган электр параметрларини бузмайдиган максимал йўл қўйилган кучланиш чегаравий иш кучланиши дейилади. Бу катталик, одатда, нормал иш шароити учун берилган бўлиб, резистор узунлиги, спиратсимон кесим қадами, атроф – муҳит температураси ва босимига боғлиқ. Температура канчалик юқори ва атмосфера босими қанчалик паст бўлса, резисторнинг иссиқдан ёки электрдан бузилиш ва ишдан чиқиш эҳтимоли шунча катта бўлади.

**Қаршилиқнинг температура коэффиценти ( $KTK$ ).** Бу параметр резистор қаршилигининг атроф – муҳит температураси  $1^\circ\text{C}$  га ўзгаргандаги нисбий ўзгаришини кўрсатади ва  $1^\circ\text{C}$  ларда ифодаланади:

$$KTK = \Delta R / (R_0 \Delta t)$$

бу ерда:  $\Delta R$  – резистор қаршилиги (Ом) нинг  $^\circ\text{C}$  температура диапазолида абсолют ўзгариши;  $R_0$  – резисторнинг нормал температурадаги қаршилиги (Ом);  $t$  – резисторнинг чегаравий ишлатиш температураси ( $^\circ\text{C}$ ).

**Шовкинлар.** Резисторларга ўзгармас ёки ўзгарувчан кучланиш берилганда уларда шовкин пайдо бўлади. Бу шовкин резистор кучланишининг ўзгармас ҳолатига қўшилувчи ўзгарувчан ташкил этувчидан иборат. Натижада сигналнинг ўтишига халақит беради. Радио қабул қилгичларнинг кириш занжирларида ишлатиладиган резисторлар шовкинлари, айниқса, зарарлидир. Чунки улар қабул қилинаётган фойдали сигнал билан биргаликда қучайтирилади.

Резисторларнинг хусусий шовқини икки хил: иссиқлик ва ток шовқини бўлади. Иссиқлик шовқинлари электронларнинг, ток ўтказувчи қатламда тартибсиз ҳаракати (“Броун ҳаракати”) таъсирида пайдо бўлади. Бу ҳол резисторлар қаршилигининг тасодифий микроўзгаришларига олиб келади, натижада, резисторда кучланишнинг ўзгарувчан пульсацияси пайдо бўлади. Температура кўтарилиши билан иссиқлик шовқинлари ортади. Иссиқлик шовқинлари барча турдаги резисторларга хос бўлса – да, “ток” шовқинларига нисбатан камроқ таъсирга эга. Шунинг учун улар ток шовқинлари бўлмаган

симли резисторларда муҳим роль ўйнайди. Иссиқлик шовкинларининг электр ҳаракатлантирувчи кучи (мкВ) фуйидаги ифода билан аниқланади:

$$E_{..} = \sqrt{4kTR\Delta f}$$

бу ерда  $k$  – Больцман доимийси,  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Ж/град. га тенг;  $T$  – температура ( $^{\circ}\text{K}$ );  $R$  – қаршилик (Ом);  $\Delta f$  – қўлланаётган резисторнинг частоталар полосаси.

Ток шовкинлари углеродли, металл қопланган ва композицион резисторларда пайдо бўлади. Ток шовкинлари даражаси (мкВ/В) тасодифий ташкил этувчи  $E_{u..}$  қийматининг резисторга қўйилган ўзгармас  $U$  кучланишга нисбати билан белгиланади:  $D = E_{u..} / U$ .

Композицион резисторлар энг шовкинли хисобланади, шу сабабли улар қабул қилиш қурилмаларининг кириш занжирларида кам ишлатилади.

**Резисторларнинг ночизик хоссалари.** Резисторнинг қаршилиги, шунингдек, унинг иш режимига кўра (қўйилган кучланиши, ўтаётган ток, ўзгарувчан майдоннинг қандайлиги – узлуксиз ёки импульс тарзидалиги) ўзгариши мумкин. Бу ҳолларда қаршиликнинг ўзгариши кучланиш ёки ток бирлигининг фоизлари ҳисобида ёки кучланиш ёки токка ўтишда фақат фоизлар ҳисобида ёки узлуксиз ишлаш тартибидан импульс тарзида ишлашга ўтишда фоизлар ҳисобида ифодаланади ва тегишлича кучланиш, юклама коэффициентлари ёки импульс юклама коэффициенти орқали ифодаланади.

### 1.3. Умумий мақсадларда қўлланиладиган резисторлар

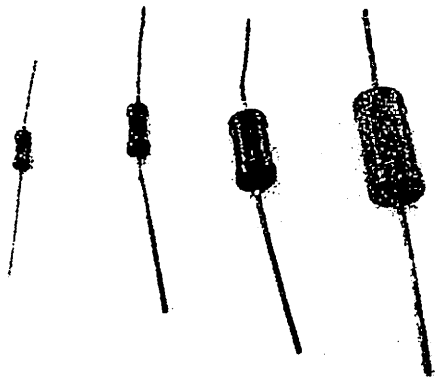
Умумий мақсадларда қўлланиладиган резисторлар ўртача аниқликдаги ( $5 \div 20\%$ ) аппаратлар элементлари сифатида ишлатилади ва қаршилигининг номинал қийматлари  $1 \text{ Ом} \div 10 \text{ МОм}$  бўлиб, юзлаб вольт оралиғидаги иш кучланишига,  $0,125 \div 2 \text{ Вт}$  ва ундан юқори номинал сочилиш қувватлари диапазонига, ўнлаб магагерцгача бўлган частота диапазонига,  $10^3 \cdot 1^{\circ}\text{C}$  тартибидаги ўртача  $KTK$  қийматига эга. Уларнинг қаршилиги ишлаш (саклаш) муддати охирида кўпи билан  $\pm 10\%$  га ўзгаради.

Шу гуруҳдаги резисторлар кенг миқёсда ишлатиладиган РЭАларда, аниқлигига, барқарорлигига ва юқори частоталигига катта талаблар қўйилмайдиган, махсус ишга мўлжалланган аппаратларнинг электр занжирларида ишлатилади.

**Ўзгармас резисторлар.** Саноатда ишлаб чиқариладиган жуда кўп турдаги резисторларнинг кўпчилиги умумий ишларга мўлжалланган ўзгармас резисторлардир. Уларнинг конструкцияларида ток ўтказувчи элементларнинг деярли барча турлари ишлатилади. Микрорезисторлар аппаратларда ишлатиладиган резисторлар кичик масса ва ўлчамга эга бўлиши лозимлигидан катта номинал сочилиш қувватига эга бўлган резисторлар аста – секин камаймоқда ва аксинча, милливатт қувватлардаги

резисторлар пайдо бўлмоқда. Шунинг назарда тутиб умумий ишларга мўлжалланган, номинал қуввати 2 Вт дан катта бўлмаган ўзгармас резисторларни кўриб чиқамиз. Шундай резисторлардан баъзилари 1.2-расмда кўрсатилган.

Углеродли резисторлар радиотехника ва электрон аппаратларнинг ўзгармас, ўзгарувчан ва импульс занжирлари учун мўлжалланган бўлиб, керамик цилиндрсимон стерженларга гектани термик буғлантириш йўли билан тайёрланади ва сиртки резисторлар турига киради. Уларнинг сиртига яшил рангли сув юқтирмайдиган эмал суркалади ва оддий ҳамда тропик иқлимга мослаштирилган ҳолда ишлаб чиқарилади. Уларнинг кўпчилиги 100 °С максимал ишчи температурага ва юклама коэффиценти, масалан, бирга тенг бўлганда, 40 °С ишчи температурага эга бўлади; тропик иқлимга мўлжалланганлари учун бу температуралар, мос равишда, 125 ва 70 °С га тенг бўлади.



1.2-расм. Умумий мақсадларда қўлланиладиган ўзгармас резисторлар.

Ушбу гуруҳ резисторлари частотаси анча юқори, чунки уларда ток ўтказувчи қатламнинг юпқалиги (микрометрнинг юздан бир бўлаклари) дан резба ўрамларида кичик паразит сиғим юзага келади. Бундан ташқари улар кичик ўлчамли ва барқарордирлар (уларда ҚТК ўртача ва доимо манфий). Металл пардалари резисторлар оддий ва тропик иқлимга мос ҳолда ишлаб чиқарилган бўлиб, иссиқликка ва намликка чидамли аппаратураларнинг ўзгармас, ўзгарувчан ва импульс тоқлари занжирлари учун мўлжалланган, юқори мустаҳкамликка эга ва кенг кўламда ҳамда махсус мақсадларда ишлатилувчи РЭАларда кенг қўлланилади. Бу резисторлар, нархлари нисбатан юқори бўлмаган ҳолда, углеродли ва композицион резисторларга караганда яхши электр параметрларга эга. Шу сабабли ҳам улар кенг қўлланилади.



Керамик стерженлар металл пардали резисторлар асоси бўлиб хизмат қилади. Стерженларга термик буглантириш йўли билан махсус қотишма, металллар ҳамда металл – диэлектриклар оксидларидан иборат юпка парда (қалинлиги  $0,1 \div 1$  мкм) копланеди. Резисторлар аксиал чиқиш учларига эга бўлиб, сиртлари сув юктирмайдиган, одатда, қизил рангли эмал билан копланган.

МЛТ, ОМЛТ, МТЕ ва С2 гуруҳлари металл пардали резисторларнинг асосий турларидир. Металлаштирилган МТ ва МТЕ резисторлари МЛТ ва ОМЛТ резисторларига нисбатан иссиққа чидамли бўлиб, бироз чўзиқ шаклга эга. Металл – оксиди С2–6 резисторлари  $+300$  °С температурагача бўлган шароитда ишлай олади, станат (қалай қотишмаси) толали С2–12 микрорезисторлар гибрид ИС ларда ишлатилади.

Узунлиги 3 ва 6 мм, эни 0,45 мм ва қалинлиги 0,8 ва 1 мм бўлган С3–3 композицион толали резисторлар ИМСлар асосига ўрнатишда ишлатилади.

С4 гуруҳдаги резисторлар тўғрибурчакли шаклга эга. Ҳажмий ток ўтказувчи катлам шиша – эмаль ёки шиша – керамик қобикка прессланган бўлади (1.2 – расмга қаранг). Бу резисторлар нисбатан кичик масса ва ўлчамга эга бўлиб, босма платаларда яхши жойлашади. Узунлиги  $13,5 \div 36,5$  мм, баландлиги  $4 \div 6$  мм ва эни  $2,2 \div 5$  мм бўлган С4–1 резисторлари энг иссиқбардош ( $350$  °С гача) дир.

**Симли резисторлар.** Симли резисторлар температурага нисбатан юқори барқарорликка ва термочидамликка эга. Бу резисторларнинг асосий камчилиги – қаршиликлари диапазонининг чекланганлиги (бир неча юз кОм ларгача) ва баҳоси нисбатан юқориликдир.

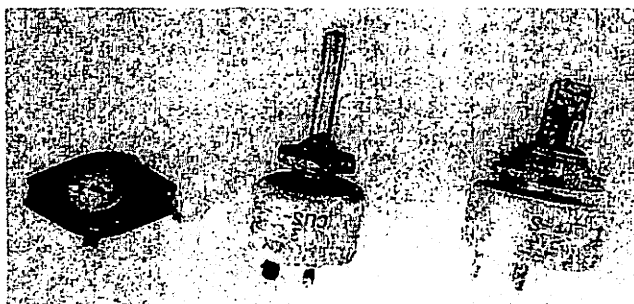
С5–35, С5–36, С5–37В резисторлари юқори сочилиш қувватига (100 Вт гача), катта массага (300 г гача) ва ўлчамларга эга бўлиб, куч қурилмалари (масалан, тўғрилагичлар) да ишлатилади.

С5–31 (микротолали, микрокичик) резисторлари микроэлектрон апаратурада, масалан, радио қабул трактларида, ҳисоблаш қурилмаларида қўлланилади ва бевосита ИМС лар асосларига ўрнатилади.

**Ўзгарувчан резисторлар.** Радиоэшиттириш ва телевизион апаратларда овоз баландлигини, тембрни, равшанликни, контрастликни, қаторлар ва кадрлар частотасини, телевизион тасвир ўлчамларини ростлагич сифатида ва бошқа мақсадларда умумий ишларга мўлжалланган ўзгарувчан резисторлардан фойдаланилади. Бундан ташқари бу резисторлар ишлаб чиқариш, тиббиёт ва бошқа махсус апаратларда ўтаётган ток ёки олинадиган кучланишга боғлиқ бўлган параметрларни ростлаш учун хизмат қилади. Барча ҳолларда улар апаратларни ишлатишда зарур бўлган ростлагич элементлар ролини бажарганлиги сабабли, улардан фойдаланишда қулай бўлишлик, қаршилиқнинг у ёки бу конун (чизикли, логарифмик, экспоненциал) бўйича бир текис ўзгариши, ишончли бўлиши ва тузатиш ишларида тез алмаштириладиган бўлиши талаб этилади. Умумий ишларга мўлжалланган ростловчи ўзгарувчан резисторлардан ташқари, кўплаб ишлаб чиқарилган радиоапаратларни созлаш ва ростлаш учун мосланувчи кичик ўлчамли резисторлар қўлланилади. Бу резисторлар, одатда, радиоапарат

қобигининг ичига ўрнатилади ва индуктивлик созланиб ва ростлангандан сўнг резисторлар ўқларининг ҳолати нитроэмал ёрдамида белгилаб (чеклаб) қўйилади. Шу йўл билан механик ва бошқа таъсирлар остида қаршилиқ ўзгаришининг олди олинади.

**Композицион симсиз ўзгарувчан резисторлар.** Бу резисторлар ўзига хос тузилишга эга. Бирок яқка ёки қўшалок конструкция, узгичли ва экранли ёки уларсиз, чиқиш учлари радиал ёки аксиал, бикр ёки эгилювчан, ўқи яқка ёки қўшалок, ўқи қотириб қўйгичли ёки қўйгичсиз каби қўшимча белгиларнинг хилма – хиллиги бу резисторларнинг шакли ўлчамлари ва массасига кўра хилма – хил бўлган кўп сондаги турларининг мавжудлигига сабаб бўлди (1.3–расм).



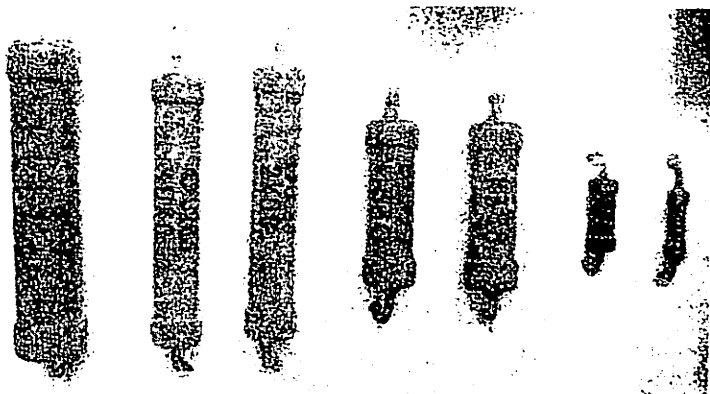
1.3–расм. Умумий мақсадларда қўлланиладиган ўзгарувчан симсиз резисторлар.

Кучсиз ва кучли қувватларда ишлашга мўлжалланган симли ўзгарувчан резисторлар РЭА ларни ишлатиш ва мослашда ростловчи ва созловчи элементлар сифатида ишлатилади.

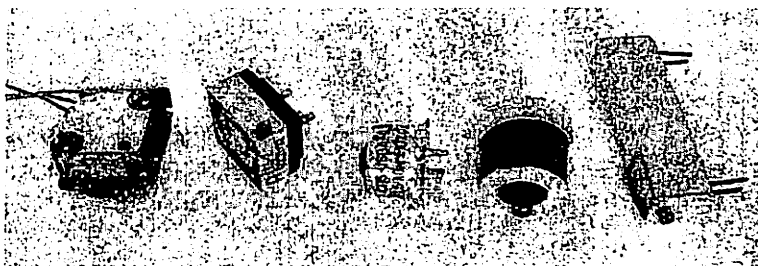
#### 1.4. Прецизион резисторлар

Юқори аниқлик ( $\pm 0,05 \div 5\%$ ) ва барқарорликка ( $KTK \approx 10^{-4} \cdot 1^\circ C$ ) эга бўлган резисторлар прецизион резисторлар ҳисобланади. Уларнинг номинал қаршилиги  $1 \text{ Ом} \div 1 \text{ МОм}$ , чегаравий ишчи кучланиши бир неча юз вольтдан ортиқ эмас, номинал сочилиш қуввати диапазони  $0,05 \div 2 \text{ Вт}$ , частота диапазони – бир неча мегагерцларгача, ишлаш муддатининг охиридаги қаршилиқ ўзгариши – бир неча фоиздир. Прецизион резисторлар аниқ ўлчов аппаратурасида ва махсус ишга мўлжалланган аппаратуранинг занжирларида, шунингдек, қаршилиқ магазинларининг элементлари сифатида, бўлгичлар ва юқори аниқликдаги шунтлар занжирларида ҳамда турли датчиклар ва схемалар юкламаси сифатида ишлатилади.

Прецизион резисторларнинг баъзи турлари 1.4– ва 1.5–расмларда тасвирланган.



1.4–расм. Прецизион резисторлар.



1.5–расм. Ўзгарувчан (созланувчан) прецизион резисторлар.

Прецизион резисторлар симли ва симсиз бўлиши мумкин. Иккала ҳолда ҳам уларнинг юқори аниқликда бўлишини таъминлаш учун берилган номинал қаршилиқда технологик тўғрилаш ишлари бажарилади. Биринчи ҳолда ўрамда ўрамлар сони ўзгартирилади, иккинчи ҳолда эса, ток ўтказувчи элемент ростланади (юстировка қилинади), масалан, каркасда қўшимча ўйиклар ўйилади. Прецизион резисторларнинг юқори барқарорлигини таъминлаш учун турли усуллардан фойдаланилади.

Прецизион резисторлар сифатида кўпинча симли резисторлар ишлатилади. Унинг сими кичик мусбат солиштирама қаршқлик температура коэффицентига эга бўлиб, эскириш жараёнида ўз хоссасини ўзгартирмайди ва атроф – муҳит таъсирига чидамлидир.

Нарҳининг баландлиги, ўлчамининг катталиги ва кўпинча чекланган частота диапазониغا эга бўлиши симли резисторларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Бироқ микрометаллургиянинг ривожланиши (шиша изоляцияли микросимларнинг олинishi) ўлчамлари прецизион симсиз резисторларнинг ўлчамларига яқин ва ҳатто улардан ҳам кичик бўлган симли резисторлар ишлаб чиқишга имкон берди. Қатор конструктив чоралар кўриш (қарама – қарши ўраш, қўшни ўраш, металл каркаслар қўллаш) натижасида симли резисторларнинг паразит индуктивлиги ва сиғими лозим бўлган минимумга келтирилиши ва шу йўл билан бу резисторларнинг мегагерц диапазонда ишлаши таъминланиши мумкин.

### 1.5. Юқори частота ва ўта юқори частоталарда ишловчи резисторлар

10 МГц дан юқори бўлган радиочастоталарда ўз қаршилиқларини деярли ўзгартирмайдиган резисторлар юқори частотали резисторлар ҳисобланади. Бундай резисторларнинг қаршилиги кичик ( $1 \div 100 \text{ Ом}$ ), аниқлиги  $\pm (5 \div 20)\%$  ва барқарорлиги ўртача ( $КТК 5 \cdot 10^{-4} 1^\circ\text{C}$ ) бўлади. Номинал сочилиш қуввати  $0,1 \div 200 \text{ Вт}$  оралиғида, ишчи қучланиши бир неча юз вольтдан ошмайди, қаршилиги эса, эскириш жараёнида  $5 \div 15\%$  дан ортик ўзгармайди. Юқори частотали резисторлар, одатда аппаратларнинг юқори ва ўта юқори частота йўлларини конструкциялашда мослаштирувчи юклама сифатида, шунингдек ўлчаш, қабул қилиш – узатиш ва радиолокация аппаратурасида ишлатилади.

Бу резисторларнинг асосий хоссаси юқори частоталигидир, бу хосса кесикнинг йўқлиги ва эмаль қопламасининг бўлмаслиги ҳисобида таъминланади. Кесик бўлмагани учун резисторда паразит сиғим юзага келмайди, шу сабабдан унинг қаршилиги частотага боглик бўлмайди. Чиқиш симларининг йўқлиги паразит индуктивликни минимумга келтиради. Бу ҳам резисторларнинг фойдаланиш частота диапазонини кенгайтиради ва ниҳоят, эмал копланининг бўлмаслиги диэлектрикнинг ток ўтказувчи қатламга бўлган шунтловчи таъсирини камайтиради ва ЎЮЧ диапазонда чекловчи омил бўлган сочиловчи қувватнинг резисторлар сиртидан иссиқлик тарқатишини яхшилайди. Юқори частотали резисторларнинг баъзи турлари 1.6 – расмда келтирилган.

ЎЮЧ резисторлари алоҳида гуруҳни ташкил этади ва 10 ГГц гача бўлган частоталарда ишлай олади. Бу резисторлар  $-60 \div +85$  ва ҳатто  $+125^\circ\text{C}$  гача температура диапазонида,  $7,5 \div 40 \text{ г}$  бўлган тебранишлар,  $35 \div 150 \text{ г}$  бўлган зарбаларда,  $666 \div 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$  бўлган паст атмосфера босимида ишлашга мўлжалланган.



1.6–расм. Юқори частотали, юқори омли, юқори вольтли ва махсус резисторлар.

### 1.6. Юқори омли ва юқори вольтли резисторлар

Юқори омли резисторлар бошқалардан номинал сочилиш кувватининг паст даражадалиги (ўнлаб милливатт ва ундан кичик тартибда) билан фарқ қилади. Уларнинг қаршилиги бир неча мегаомдан минглаб гигаомгача боради. Бу резисторларнинг аниқлиги  $\pm(5\div 30)\%$ ,  $КТК \approx 10^{-3}$ ,  $-1^\circ\text{C}$ , ишчи кучланиши бир неча юз вольт, ишлаш муддати охирида қаршилиқнинг ўзгариши  $10\div 30\%$ . Юқори мегаомли резисторлар ўлчаш РЭАларида (паст частотали анча кучсиз тоқларни ўлчашда, нурланиш дозиметрларда ва б.) ишлатилади.

Юқори вольтли резистор ўнлаб киловольт тартибдаги чегаравий иш кучланишига, бир неча юз килоомдан ўнлаб гигаомгача номинал қаршилиқка,  $10\div 20\%$  аниқликка эга,  $КТК \approx 10^{-3} \cdot 1^\circ\text{C}$  ва ишлаш муддати охирида қаршилиги  $10\div 25\%$  га ўзгариши мумкин. Номинал сочилиш қуввати бир неча ўн милливаттдан ўнлаб ваттгача боради. Бу резисторлар узатувчи ва бошқа РЭА ларнинг юқори вольтли занжирларида кучланиш бўлгичлар, кучланиш ютгичлар ва бошқалар сифатида ишлатилади.

Махсус ишларга мўлжалланган резисторларнинг ишлаш принципи (1.6–расм) қаршилиқнинг кўйилган кучланишга (варисторлар), ёруғликка (фоторезисторлар), температурага (терморезисторлар) ёки қувватга (термисторлар) қараб ўзгаришига асосланган. Улар одатда, ўлчагичлар, стабилизаторлар ва турли хил сигналларни электр сигналларига айлантиргичлар сифатида ишлатилади ва улардан автоматика ва телемеханика аппаратураларида, шунингдек, ўлчов ва индикатор РЭАларда фойдаланилади.

## 1.7. Интеграл микросхема резисторлари

Яримўтказгичли интеграл схемаларнинг барча элементлари (транзисторлар, диодлар, резисторлар ва конденсаторлар) кремний, арсенид галлийнинг *p-n* ўтишлари базасида эпитаксия ва диффузия усули билан яратилади. Яримўтказгичли схемалар резисторлари база соҳасида ҳосил қилинади ва уларнинг қаршилиги соҳа қаршилиги билан белгиланади ва 25 Ом дан бир неча килоомларгача бўлган ораликда бўлади. Резисторларнинг технологик аниқлиги  $\pm 30\%$  дан ошмайди,  $KTK=10^{-3}\cdot 1^\circ\text{C}$ .

Қалин пардали микросхема резисторларини литография усули – керамик асос (22ХС керамикаси) сиртига махсус трафарет орқали суртиш ва уларни куйдириш (қизиган керамика усули) йўли билан олинади.

Махсус ишларга мўлжалланган юпқа пардали микросхемалар микроэлектрон техникада кенг қўлланилмоқда. Улар асосида йирик гибрид интеграл схемалар яратилмоқда. Бунинг сабаби шундаки, юпқа пардали технология элементларнинг номинал қиймати чегараларини кенгайтиришга ва янада юқори аниқликка, барқарорликка ва ишончлиликка эришишга имкон беради.

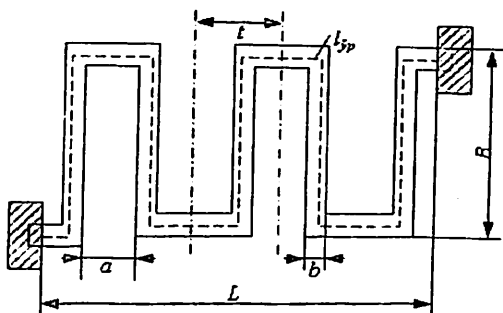
Резисторларнинг конфигурацияси маскаларнинг резистив қатлами топологияси (жойлаштирилиши ва ўлчамлари) орқали белгиланади. Ток ўтказувчи моддалар маскадаги “дарча” орқали пуркалади. Бунда вакуумда термик буглангиришдан ёки катод чанглатишдан фойдаланилади. Чанглатиш жараёни махсус вакуум қурилмаларида ўтказилади.

Маскалар металлдан қилинган ва фоторезистив бўлиши мумкин. Фоторезистив маскалар ажратиш қобилияти микрометрларни ташкил этадиган фотолитография усули билан олинади. Бироқ технологик ва аниқлик нуқтаи назаридан маскадаги “дарча”нинг минимал йўл қўйилган эни  $50\div 100$  мкм қилиб олинади. Резисторларга пуркаш учун МЛТ–3М қотишмаси, тантал, керметлар ва силицидлардан фойдаланилади.

Пуркаладиган материалнинг асосий параметри – унинг сирт квадратининг қаршилиги  $p_{\perp} = \rho_v / d$  ҳисобланади. Бу ерда:  $\rho_v$  – солиштирма ҳажмий қаршилик ( $\text{Ом}\cdot\text{см}^3$ ),  $d$  – пуркаб ўтказиладиган парда қалинлиги (см).

Юпқа пардали резисторларни ҳисоблашда  $KTK$  ва солиштирма сочилиш қуввати  $P_0$  ҳам муҳим параметр ҳисобланади.

Юпқа пардали резисторлар тасма ёки меандр шаклида (1.7–расм) бўлиши мумкин ва яримўтказгичларга нисбатан қатор афзалликларга эга: улар барқарорроқ ( $\pm 10^{-4}\cdot 1^\circ\text{C}$ ), жуда аниқ ишлайди ( $\pm 5\%$  гача) ва номинал қаршилик диапазони 100 кОм гача бўлиб, одатда, 50 Ом $\div$ 50 кОм ораликда чегараланган.



1.7–расм. “Меандр” туридаги юпқа парадали резистор геометрияси:  
 $l_{урт}$  ва  $b$  – резисторнинг ўртача узунлиги ва кенглиги;  $l$ ,  $a$ ,  $L$  ва  $B$  – меандрнинг қадами, звенолари орасидаги масофа, узунлиги ва кенглиги.

### Назорат саволлари

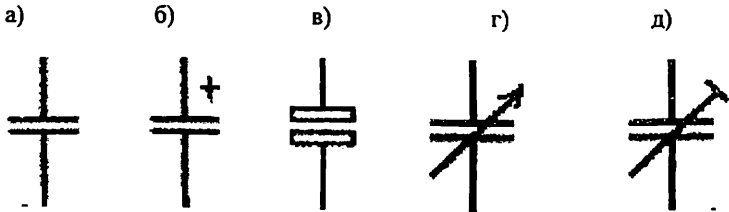
1. Резисторларнинг таъфини айтиб беринг ва уларнинг одатдаги тузилишларини тushунтиринг.
2. Резисторлар қандай асосий хусусиятлар ва параметрлар билан характерланади?
3. Умумий шиларга мўлжалланган ўзгармас ва ўзгарувчан резисторларнинг қандай турларини биласиз?
4. Прецизион резисторларнинг қандай турлари ва ўзига хос тузилишлари ва тайёрлаш технологияларини биласиз?
5. Юқори частотали, юқори омли ва юқори вольтли резисторларнинг қандай турларини ва тузилишларини биласиз?
6. Интеграл микросхемаларни тайёрлашда материал ва технология қандай танланади?

## II БОБ КОНДЕНСАТОРЛАР

### 2.1. Таснифи ва конструкциялари

Конденсаторларнинг ишлаш принципи қопламаларига потенциаллар фарқи берилганда уларда электр заряд тўпланиш хусусиятига асосланади.

Вазифасига кўра конденсаторлар контурли, блокировка килувчи, ажратуви, филтрли, термокомпенсацияловчи ва созловчи; сифимининг ўзгариши характериға караб эса, ўзгармас, ўзгарувчан ва ярим ўзгарувчан бўлади (2.1–расм).



2.1–расм. Конденсаторларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши: ўзгармас (а), кутли(б), кутбсиз (в), ўзгарувчан (г) ва созловчи (д).

Диэлектрик материалга кўра конденсаторлар уч турга бўлинади: газсимон, суюқ ва каттик диэлектрикли. Биринчи турга ўзгарувчан ва ярим ўзгарувчан хаво конденсаторлари ва газ тўлдирилган ўзгармас конденсаторлар, иккинчи турга эса, радиоаппаратурада чекланган ҳолда ишлатилувчи мой тўлдирилган ва синтетик суюкликли конденсаторлар киради.

Конденсаторлар диэлектриklarининг материали уларнинг электрик, конструктив ва технологик кўрсаткичлари юқори бўлишлигини таъминлаши керак (номинал сифимларининг кенг диапозони, шунингдек частота ва температура жиҳатдан қўлланиш соҳалари, электрга чидамлилиқ, массаси ва ўлчами кичик бўлиши, юқори ишончилиги, тайёрлашда автоматлаштириш имконияти ва оммавий ишлаб чиқаришда нархининг паст бўлиши). Слюдали, шишали ва шиша–керамик конденсаторлар ишончсизрок ва уларни тайёрлашни автоматлаштириш деярли мумкин эмас, қоғозли ва металл–қоғозлилари пардалига қараганда парток частотали бўлиб, ўлчами ва массаси электролитик ва оксид–яримўтказгичлиликка қараганда катта. Шунинг учун ҳозирги замон ишлаб чиқаришида, асосан, керамик пардали, электролитик ва оксид–яримўтказгичли конденсаторлар тайёрланади.



## 2.2. Конденсаторларнинг асосий параметрлари

Барча турдаги конденсаторларнинг асосий параметрлари – номинал сиғим, аниқлик синфи, сиғимнинг температура коэффиценти, номинал ишчи қучланиш, изоляция қаршилиги, частота характеристикалари, ўзгарувчан ва ярим ўзгарувчан конденсаторлар учун эса, бундан ташқари сиғимнинг айланиш бурчагига кўра ўзгариш қонуни ва унинг диапазонидан иборат.

Конденсаторнинг сиғими ( $C$ ) умумий ҳолда қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$C = Q \cdot U$$

бу ерда:  $Q$  – қопламаларда йиғилган электр заряди (Кл);  $U$  – қопламалардаги қучланиш (В).

Ясси электродли конденсаторлар сиғими (пФ)  $C = 0,0884 (\epsilon S / d)$ , бу ерда:  $\epsilon$  – диэлектрикнинг нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги;  $S$  – қопламалар юзаси (см<sup>2</sup>);  $d$  – диэлектрикнинг қалинлиги (см).

Найчасимон конденсаторлар сиғими (пФ) қуйидагича ифодаланади:

$$C = 0,241 \cdot \frac{\epsilon l}{\lg \frac{D_2}{D_1}},$$

бу ерда:  $l$  – қопламаларнинг цилиндрсимон ясовчиси бўйича узунлиги (см);  $D_1$  ва  $D_2$  – найчанинг ташки ва ички диаметри (см).

Найчанинг қалинлиги  $\Delta = D_1 - D_2$  бўлса, у ҳолда,

$$C = 0,241 \cdot \frac{\epsilon l}{\lg \left( 1 - \frac{\Delta}{D_1} \right)}.$$

Рулон кўринишидаги конденсаторлар сиғими (пФ) қуйидагича ифодаланади:

$$C = 0,1768 \cdot \frac{\epsilon b l}{d},$$

бу ерда:  $b$  ва  $l$  – тасмага суртилган қопламанинг эни ва узунлиги (см).

Ҳажмий – ғовак анодли конденсаторларнинг сиғимини ясси электродли конденсаторлар сиғими каби ҳисоблаш мумкин. Бунда қоплама юзаси  $S$  – деб ясси цилиндрсимон сирти юзасидан 40÷50 марта катта бўлган ғовак аноднинг тўла самарали майдони тушунилади, диэлектрикнинг қалинлиги  $d$  учун эса, оксидланган юпка тангал пардасининг қалинлиги олинади. Конденсатор сифатининг муҳим характеристикаларидан бири солиштирма сиғим (конденсаторнинг ҳажми  $V$  га нисбатан олинган сиғим пФ/см<sup>3</sup>)  $C_{с\text{ол}} = c / v$  ҳисобланади.

Кичик ўлчамли ёки жажожи конденсаторлар юқори солиштирма сигимга эга бўлсалар—да, уларнинг номинал иш кучланишлари, одатда, нисбатан паст бўлади. Қоғозли ва электролитик конденсаторларнинг солиштирма сигимлари энг юқори бўлиб, сигимларини диэлектрик қалинлиги камайтириб (қоғозлилариники 5 мкмгача, электролитиклариники эса мкмнинг юздан бир бўлакларигача) ва ўрашда қоплама юзасини катталаштириб янада ошириш мумкин.

Конденсаторларнинг кўпчилик гуруҳини асосий аниқлик даражаси учун номинал сигимлар қатори мавжуд: I синф ( $\pm 5\%$ ) – E24 қатори; II синф ( $\pm 10\%$ ) – E12 қатори; III синф ( $\pm 20\%$ ) – E6 қатори (ҳарфдан кейинги рақам сигим қийматлари градацияси (зичлиги) сонини кўрсатади. Бу қийматлар  $10^0$  га кўпайтирилиши мумкин, бу ерда  $n$  – бутун мусбат ёки манфий сон.

Электролитик конденсаторларнинг номинал сигимлари 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 500; 1000; 2000; 5000 қаторидан танланади. Тўғри бурчакли қобиклардаги қоғоз ва юпка пардали диэлектрикли конденсаторларнинг номинал сигими (0,1 мкФ ва ундан юқори) қуйидаги қийматлар қаторига эга: 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10; 20; 40; 60; 80; 200; 400; 600; 800; 1000.

Блокировка килувчи ва ажратувчи конденсаторларни, одатда, I ва II синфлар бўйича контурга оидларини – 1,0 ( $\pm 2\%$ ), 0,5 ( $\pm 1\%$ ) ва хатто юқори даража ( $\pm 0,5\%$ ) бўйича танланади, филтёрловчилари эса  $-50 \div +80\%$  бўлган параметр тарқоклигига эга.

**Сигимнинг температура коэффиенти (СТК).** Бу параметр конденсаторнинг температура, эскириш, намлик, фон нурланиши ва бошқалар каби барқарорликни бузувчи омиллар таъсирида ўзгариши билан белгиланади. Температура энг катта таъсир кўрсатади. Унинг сигими катта бўлмаган конденсаторларнинг сигимига таъсири сигимнинг температура коэффиенти ( $1/^\circ\text{C}$ ) билан баҳоланади:

$$СТК = \Delta C / (C_0 \Delta t)$$

бу ерда:  $C_0$  – конденсаторнинг нормал температурадаги сигими (пФ);  $\Delta C$  – сигимнинг температура  $\Delta t$  га ўзгаргандаги четланиши ( $^\circ\text{C}$ ).

Кўпчилик конденсаторлар учун температуранинг ишчи диапазонларида СТК нинг ўзгармаслиги кузатилади, яъни сигимнинг температурага боғлиқлиги чизикли конунга яқин экан. Бу ҳол, айниқса, юқори частотали керамик конденсаторларга ҳосил. Уларда СТК ҳарф (П–плюс, М–минус, МПО–нол) ва КТК нинг  $10^{-6} \cdot 1^\circ / \text{C}$  га кўпайтирилган қийматини кўрсатувчи рақамлар билан белгиланади.

Катта сигимли паст частотали конденсаторлар (қоғоз, юпка парда, электролит ва оксид–ярим ўтказгичли) сигимнинг температурага қараб ўзгариш конуни, одатда, нўчизиклидир. Шунинг учун бу конденсаторларнинг температурани охириги қийматларидаги сигимнинг чегаравий четланишлари билан фоизларда баҳоланувчи температура

барқарорлиги юқори частотали конденсаторларникига караганда анча пастдир.

Конденсаторларнинг электрга чидамлилиги номинал ва синов кучланиши, шунингдек хаддан ташқари кучланиш билан тавсифланади. Конденсатор техник ҳужжатларда кўрсатилган шароитда, минимал ишлаш муддатида мумкин бўлган максимал кучланиш, номинал кучланиш ҳисобланади. Синов кучланиши номиналдан юқори бўлиб, конденсаторнинг электрга чидамлилигини текширишга хизмат қилади. Хаддан ташқари кучланиш ҳам номиналдан катта, конденсаторнинг чиқиш симларига қисқа муддатга берилиши мумкин.

Конденсаторлар изоляциясининг қаршилиги адсорбция токи ва намликнинг сиртдаги диссоциацияси оқибатида пайдо бўладиган сизилиш тоқлари билан белгиланади. Изоляция қаршилиги температура ва атроф-муҳитнинг намлигига боғлиқ. Шунинг учун конденсаторнинг барқарор ишлашини ҳамда изоляция қаршилигини ошириш учун конденсаторлар герметик қилиб ишланади. Керамик, слюдали ва юпка пардали конденсаторларнинг изоляция қаршилиги  $10^4 \div 10^5$  МОм, қоғозли ва металл – қоғозлиларники  $10^7 \div 10^8$  МОм ни ташкил этади. Электролитик конденсаторларда сизилиш тоқлари анча юқори (миллиампернинг улуши) бўлади.

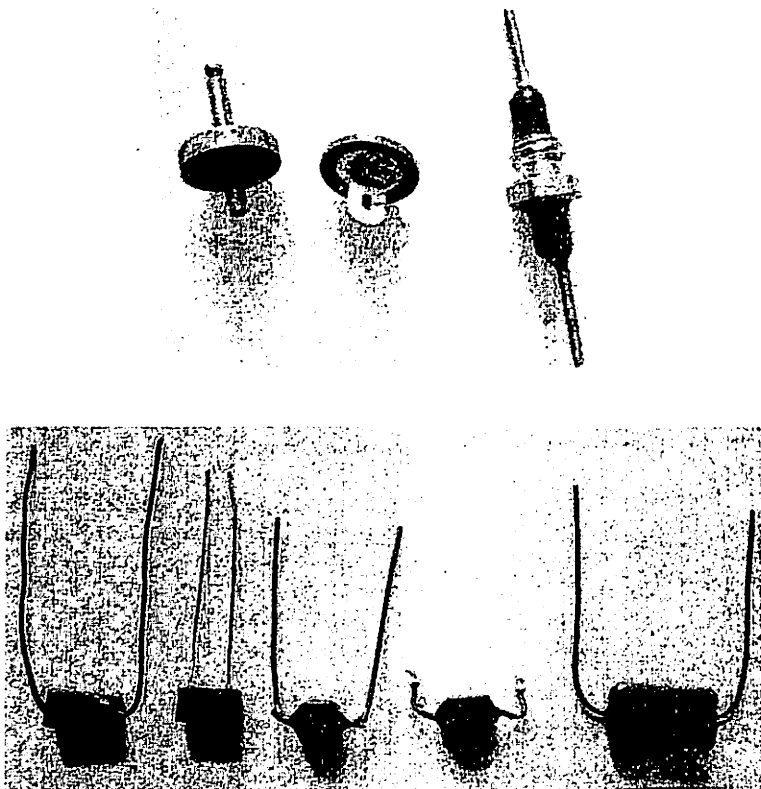
Конденсаторларнинг частотавий хоссалари паразит индуктивлик ва актив сарфланишлар билан тавсифланади. Кўпгина конденсаторларнинг паразит индуктивлиги чиқиш учлари конструкциясига, шунингдек, рулон кўринишидаги конденсаторлар қопламалари орасидаги ўзаро индукцияга боғлиқ. Учлар қанчалик йўғон ва калта бўлса, паразит индуктивлик шунчалик кам бўлади.

### 2.3. Ўзгармас сизимли юқори частотали конденсаторлар

Юқори частотали конденсаторлар (керамик, слюдали, шиша–эмаль, шиша–керамика ва шиша) кичик паразит индуктивликка эга ва уларда диэлектрикдаги сарфланишлар анча кам, барқарорлиги ( $10^{-5}$   $1^\circ\text{C}$ ) ва аниқлиги ( $\pm 2\%$  гача) юқори бўлиб, етарлича температура бардошликка, кичик ўлчам ва массага эга.

Юқори частотали конденсаторлар ўта юқори, юқори ва оралик частота генераторлари ва кучайтиргичлари схемаларида ишлатилади. Юқори частотали конденсаторларнинг энг аниқлари ва барқарорлари юқори частота занжирларининг контурларида, қолганлари эса ажратувчи, филтрловчи ва термокомпенсацияловчи конденсаторлар сифатида ишлатилади. Юқори частотали конденсаторларнинг номинал сизими бир бирликдан – юзлаб пикофарадани ташкил этади, баъзилариники 1 мкФ гача бориши мумкин, шунинг учун улар юқори ва паст частоталар бўйича ажратувчи, хатто филтрловчилар сифатида ишлатилади (масалан, КМ, КЛГ, КЛС). Юқори

частотали конденсаторлар баъзиларининг тузилишлари 2.2–расмда келтирилган.



2.2–расм. Юқори частотали конденсаторлар.

Керамик куйма герметикланган ва секцияларга бўлинган конденсаторлар (КЛГ ва КЛС) катта номинал сиғимга ва нисбатан кичик ўлчамга ( $4 \times 5 \times (4+10)$  мм) эга. Термобарқарор керамикадан ишланувчи конденсаторлар, одатда, кичик сиғимга ва юқори аниқликка ( $\pm 2\%$ ;  $+5\%$ ), сегнетокерамикадан тайёрланганлари эса, барқарорлиги ва аниқлиги паст бўлса–да ( $-20 \div +80\%$ ), энг катта сиғимга эга бўлади.

Дисксимон керамик конденсаторлар (КДУ ва КДО) аппаратуранинг юқори частотали занжирида контур, ажратувчи ва филтрловчи (таянч) конденсаторлар сифатида ишлатилади.

**Керамик, найчасимон конденсаторлар (КТ, КТ-1Е ва КТ-2Е)** юкори аниқлик, барқарорлик ва ишончилиikka эга бўлиб, кўпинча контурларда ишлатилади, ўлчами  $(3,5\div 7)\times(10\div 50)$  мм ва чиқиш учлари – радиал, эгиловчан симга эга.

**Керамик найчасимон ўтиш ва таянч конденсаторлари (КТП ва КО) 750 В** гача бўлган кучланишда филтёрловчи сифатида ишлатилади, апаратура шассисига металл резьбали гардиш ёрдамида бураб ўрнатилади. Керамик юкори вольтли импульсли конденсаторлар  $5 \div 15$  кВ бўлган кучланиш занжирларида, телевизион кабул қилгичларнинг юкори вольтли тўғрилагичларида қўлланилади.

**Керамик жажжи конденсаторлар (К10)** дан микросхемалар ва микройигилмаларнинг компонентлари сифатида фойдаланади.

**Слюдали прессланган конденсаторлар (КСОТ ва К21У-3Е)** турлича бўлиб, ўлчамлари, массалари, чиқиш учлари (симли, тасмали, резьбали) билан фарқ қилади ва юкори частота занжирларида контурга оид ва ажратувчи сифатида ишлатилади. Бу конденсаторлар барқарорлигига кўра тўрт гуруҳга бўлинади, қобикда А, Б, В ва Г харфлари билан белгиланади. Г гуруҳдаги конденсаторлар (металл копламали) энг барқароридир, чунки СТК асосан, фольганинг эмас, балки диэлектрик (слюда) нинг термик кенгайиш коэффиценти билан белгиланади.

Конденсаторларга церезин шимдирилади ва термореактив пластмасса билан прессланади.

**Шиша конденсаторлар (К21-7)** юкори частота, шунингдек импульс курилмаларида ишлашга мўлжалланган бўлиб, тропик шароитга мослаб ишлаб чиқарилади ва босма платаларга ўрнатилади.

**Шиша-керамика конденсаторлар (К22-4)** герметикланган микросхемаларда ишлатилади.

## **2.4. Ўзгармас сигимли паст частотали конденсаторлар**

Паст частотали ўзгармас, пульсланувчи ва ўзгарувчан ток занжирларида филтёрловчи, блокировка қилувчи ва ажратувчи конденсаторлар сифатида катта номинал сигимли конденсаторлар ишлатилади. Қоғозли, металл–қоғозли, юпка–пардали ва айниқса электролитик, шунингдек, оксид–яримўтказгичли конденсаторлар шундай конденсаторлар ҳисобланади.

Қоғозли, металл–қоғозли ва юпка пардали конденсаторлар, кўпинча, ажратувчи ва блокировка қилувчи сифатида, кичик сигимли юпка пардалилари контурларда, катта сигимли қоғозлилари эса паст частотали филтёрларда ишлатилади.

Қоғозли, металл–қоғозли ва юпка пардали конденсаторлардан баъзиларининг тузилиши 2.3–расмда келтирилган.

**Қоғозли конденсаторлар** диэлектрикнинг калинлиги кичик бўлганлигидан ( $5\text{ мкм}$  гача) юқори солиштирама сизимга эга, етарлича термобардош ва арзон нархда ишлаб чиқарилади.

**Металл-қоғозли конденсаторлар** яна ҳам юқори солиштирама сизимга эга, чунки улар жуда юпқа ( $1\text{ мкм}$ ) аксиал чиқиш учларига эга ва бир ёғи яссиланган. Қобик диаметри  $5\div 13\text{ мм}$ , узунлиги  $14\div 36\text{ мм}$ .



2.3—расм. Қоғозли, металл-қоғозли ва юпқа пардали конденсаторлар.

**К72-9 конденсаторлар** (фторопластли) термобардош, зарбга чидамли. Улар аксиал чиқиш учлари бўлган цилиндрик қобикда ишлаб чиқарилади.

Фторопластли конденсаторлар ичида термобардош ФТ ( $+200^{\circ}\text{C}$  гача) конденсаторини кўрсатиб ўтиш керак. Улар номинал сизими ва иш кучланишига қараб уч хил қобикга эга. Бирок ўлчамларининг анча катталиги сабабли улар микроэлектрон аппаратуралар учун яроқсиздир. 200 дан 500В гача бўлган кучланиш ўзгармас ток занжирида дозиметрик конденсатор сифатида қўлланиладиган фторопластли конденсаторлар (К72-1, К72-4, К72-8 ва ФБ-1) алоҳида гуруҳни ташкил этади. Уларнинг сизими 500 пФ дан ошмайди, массаси эса 7,5 г.

**К73-18 конденсаторлари** (ўтишга оид, зичланган, полиэтилен-терефталатли) тузилишга кўра К73-22 ларга ўхшаш, 30 В кучланишда,  $0,15\div 1000\text{ МГц}$  бўлган диапазонда радиохлакитларни йўқотишга мўлжалланган, номинал сизими 0,27 мкФ, массаси 5,5 г дан ортиқ эмас.

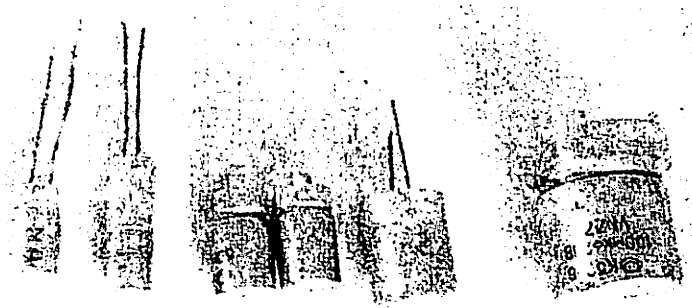
**К75 гуруҳидаги** (комбинацияланган) конденсаторлар юқори иш кучланиши ( $50\text{ кВ}$  гача), катта номинал сизими ( $10\text{ мкФ}$  гача) ва катта массаси ( $6\text{ кг}$  гача) билан характерланади. Буларнинг ичида К75-24 (“а” варианты) конденсаторлари масса ва ўлчамларига кўра энг кичиклари ҳисобланади: диаметри  $8\div 24\text{ мм}$ , қобик узунлиги  $36\div 52\text{ мм}$ , массаси  $7,5\div 70\text{ г}$  бўлиб, номинал сизими 2,2 мкФ дан катта эмас.

**К77-1 конденсаторлари** (ярим корбонатли) жуда юкори солиштирма ва температура барқарорликка эга.

**Пардали конденсаторларда** сизимнинг температура коэффициентини  $+1500 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$  дан ошмайди.

**Электролитик ва оксид-яримўтказгичли конденсаторлар** катта солиштирма сизим ва энергияга эга. Уларнинг камчилиги параметрларининг барқарор эмаслиги, сизимининг паст температураларга боғликлиги, частоталар диапозони чекланганлиги (ўзгармас ва пульсланувчи паст частота тоқлар), баъзи бир турларининг қутблилиги (конденсаторнинг фақат маълум бир қучланиш фазасида ишлай олиши) дан иборат. Шунинг учун улар филтрловчи, баъзида блокировка қилувчи сифатида ишлатилади ва диэлектрикнинг материалига қараб электролитик алюминийли, танталли, ниобийли ва оксид-яримўтказгичли бўлиши мумкин. Электролитик конденсаторларда электролитлар сифатида кислота ва ишқорларнинг концентрацияланган аралашмалари ишлатилади. Оксид – ярим ўтказгичли конденсаторларда электролит ўрнига қаттиқ ҳолдаги ярим ўтказгич – марганец оксиди  $\text{MnO}_2$  ишлатилади.

Электролитик ва оксид – яримўтказгичли конденсаторларнинг тузилиши 2.4-расмда келтирилган.



2.4-расм. Электролитик ва оксид-яримўтказгичли конденсаторлар.

**К50 – 15 конденсаторлар** (электролитик алюминийли) юкори ишончилиқка, механик юкланишга бардошлилик, температурабардош, узок муддат ишлаш хусусиятига ва электр характеристикаларининг барқарорлигига эга. Улар нормал ва тропик иқлим шароитига мослаб ишлаб чиқарилади.

**К50 – 29 конденсаторлари** (электролитик алюминийли) номинал сизимлар ва ишчи қучланишининг кенг диапозонига эга.

**К50 – 31 конденсаторлар** нисбатан кичик сизимли бўлади.

Оксид ўтказгичли ниобийли ва танталли конденсаторлар электролитик конденсаторларга нисбатан катта бўлмаган ҳажм ва массага эга, чунки

уларда электролит ўрнида ярим ўтказгич оксиднинг юпка пардаси ишлатилади, шунга кўра уларнинг номинал кучланиши ҳам пасаяди.

**K53 – 15, K53 – 16 ва K53 – 17 конденсаторлари** гибрид интеграл схемаларнинг осма қобиксиз компонентлари сифатида ишлатилади, нисбатан катта бўлмаган номинал сизимга ва ишчи кучланишга эга, лекин механик юкланишларга анча бардошли ва массаси кичик, чиқиш сими йўқлиги сабабли уларни бевосита микройигилманинг контакт юзчасига қалайлаш ёки пайвандлаш мумкин.

## 2.5. Ўзгарувчан сизимли конденсаторлар

Радио қабул қилгич ёки радиоузатгич иш частотасини қайта ўзгартириш учун тебраниш контурининг индуктивлиги ёки сизими ўзгартирилади. Ер юзасидаги қурилмаларда, кўпинча, контурнинг сизими ўзгартирилади. Бунинг учун ўзгарувчан ҳаво конденсаторларидан фойдаланилади. Ротор пластиналарининг статорникига нисбатан бурилиш бурчагига қараб улар орасидаги сизимнинг амалдаги қиймати ўзгаради. Бунда ўзгарадиган катталик пластина майдони ҳисобланади, тиркиш ва диэлектрик донмийс эса ўзгармай қолади.

Кенг эшиттириш частоталар диапазонида тўғри частотали, тўғри сизимли, тўғри тўлқинли, ҳажмий логарифмик ва частота логарифмик конденсаторлар ишлатилади. Уларда роторнинг бурилиш бурчагига мутаносиб ҳолда, мос равишда, частота, сизим, тўлқин узунлиги ёки логарифмик қонунга кўра – сизим ва частота ўзгаради.

Ўзгарувчан сизимли конденсаторлар тузилишининг асосий параметри пластиналар орасидаги тиркишдир. У конденсаторларнинг электрга нисбатан чидамлилиги, барқарорлиги, ўлчамларга нисбатан қўйиладиган шартлар ва технология имкониятларига қараб танланади. Узатувчи қурилмалар конденсаторларида миллиметрнинг ўндан бир улушига қадар ва ундан кичик бўлиши керак. Бунда импульсда электр чидамлилиқ ва генерация қилинадиган частоталарнинг юқори барқарорлиги таъминланади, бироқ ўлчамлар кескин катталашиб кетади. Генерация частотаси қанчалиқ юқори бўлса, пластина шунча кам керак бўлади. Шунинг учун ўзгарувчан сизимли конденсаторлар қисқа тўлқин ва ўта қисқа тўлқин узатгичларида нисбатан маъқул ўлчамларга эга.

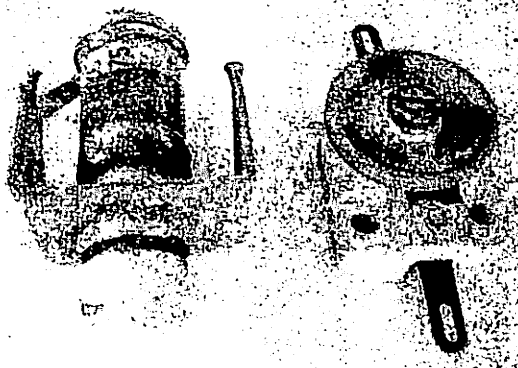
Радио қабул қурилмаларидаги ўзгарувчан конденсаторлар тиркиши, асосан, кичик ўлчамлар олиш шarti ва барқарорликка бўлган талаб асосида танланади. Талаб этиладиган барқарорлик қанчалиқ юқори бўлса, тиркиш ва конденсаторнинг ўлчами шунчалиқ катта бўлади. Частотани автоматик мослагичи бўлган қабул қилиш қурилмаларида кичик ўлчамли конденсаторлар ишлатиш муҳимдир. Иккинчи ва учинчи синф қабул қилгичларига ҳам шундай талаб қўйилади. Бироқ технологиянинг имкониятлари мумкин бўлган минимал тирқишни  $0,15 \pm 0,2$  мм қилиб чеклайди. Одатда тирқиш  $0,5 \pm 1$  мм қилиб олинади.



## 2.6. Ярим ўзгарувчан конденсаторлар

Яримўзгарувчан конденсаторлар радиоқурилма частотасини ишлатиш жараёнида мослаш ёки ишлаб чиқаришда соzлашга мўлжалланган. Бу конденсаторларнинг сизими қайд этилган ҳолатда ўзгармаслиги керак.

Яримўзгарувчан конденсаторларнинг тузилиши 2.5–расмда келтирилган.



2.5–расм. Ярим ўзгарувчан (созланувчан) конденсаторлар.

Яримўзгарувчан конденсаторлар ҳаволи ва керамикали бўлади.

Яримўзгарувчан ҳаволи конденсаторлар тузилиши жиҳатидан тахминан ҳаволи конденсаторларга ўхшаш, бироқ улар пластиналарининг тирқишлари кичик, сони эса кам бўлади.

КПВМ (кичик ўлчамли) конденсаторлар қобиксиздир. Статор пластмасса платага ўрилатилган. Роторнинг ўрнини қайд этиш котириб қўйиш гайкаси ёрдамида бажарилади. КПВМ конденсаторлари уч хил вариантда ишлаб чиқарилади: 1. КПВМ (тўғри сизимли, одатдагича, бурилиш бурчаги  $180^\circ$ ); 2. КПВМ (тўғри сизимли, “капалак” тури, бурилиш бурчаги  $90^\circ$  ли); 3. КПВМ (“дифференциал”).

**Маҳсус конденсаторлар** – варикондлар ва варикаплардир.

Варикондлар сизими температурага кескин ночизик боғланган сегнет керамик конденсаторлардан иборат. Улар электр занжирлари, масалан, частота кучайтиргичларнинг параметрларини бошқаришда ишлатилади.

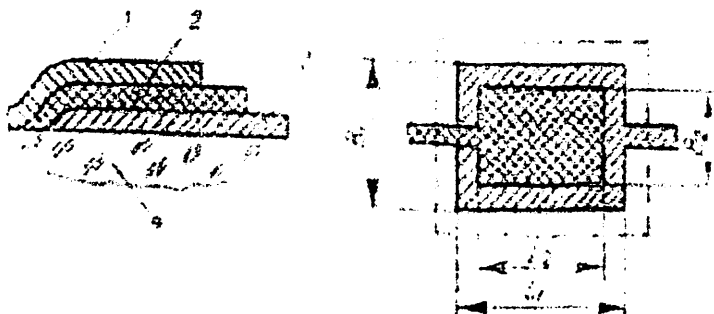
Варикапларда ўзгарувчан модуловчи кучланиш берилганда ва ўзгармас беркитувчи кучланишда (тахминан 4 В) *p-n* ўтиш базаси кичик сизимли (бир неча ўн пикофарадали) конденсаторларга ўхшайди. Унинг сизими модуловчи кучланиш амплитудаси вольтнинг ўндан бир улушларича ўзгарганда бир неча пикофарадага ўзгариши мумкин.

Варикаплар ультра киска тўлкин диапазонида частотали модуляциялаш учун, шунингдек автосозлаш учун ишлатилади.

## 2.7. Интеграл микросхемалар конденсаторлари

Яримўтказгичли ИМС монокристаллида конденсаторлар ҳосил қилиш учун *p-n* ўтишлар сигимидан фойдаланилади. Аммо бундай конденсаторлар сигимлари чекланган диапазонга ( $20 \div 200$  пФ), паст температура барқарорликка ( $10^{-3}$   $1^\circ\text{C}$ ) ва параметрларнинг технологик таркоқлигига ( $\pm 30\%$ ) эга.

ИМСларнинг юпка пардали конденсатори (2.6–расм) бундан юқорирок хоссаларга эга: сигимлари диапазони  $1 \div 10000$  пФ бўлган ораликда ётади, температура барқарорлиги  $\pm 2,10^{-4}$   $1^\circ\text{C}$  ни ташкил этади, параметрларнинг технологик таркоқлиги  $\pm 10\%$  га тенг. Бундай конденсаторлар диэлектрик кўринишдаги уч қатламли структурадан ва унга пуркаш йўли билан кичик омли металл қопланган иккита юпка пардали қопламдан иборат.



2.6–расм. Юпка пардали конденсаторлар:  
1,3–юқори ва пастки қопламалар; 2–диэлектрик; 4–асос.

Қопламалар сифатида кўпинча алюминий ишлатилади. Чунки бошка металллар (масалан, олтин)га нисбатан унинг атомлари сустрок ҳаракатланади. Бу ҳол металлнинг юпка диэлектрик қатлами орқали диффузияси юз берувчи қопламалар орасидаги киска туташувлар сонини камайтиради. Бундан ташқари, алюминий нисбатан технологиябop ва арзондир.

Юпка пардали конденсаторнинг диэлектриги сифатида олинадиган материалнинг электрга нисбатан чидамлилиги юқори ва сарфи кам бўлиши керак. Бундан ташқари у юқори адгезия ва иложи борича катта диэлектрик сингдирувчанликка эга бўлиши лозим.

## Назорат саволлари

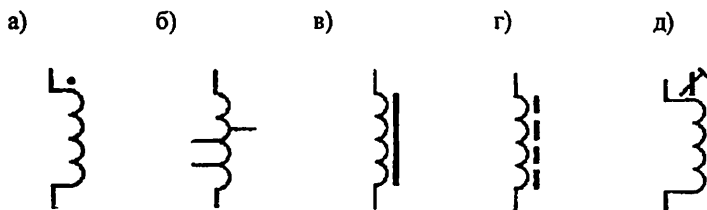
1. Конденсаторлар қандай таснифланади ва уларнинг қандай ўзига хос конструкцияларини биласиз ?
2. Конденсаторлар қандай асосий параметрлар билан характерланади?
3. Юқори частотали керамик конденсаторларнинг қайси асосий турларини биласиз ?
4. Қоғозли ва юққа пардали конденсаторлар электрга оид характеристикалари, конструкциялари ва қўлланилиш соҳаларига қараб бир – биридан қандай фарқ қилади ?
5. Электролитик конденсаторларнинг конструкциялари, асосий турлари, вазифалари ва хоссалари қандай ?
6. Ўзгарувчан сизимли конденсаторларнинг вазифаси ва тузилиш элементларини тушунтириб беринг.
7. Яримўзгарувчан ва махсус конденсаторларнинг қандай турларини биласиз ?
8. Интеграл микросхемаларнинг конденсаторларини тайёрлаш учун қандай материаллар ишлатилади ?

### III БОБ ИНДУКТИВЛИК ҒАЛТАКЛАРИ

---

#### 3.1. Таснифи ва конструкциялари

Радиотехник аппаратуранинг юкори частотали қисмлари ва занжирларида қўлланилиш соҳаси ва тузилиши турлича бўлган индуктивлик ғалтаклари қўлланилади (3.1–расм). Қаршилик ва конденсаторлардан фаркли равишда улар саноатда кенг қўламда ишлаб чиқарилмайди.



3.1–расм. Индуктивлик ғалтакларининг электр схемаларда шартли белгиланиши: дроссель (а), тармоқланган дроссель (б), магнит ўзакли (в), феррит ўзакли (г) ва созловчи ўзакли ғалтак (д) .

Қўлланиш соҳасига қараб ғалтак ўлчамлари, уларнинг шакли, ўраш усули, сим изоляциясининг калинлиги, каркас материали турлича бўлиши мумкин.

Индуктивлик ғалтаклари конструкцияси: қайси частота диапазолида ва неча қувватли тебранма контурларида қўлланилишига ҳам боғлиқ бўлади. Тебранма контур ишчи диапазоли ортган сари, одатда ғалтак индуктивлик қиймати камаяди.

Индуктивлик ғалтагининг асосий элементлари бўлиб: каркас, ўрам ва экран ҳисобланади.

**Каркас.** У ўрам учун асос бўлиб хизмат қилади ва ўрамнинг механик мустақамлиги ва бикрлигини, чиқишлар ва ўзакни маҳкамламлигини, ҳамда шассига қулай маҳкамланишини таъминлаши керак. Каркас учун материал индуктивлик ғалтагига қўйилаётган талаблардан келиб чиққан ҳолда танланади. Катта қувватли тебранма контурларида ишлатиладиган индуктивлик ғалтаклари электр жихатдан ҳам мустақам бўлишлари талаб қилинади.

Индуктивлик ғалтаклари конструкцияси ва каркас ўлчамлари турлича бўлиши мумкин. Каркаслар юкори частотали пресс қуқунлар, керамика,

полистирол ва юқори частотали диэлектриклардан тайёрланади. Керамикадан ясалган йиғма каркаслар глазури ёрдамида ёпиштирилади, сўнгра куйдирилади. Керамик каркаслар учун радиофарфор, ультрадиодиофарфор ва стеатит қўлланилади.

Каркасдаги ўйик (канавка)лар ўрамларни силжишига олиб келадиган механик таъсирларни камайтириши натижасида индуктивлик барқарорлигини оширади. Канавкали каркасларда мисли, қумушланган изоляциясиз симлар қўлланилади. Сим чиқишларини маҳкамлаш учун каркасда тирқиш ёки монтажли лепесток бажарилади.

**Ўрам.** Ўрта ва узун тўлқин диапазонида ишлайдиган ғалтакларда одатда линцентрат сим, қисқа тўлқинли ғалтаклар учун эса бир толали эмалланган симлар қўлланилади. Линцентрат—бу ипак билан изоляцияланган, эмаль билан қопланган диаметри  $0,07 \pm 0,2$  мм бўлган катта микдордаги (7тадан 119 гача) мис симлардан ташкил топган ўрам.

**Экран.** Баъзи алоҳида тизимлар орасидаги паразит алоқаларни ва ташқи магнит майдонлар таъсирини камайтириш мақсадида, индуктивлик ғалтаклари электр ўтказувчи экранлар билан химояланади.

Ўзгарувчан магнит майдони таъсирида экранда уюрма тоқлар индукцияланади. Улар ўз навбатда дастлабки майдонга қарама-қариши йўналган магнит майдон ҳосил қиладилар. Натижада ғалтакка ташқи магнит майдон таъсири сустлашади. Экран материалнинг солиштирма электр қаршилиги қанча кичик бўлса, бу майдон шунча катта бўлади. Экран таъсирида йўқотишлар ва ғалтакнинг хусусий сизими ортади, индуктивлиги эса камааяди. Экран тайёрлашда кичик электр қаршиликка эга бўлган материаллар—мис, латуни ва алюминий қўлланилади.

Радио қабул қилгич ва узатиш қурилмаларида кўпинча индуктивлиги бошқариладиган ғалтаклар қўлланилади. Чунки улар кенг диапазон полбасида тебранма контурни созловчи асосий қисм ҳисобланадилар. Бундай ғалтак ўрамларининг бир қисми катта диаметрли ўзакка, қолган қисми эса — кичик диаметрли каркасга ўралади. Кичик ғалтак каттасини ичига жойлаштирилади ва ўқи катта ғалтак ўқига перпендикуляр жойлашган валикка маҳкамланади, ўрам чиқишлари эса кетма — кет уланади. Валик буралганда ғалтакларнинг ўзаро таъсири ўзгаради ва натижада индуктивлик ҳам ўзгаради.

### 3.2. Индуктивлик ғалтакларининг асосий параметрлари

Юқори частотали ғалтакнинг индуктивлиги, асиллиги, хусусий сизими ва индуктивликнинг температура коэффициенти унинг сон ва сифат кўрсаткичлари бўлиб ҳисобланади.

**Ғалтак индуктивлиги** — асосан унинг ўлчамлари, шакли ва ўрамлар сонига боғлиқ бўлади. Ғалтак ўлчамлари қанча катта ва ундаги ўрамлар сони қанча кўп бўлса, индуктивлик шунча катта бўлади. Бундан ташқари, ғалтак индуктивлигига унга киритилаётган ўзак ва уни экранга жойлаштириш катта

роль ўйнайди. Радиотехник аппаратурада индуктивлиги микрогенридан ўнлаб миллигенригача бўлган юқори частота ғалтаклари қўлланилади.

Ўзгарувчан ток занжирларида ишлаётган ғалтакнинг иш сифатини – асиллик ( $Q$ ) билан ифодалаш қабул қилинган.

Радиоаппаратураларда одатда ўртача асилликка эга бўлган ( $40 \div 200$  тартибдаги) ғалтаклар қўлланилади. Юқори асилликка эга бўлган ғалтаклар ( $300$  дан юқори) фақат махсус ҳолатлардагина (масалан, ўткир резонанс характеристикага эга бўлган контур ва филтрларда) қўлланилади.

Ғалтак ўрамлари ва катламлари сиғим ҳосил қилади. Бу сиғимни ғалтакка параллель уланган конденсатор деб қараш мумкин. Ғалтакнинг бу хусусий сиғими унинг сифат кўрсаткичларини ёмонлаштиради (асиллик ва барқарорлик камаяди, тебранма контурдаги частота диапазонини эгаллаш коэффициентини камайтиради, дроссель сифатида ишлатилаётган ғалтак таъсирини ёмонлаштиради). Шу сабабли ғалтаклар лойиҳалаштириладиганда унинг ўлчамларини кичрайтиришга ҳаракат қилинади.

Ғалтакнинг хусусий сиғими кўп ҳолларда унинг ўлчамлари ва ўраш усулига боғлиқ бўлади. Бир қадам ораликда ўралган бир катламли ғалтаклар ( $1 \div 3$  пф) ва универсал ўрамли кўпқатламли ғалтаклар ( $5 \div 30$  пф) кичик сиғимга эгадирлар. Ўрамларни алоҳида секцияларга ажратиш йўли билан ҳам хусусий сиғимни камайтириш мумкин.

Атроф–муҳит температураси ўзгарса ғалтак ўлчамлари ҳам ўзгаради, натижада унинг индуктивлиги ҳам ўзгаради. Температура  $1^\circ\text{C}$  га ўзгарганда индуктивликнинг нисбий ўзариши индуктивликнинг температура коэффициенти (*ИТК*) дейилади. ИТКни камайтириш учун махсус чоралар кўрилади.

Тебранма контурларда ИТК таъсирини камайтириш мақсадида контур ғалтагига сиғими манфий температура коэффициентига эга бўлган термокомпенсацияловчи конденсатор уланади.

### 3.3. Юқори частота индуктивлик ғалтаклари

Юқори частота индуктивлик ғалтаклари чўлгам кўринишида ишланади ва юқори частотали электромагнит майдонни тўплашга мўлжалланади. Частоталар диапазонига қараб индуктивлик ғалтаклари узун тўлқинли (УТ), ўрта тўлқинли (ЎТ), қиска тўлқинли (КТ) ва ультра–қиска тўлқинли (УҚТ) бўлади ва шунга боғлиқ ҳолда улар конструкцияси, шакллари, ишлаб чиқариш материали ва технологияси танланади.

Вазифасига қараб контур индуктивлик ғалтаклар, алоқа ғалтаклари, вариометрлар ва юқори частота дросселларга бўлинади.

Тузлишига кўра ғалтаклар каркассиз ёки каркасли, ўзакли ёки ўзаксиз, экранли ёки экрансиз, бир қатламли ёки кўп қатламли, цилиндрсимон, ясси ёки торондал, технологик ишланишига қараб эса куйдирилган, ўралган, босма ва юпқа пардали бўлиши мумкин (3.2–расм).



3.2–расм. Индуктивлик ғалтаклари турлари.

Юқори частотали индуктивлик ғалтаги ностандарт буюм бўлиб, алоҳида ҳол учун уларнинг конструкцияси берилган электр параметрлари бўйича ҳисоблаб чиқилади. Бу параметрларнинг асосийлари номинал индуктивлик, индуктивликнинг рухсат этилган четланишлари, асиллик, температура барқарорлик ва хусусий сифмдан иборат.

Ғалтакнинг номинал индуктивлиги у қўлланилаётган тўлқинлар диапазониغا боғлиқ. УҚТ ғалтаклари учун индуктивлик микрогенрининг ўндан – юздан бир улушларига, ҚТ ва ЎТ ғалтаклари учун – бир ва юзлаб микрогенри, УТ ғалтаклари учун эса – бирлик генриларни ташкил этади. Қандайдир занжирларда юқори частота токини камайтиришга мўлжалланган дроссел индуктивлиги ўнлаб микрогенрини ташкил этади.

Чексиз узун соленоид (ғалтак) ёки тороид ғалтак индуктивлиги (мкГн) куйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$L = \pi^2 D^2 N^2 \cdot 10^{-3} / l$$

бу ерда:  $D$  – каркас диаметри (см);  $l$  – ўрам узунлиги (см);  $N$  – ўрамлар сони.

Амалда ғалтак ўрамининг диаметри ва узунлиги бир – бирига яқин бўлади, натижада уларнинг магнит майдони тўла берк бўлмайди ва магнит энергиянинг бир қисми фазога тарқалади. Бунини ҳисобга олиш учун келтирилган формулага сочилиш коэффициентини киритилади.

Индуктивлик учун рухсат этилган четланишлар ғалтак қандай ишга мўлжалланганлигига боғлиқ. Масалан, контур ғалтакнинг индуктивлик учун рухсат этилган четланишлари  $\pm(0,2 \div 0,5)\%$  ни, боғланиш ғалтаги ва юқори частота дросселлини  $\pm(10 \div 15)\%$  ни ташкил этади. Контур ғалтакларини тайёрлашда қўшимча чоралар кўрмасдан туриб, бундай аниқликка эришиш мумкин эмас. Айтайлик, яхлит бир қатламли ғалтак диаметри 5 мм бўлсин. Шунингдек, маълумки, индуктивликдаги хатолик ғалтакнинг геометрик ўлчами ва ўрамлар сонининг хатоликлари билан куйидагича боғланган:

$$\Delta L / L = 2\Delta D / D + 2\Delta N / N - \Delta l / l$$

Биринчи яқинлашишда  $\Delta L/L \approx 2\Delta D/D$  деб ҳисоблаб ва индуктивлик учун рухсат этилган четланишларни  $\pm 0,5\%$  деб олиб,  $\Delta D/D = \pm 25\%$  эканини топамиз. Бизнинг мисолимизда диаметрнинг абсолют хатолиги  $\Delta D = \pm 12,5$  мкм дан ортмаслиги керак. Бундай кўйимни таъминлаш пластмасса каркас тайёрлашда анча қийин, керамик каркас тайёрлашда эса, умуман мумкин эмас. Демак, контур ғалтаклар мослаш элементига эга бўлиши зарур. Ғалтак параметрларини  $\pm 15\%$  тартибдаги чегарада ростлашга имкон берувчи, ғалтак ичига киритиладиган мословчи ўзак шундай элемент ҳисобланади. Ўзақлар магнит ва диамагнит материаллардан турли шаклда тайёрланади.

Магнит ўзақли ғалтак индуктивлиги  $\mu_y$  марта катталашади:

$$L_y = \mu_y L$$

бу ерда:  $L$  – ўзаксиз ғалтак индуктивлиги (Гн);  $\mu_y$  – ўзакнинг амалдаги магнит сингдирувчанлиги. У ўзак материалнинг магнит хоссалари ва шаклига боғлиқ. Цилиндрик ўзақлар учун  $\mu_y = 0,25$ , пўлат копламалилар учун эса  $\mu_y = 0,5$ .

Магнит материаллар (карбонил темир, альсифер, ферритлар) дан ишланган ўзақларнинг қўлланилиши ғалтак ўрамлар сонини камайтиришга имкон беради.

Ва ниҳоят, ғалтак индуктивлиги геометрия ва экран материалга боғлиқ. Экран материалнинг ўтказувчанлиги канчалик юқори бўлса, уярма тоқлар шунчалик юқори бўлади ва экраннинг экранлаш хоссалари шунчалик юқори бўлади. УТ ва ЎТларда алюминий экранлар, ҚТларда эса мис экранлар қўлланилади. Одатда  $0,5 \div 1$  мм бўлган экран ва қалинлиги технологик мулоҳазаларга кўра (штамплаш–чўзишнинг мумкинлиги) танланади.

Экранлаштирилган  $L_3$  ғалтак индуктивлиги экранлаштирилмаган  $L$  ғалтакниқидан кичик бўлади. Бунга сабаб экраннинг ташқи майдонидир:

$$L_3 = L[1 - \eta(D/D_3)^3],$$

бу ерда:  $\eta$  – чўлғамнинг узунлиги ва диаметрининг нисбатига боғлиқ бўлган коэффициент;  $D_3$  – экраннинг ички диаметри.

Берилган индуктивлик ва иш частотасида ғалтакнинг асиллиги ундаги сарфларнинг умумий қаршилиги орқали аниқланади:

$$Q = \omega L / R_2; \quad R_2 = R_j + R_o + R_s + R_f + R_{CL},$$

бу ерда:  $R_j$  – чўлғам симининг юқори частота токига қаршилиги;  $R_o$  – каркастадаги диэлектрик сарфлар ва чўлғам сими изоляциясининг қаршилиги;  $R_s$  – экран киритадиган сарфлар қаршилиги;  $R_f$  – ўзақдаги сарф қаршилиги;  $R_{CL}$  – ғалтакнинг резонанс хоссалари ҳисобидаги сарфлар қаршилиги.



Радиоаппаратурада қўлланиладиган индуктивлик ғалтакларининг асиллиги 30÷300 бўлади. Ғалтак асиллиги қанчалик юкори бўлса, унинг ўлчамлари шунчалик катта бўлади. Берилган асилликда ғалтак конструкциясининг энг маъқул қўриниши мавжуддир. Бунда унинг ўлчамлари берилганидан катта ҳам кичик ҳам бўлмаслиги керак.

Индуктивлик ғалтакларининг температура барқарорлиги уларнинг индуктивлиги  $L$  ва асиллиги  $Q$  нинг температура таъсирида ўзгариши билан аниқланади. Температурага қараб ғалтак каркасининг узунлиги ва диаметри ўзгаради, температуранинг ортиши индуктивликни оширади, пасайиши эса – уни камайтиради. Ғалтакнинг температура барқарорлиги миқдор жиҳатдан индуктивликнинг температура коэффиценти ИТК ва индуктивликнинг температура нобарқарорлиги коэффиценти (ИТНК) билан баҳоланади:

$$ИТК = \Delta L / (L_0 \Delta t); \quad ИТНК = 100\% (L'_0 - L_0) / L_0,$$

бу ерда:  $L_0$  – 20 °С индуктивлик (Гн);  $\Delta L$  температура  $\Delta t$  га ўзгаргандаги индуктивлик ўзгариши (Гн);  $L'_0$  – берилган иш диапазонида температуранинг бир канча ўзгариш цикллариини ўтказгандан сўнг олинандиган 20 °Сдаги индуктивлик (Гн).

#### 3.4. Индуктивлик ғалтакларининг интеграл қўлланилиши

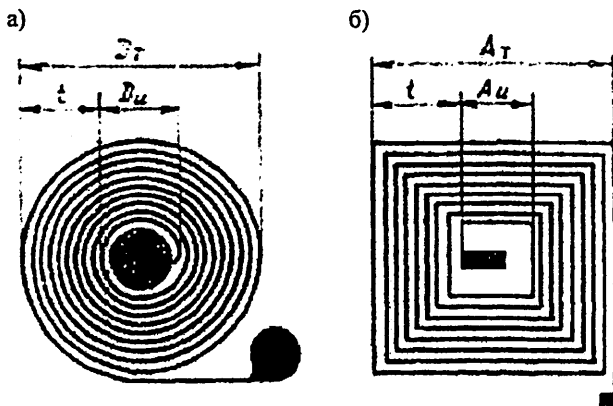
ИМСлар учун индуктивлик ғалтакларига нисбатан қўйиладиган асосий талаб улар конструкцияларининг планарлиги (яссиллиги) дир. Тороидал ғалтакларда катта  $\mu$  ли ферритлар қўлланилганлигидан улар ўн минглаб микрогенри индуктивликка эга бўлиши ва юзлаб килогерцдан ўнлаб мегагерцгача бўлган частоталар диапазонида ишлатилиши мумкин.

Кесими тўғрибурчакли бўлган магнит ўзакли тороидал ғалтаклар индуктивлиги

$$L = 4.6 \cdot \mu_{\text{гр}} \cdot a \cdot n^2 \cdot 10^{-4} \cdot \lg[(D_{\text{гр}} + b) / (D_{\text{гр}} - b)],$$

бу ерда:  $n$  – ўрамлар сони;  $a$  ва  $b$  – ўзак кесимининг баландлиги ва эни, (мм);  $D_{\text{гр}}$  – ўзакнинг ўртача диаметри (мм).

Юпка пардали индуктивлик ғалтаклари чекланган частота диапазонида (10÷100 МГц) эга. Бу иш частотасининг камайиши натижасида ғалтакнинг асосда олган ўрнининг кескин қўпайиши, унинг қўпайиши эса, асилликни тебраниш контурлари учун мумкин бўлмаган қийматгача камайтириши билан тушунтирилади. Ғалтак эгаллаган майдонни камайтириш учун ўрамлар энини ва улар орасидаги масофани камайтириш керак. Бирок бу иш технологиянинг имкониятлари, масалан, фотолитографиянинг ҳал этиш қобилияти билан чекланган чегарагача бажарилиши мумкин. Шунинг учун юпка пардали ғалтаклар 1 см<sup>2</sup> юзада, одатда, 19 тадан кўп бўлмаган ўрамга эга бўлиб, айлана ёки квадрат спираль шаклида ишланади (3.2, а ва б – расм).



3.2-расм. Доиравий (а) ва квадрат (б) шаклдаги юпка пардали индуктивлик ғалтаги.

Шундай ғалтақлар индуктивлиги ушбу формулалари бўйича аниқланади:

$$L = 24.75 \cdot D_{ш} \cdot N^{5/2} \cdot \lg 4D_{ш} \cdot 10^{-5} / t \quad ;$$

$$L = 55.5 \cdot N^{5/3} \cdot \lg 8a \cdot 10^{-3} / t,$$

бу ерда:  $D_{ш} = (D_i + D_n) / 2$  спиралнинг ўртача диаметри (см) ( $D_n$ ,  $D_i$  – мос равишда ташки ва ички диаметрлар);  $a = (A_i + A_n) / 2$  – квадрат томонининг ўртача узунлиги (см);  $t = (D_i - D_n) / 2$  ва  $t' = (A_i + A_n) / 2$  ўрамнинг радиал кенглиги (см).

Юпка пардали ғалтақлар паст асиликка эга, шунинг учун улар бошқа вариантлар техник жиҳатдан мумкин бўлмаган ҳолларда ишлатилади.

### Назорат саволлари

1. Юқори частотали индуктивлик ғалтақларининг таснифиди беринг ва уларнинг асосий параметрларини айтиб беринг.
2. Боғланиш ғалтақлари, вариометрлар ва юқори частота дресселларининг вазифаси ва конструкцияси қандай ?
3. ИМС каркас ғалтақларининг қўлланилишини нималар чеклайди ва уларда қандай ғалтақлар ишлатилади ?

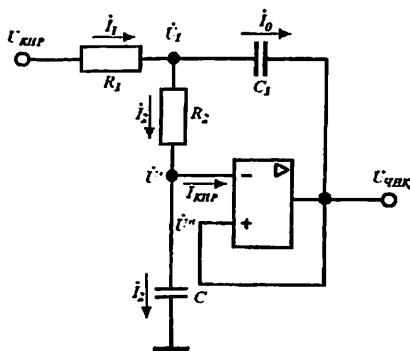
## IV БОБ ФИЛЬТРАР ВА КЕЧИКТИРИШ ЛИНИЯЛАРИ

### 4.1. Актив RC ва рақамли филтрлар

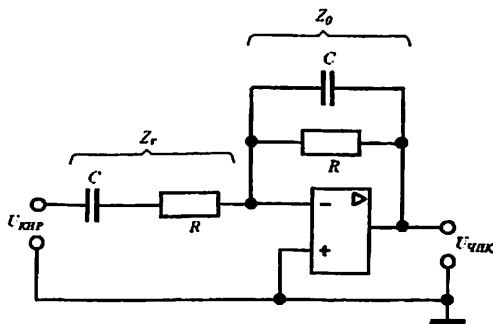
Актив филтрлар юпка пардали RC – занжирлар ва ярим ўтказгичли кучайтиргичлар ёки ўзгартиргичлардан ишланган. Кўпинча RC филтрлар операцион кучайтиргичлар асосида ясалади. Актив резонатор филтрнинг асосий қисми ҳисобланади.

Актив филтрнинг ишлаш принципи шундан иборатки, тескари боғланишли операцион кучайтиргичлар занжирининг схематехникавий тузилиши ( 4.1 – расм) полосали филтрнинг эквивалент индуктивлигини олишга имкон беради.

а)



б)



4.1– расм. Актив RC филтри (а) ва полосали филтр (б).

Маълумки,  $R$ ,  $C$  – ва  $L$  – элементли занжирнинг ўзгарувчан токка умумий қаршилиги график тарзда ҳақиқий ва мавҳум сонлар координаталарида вектор билан, аналитик ҳолда эса, комплекс сон  $Z = R + jM$  (бу ерда  $R$  ва  $M$  – актив ва реактив қаршиликлар,  $j$  – мавҳум бирлик) каби берилиши мумкин.

Масалан, агар индуктив қаршилиги  $X_L = j\omega L$ , сиғим қаршилиги  $X_C = 1/(j\omega C)$  бўлса, полоса фильтри ва паст частоталар фильтрининг чиқиш орасидаги занжирнинг узатиш функцияси  $K = U_{nv} / U_{nf} = 1/(pR_2C_2)$ , бу ерда  $p = j\omega$ ;  $U_{nv}$  ва  $U_{nf}$  – паст частотали ва полоса фильтрлари чиқиш кучланишларининг амплитудалари.

Тескари боғланиш занжиридаги  $R_2$  қаршилик орқали ўтувчи ток  $i_{mб} = u_{nv} / (pR_2C_2R_{mб})$  полоса фильтрининг эквивалент қаршилиги  $Z_2 = u_{nf} / i_{mб} = pR_2C_2R_{mб}$  ва индуктив характерга эга –  $X_L = pL$ .

Шундай қилиб, эквивалент индуктивлик  $L_2 = R_2C_2R_{mб}$ . Демак, актив резонатор  $L_2$  – индуктивлик,  $C$  – сиғим ва фильтрнинг асиллигини белгиловчи  $R_1$  сарфлаш қаршилигидан иборат.

Фильтрнинг асосий параметрлари куйидаги формулалар бўйича ҳисобланади:

$$f_6 = 1/(2\pi\sqrt{L_2C})\Delta f = 1/(R_1C_1); \quad Q = 2\pi f_6 R_1C_1.$$

Рақамли фильтрлар аналогли сигналларни рақам шаклига айлантириш, сўнгра уни берилган алгоритмлар бўйича ҳисоблагичларда ишлаб чиқиш ва тескарига – аналог шаклига ўзгартириш тарзида тузилган. Бундай мураккаб ишлар фақат катта интеграл схемалар асосидаги фильтрлар ёрдамида бажарилиши мумкин.

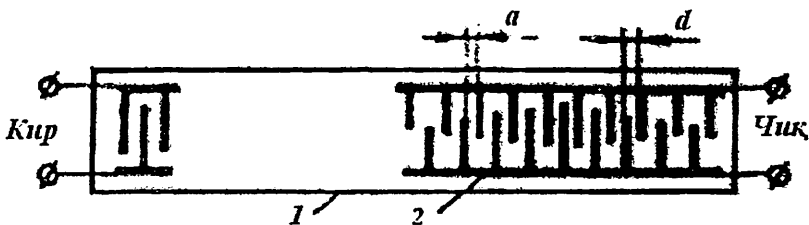
## 4.2. Интеграл пьезоэлектрик фильтрлар

Интеграл пьезоэлектрик фильтрларнинг ишлаш принципи энергиянинг кварц, пьезокерамика ёки пьезокристалл пластиналарининг ҳажмида локалланишига ёки сиртки акустик тўлқиннинг пластина бўйлаб тарқалишига асосланган.

Биринчи ҳолда электр тебранишларининг механик тебранишларга ва аксинча айланиши натижасида эластик тебранишларининг пластина қалинлиги бўйича “энергия камраб олиниши” юз беради. Пластинанинг металл қоплама (электрод) ларида тебранишлар тарқалиши тўлқин тусида бўлиши сабабли алоҳида резонаторлардан иборат бўлади. Фильтрдаги тебраниш амплитудаси электрод ости соҳада энг катта бўлади ва ундан ташқарида экспонента бўйича сўнади. Натижада бир нечта бир – бирдан ажратадиган резонаторлар (кўп резонаторли фильтр) ни битта пластинада

жойлаштириш ва улар орасида зарурий боғланиш коэффициентини ва демак, талаб этиладиган ўтказиш полосасини ва тўғрибурчаклилик коэффициентини ҳам ҳосил қилиш учун акустик бўлинишдан фойдаланиш имкони тугилади. Бундай филтърлар эластик тўлқинлар филтърлари дейилади.

Иккинчи ҳолда тароксимон ўзгартгичнинг ҳар бир штир электроди остидаги вақт бўйича ўзгарувчан электр майдон эластик деформация ҳосил қилади. Натижада сиртки пластина яқинида сиртки акустик тўлқин (САТ) тарқала бошлайди. Ҳар хил шаклдаги турум – электрод ёрдамида сигналларни ўзгартириш, шунингдек танлаш мумкин. САТ тарқалиш тезлигининг кичик бўлиши (электромагнит тўлқин тарқалиш тезлигидан беш тартибга кичик) ўта кичкина филтърлар яратиш имконини беради. Бундай филтърлар САТ филтърлари дейилади (4.2–расм).



4.2–расм. САТдаги интеграл филтър:  
1–пъезоэлектрик пластина; 2–тароксимон ўзгартиргич.

Силжиш тўлқинларида  $k_m$  доимийлари, мос равишда, 1,66; 1,0; 1,9 ва 2,1 МГц мм га тенг бўлган кварц, пьезокерамика ёки пьезокристаллар – литий ниобат ва литий танталат филтърларга асос бўлиб хизмат қилади. Эластик тўлқинлар филтърлари учун олинадиган пластиналар қалинлиги берилган частота шартларига кўра ва ишлаб чиқариш технологияси имкониятларига қараб танланади. САТ филтърларининг электр характеристикалари, пластиналарнинг, одатда, 2–3 мм бўлган қалинликларига боғлиқ эмас.

Эластик тўлқинлар филтърининг марказий частотаси (МГц)  
 $f_{op} \approx k_m / h$ , бу ерда:  $h$  – пластина қалинлиги (мм).

Шунинг учун иш частотасининг юқори чегараси пластинанинг ишлаб чиқариш учун қулай бўлган минимал қалинлиги орқали, пастки чегараси эса – ИМС ўлчамларига мос келувчи йўл қўйилган ўлчамлар билан аниқланади. Масалан, 50 мкм қалинликдаги кварц пластина  $\approx 2$  МГц да максимал 40 МГц частотага эга. Бироқ кварц интеграл филтърлар, шунингдек, юқори гармоникаларда ишлаши мумкин ва 250 МГц гача бўлган сигналларни танлайди. Интеграл кварц филтърларнинг асиллиги  $10^3 \div 10^4$ , частота барқарорлиги  $5 \cdot 10^{-7} 1^\circ\text{C}$ , ўтказиш полосаси (Гц) эса, актив юкламада

$\Delta f_{\max} = 3.6 f_{op} \cdot 10^{-5} / m^2$  (бу ерда:  $m$  – сигнал гармоникаси рақами). Ўтказиш полосаси, одатда, фоизнинг ўндан – юздан бир улушини ташкил этади, яъни кварц филтрлар тор полосалидир.

Интеграл пьезокерамик филтрларнинг асиллиги кварц филтрларникидан ўнлаб марта паст, барқарорлиги  $5 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$  га тенг, бироқ улар кенг полосалироқ (фоизнинг бирлик улушлари).

Пьезокристалларнинг асосий афзаллиги электромеханик боғлианиш коэффициентининг катталиги (0,2÷0,3), диэлектрик сингдирувчанлигининг кичиклиги ва хоссаларининг кенг температуралар диапазонида барқарорлигидир. Улар асосидаги филтрларнинг ўтказиш полосалари ўрта частотанинг 0,5÷5 % ини ташкил этиши мумкин.

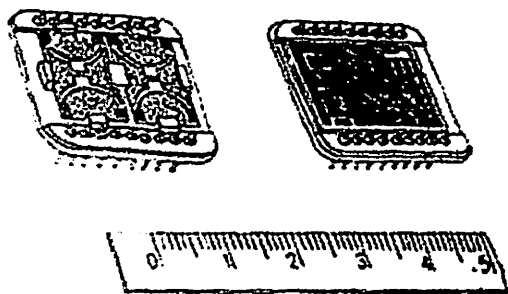
САТ филтрларининг электр параметрлари  $f_{op} = v/\lambda$ ;  $Q = N$  формулалари бўйича аниқланади, бу ерда:  $v$  – САТ нинг тарқалиш тезлиги (м/с) (пьезокристаллар учун у  $(3\div 4)10^3$  м/с га тенг),  $\lambda$  – САТ тўлқин узунлиги (м);  $N$  – филтрнинг тароксимон ўзгартгичдаги штир – электрод жуфтлари сони.

САТ ни акустик резонанс деб аталадиган энг самарали узатиш  $\lambda = 2d$  бўлганда юз беради (бу ерда:  $d$  – штир – электродлар орасидаги масофа (м)). Ўзгартгичнинг резонанс частотаси  $f_{op} = v/2d$  штирлар орасидаги  $a = d/2$  тирқишни ҳосил қилишни ҳал қилиш қобилияти орқали аниқланади. Демак, ҳозирги замон фотолитография усуларида ( $a \approx 2$  мкм) ва  $v = 4 \cdot 10^3$  м/с да юқори чегаравий частота ГГц бирликларини ташкил этиши мумкин. Бироқ, САТ филтрлари, одатда, фақат оралик частота кучайтиргич каскадларида қўлланилади, чунки кичик сигналларга сезгирлиги ёмон бўлганлиги учун улардан ЎЮЧ ларда фойдаланиш оқилона бўлмайди. Пастки частота филтр майдони бўйича чеклаш билан аниқланади ва мегагерцнинг бирликлари – ўнликларини ташкил этади. САТ филтрларининг асиллиги 1000 дан юқори, ўтказиш полосаси эса, фоизнинг бирлик – ўнликларига тенг.

Интеграл кварц филтрлар стандарт қобикга ўрнатилган кварц пластина кўринишида ясалади (4.3–расм). Пластинанинг иккала томониغا электродлар қопланган бўлиб, у чиқиш контакт юзачаларга эга. Контакт юзачалар стандарт қобикга елим – компаунд билан маҳкамланган.

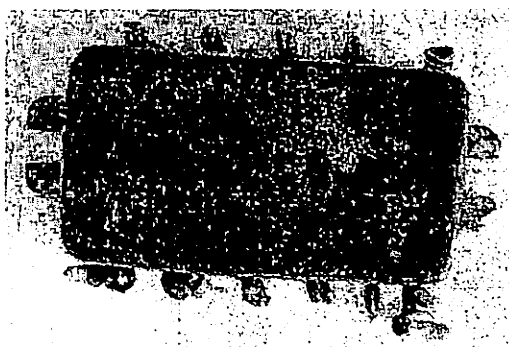
САТ филтрларининг ўлчамлари марказий частота ва асиллиги билан аниқланади. Масалан,  $f_{op} = 30$  МГц ва  $\Delta f = 150$  МГц да филтр ўлчами планда  $20 \times 50$  мм ни ташкил этади. Пьезопластинада  $15 \times 20$  мм ўлчамга эга бўлган иккита тароксимон ўзгартгич жойлаштирилади. 120 МГц га мўлжалланган филтр  $5 \times 15 \times 12$  мм ўлчамга эга.

Юқори танловчанликка эга бўлган полосали филтрларни олиш учун тароксимон ўзгартгич штирлари ҳар хил узунликда бажарилади, импульсларни сиқиш учун эса штирлар бир хил узунликда олинади, улар орасидаги масофа аста – секин ўзгарувчан бўлади.



4.3–расм. Интеграл кварц филътр.

Кечиктириш линияси електромагнит сигналларни маълум берилган вақт оралигида ушлаб туриш, яъни кечиктиришга хизмат қилади. Кечикиш вақти кечиктириш линиялари тури ва конструкциясига кўра микросекундлардан ўнлаб миллисекундларгача бўлиши мумкин (4.4–расм).



4.4 – расм. Кечиктириш линияси.

Пьезоэлектрик филътрлар қуйидагича тавсифланади ва белгиланади. Материал турига қараб: 1 – пьезокерамикали, 2 – кварци, 3 – пьезокристалли. Функционал вазифасига кўра: П – полосали, Р – режекторли, Д – дискриминаторли, ФВЧ – юқори частотали, ФНЧ – паст частотали, ОБП – бир ён полосали, Г – тароқсимон. Частоталар диапазоли бўйича: 1 – паст частотали (60 кГц гача); 2 ва 3 – ўртача частоталар (60÷400 кГц ва 400÷1200 кГц); 4 – 9 – юқори частотали (мос равишда, 1,2÷3 МГц, 3÷5 МГц, 5÷25 МГц, 25÷35 МГц, 35÷90 МГц дан юқори). Ўтказиш полосасининг

кенглигига қараб (номинал частотасига кўра % ҳисобида ): 1 ва 2 – тор полосали (мос ҳолда, 0,05 % гача ва 0,05÷0,2 % ); 3, 4 ва 5 кенг полосали (0,2÷0,4 %, 0,4÷0,8 %, 0,8 % дан юқори). Конструктив – технологик белгиларига кўра: 1 – дискрет ; 2 – 5 – гибрид (мос равишда бир қатламли, пьезомеханик, яхлит ва бошқалар); 6 – 9 – интеграл (мос равишда, бир қатламли, пьезомеханик, яхлит ва САТ). Температуралар диапазони кўра: А – +1<sup>0</sup>С дан +55<sup>0</sup>С гача ; Б – -10 дан +60<sup>0</sup>С гача ; Г – -40<sup>0</sup>С дан +75<sup>0</sup>С гача; Д – -40 дан +100<sup>0</sup>С гача ; Э – -60 дан +85<sup>0</sup>С гача ; Ж – -60 дан +100<sup>0</sup>С гача. Масалан, ФП2П9–7–40 ОМ, 200 ВБ шартли белги қуйидагича тушунилади: филтър пьезоэлектрик, кварцли, полосали, САТ, марказий частотаси 40 Гц, ўтказиш полосаси 200 кГц, Б – ҳаммаси иқлим бўйича, температураларнинг иш диапазони – 10 дан +60<sup>0</sup>С гача.

### Назорат саволлари

- 1. Частота танловчи узеллар қандай таснифланади ва уларнинг асосий параметрлари қандай ?*
- 2. Актив филтърнинг ишлаш принципи қандай ?*
- 3. Интеграл пьезоэлектрик филтърларнинг электр ва конструктив параметрлари ўзаро қандай боғланган ?*
- 4. Эластик ва сиртқи акустик тўлқинлардаги интеграл пьезофилтърларнинг ишлаш принципи қандай ?*



## V БОБ

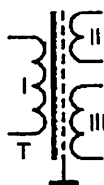
### ПАСТ ЧАСТОТАЛИ ТРАНСФОРМАТОРЛАР ВА ДРОССЕЛЛАР

---

#### 5.1. Таснифи ва асосий параметрлари

Паст частотали трансформаторлар ва дросселлар берк магнит ўтказгичларга ўралган индуктив ғалтаклардан иборат.

Трансформаторлар вазифасига кўра қувват, мослаштирувчи ва импульс трансформаторларига, магнит ўтказгичнинг турига қараб конструктив ва технологияси жиҳатидан зихрли, стерженли, тороидал ва ғалтаксимон трансформаторларга бўлинади (5.1–расм).



5.1–расм. Трансформаторнинг электр схемаларда шартли белгиланиши.

Трансформаторларнинг асосий параметрлари – биринчи чўлғам индуктивлиги  $L_1$ , у паст частоталар соҳасида узатиш коэффицентини белгилайди; сочилиш индуктивлиги  $L_S$ , у юқори частоталар соҳасида узатиш коэффицентини белгилайди, чўлғамнинг хусусий сиғими  $C_B$ , у юқори частоталар соҳасидаги частота бузилишларига, айниқса кучланиш импульси фронтларига таъсир кўрсатувчи сиғим; чўлғамнинг актив қаршилиги  $r$ ; ФИК; трансформация коэффицентини  $n = \omega_2 / \omega_1$ , у узатиш коэффицентини белгилайди; бу ерда:  $\omega_1$  ва  $\omega_2$  бирламчи ва иккиламчи чўлғамдаги ўрамлар сони.

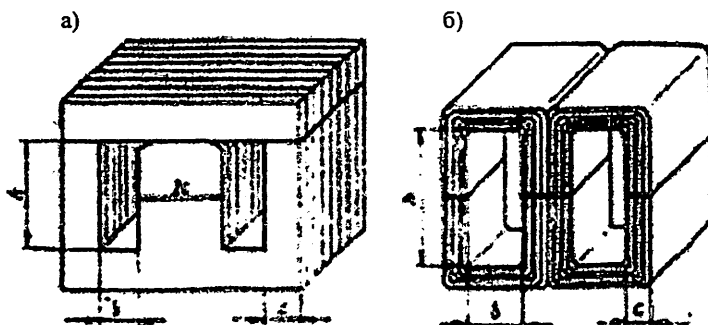
Трансформаторлар юқори сифатли ишлашлари учун, ҳар доим кичик  $L_1$ ,  $C_0$ , катта бўлмаган  $r$  ва “кўпи билан” деб чекланган  $L_1$  қийматли бўлиш мақсадга мувофиқдир. Трансформация коэффицентини бирга тенг бўлиши, ундан катта ёки кичик бўлиши мумкин; кўп чўлғамли трансформаторлар бир нечта трансформация коэффицентига эга бўла олади.

Дросселлар кўпроқ ток манбалари филтърларида, ундан ташқари паст частотали филтърларда ва танлама занжирларда, шунингдек стабилизаторлар (тўйиниш дросселлари)да ва ростагичлар (бошқарувчи дросселлар)да ишлатилади. Конструкцияси ва катор электр параметрларига кўра дросселлар трансформаторларга ўхшашдир. Бир чўлғамли паст частота ғалтак дроссел бўлса, кўп чўлғамли ғалтаклар трансформаторлардир.

## 5.2. Паст частотали қувват трансформаторлари

Радиоқурилма ток манбаларининг блокларида қўлланиладиган паст частотали куч трансформаторлари ўзгармас ток кучланишига тўғриланаётган ўзгарувчан ток кучланишининг даражасини ўзгартиришда қўлланилади. Куч трансформаторлари истеъмол қиладиган ток, одатда, бир-ўнлаб амперларни, кучланиш эса, ўн-бир неча юз вольтларни ташкил этгани учун улар катта қувватга эга бўлиши керак. Шунинг учун улар бошқа трансформаторларга нисбатан катта ўлчамга эга бўлади.

Бундай трансформаторларнинг магнит сими, кўпинча, штампланган “Ш” шаклдаги пластиналардан йиғилган ёки магнит материалдан ишланган тасмаларни ўраш йўли билан ясалган зирхли ўзакдан иборат. Ўзак тайёрлашда елимлаб ёпиштирувчи магнит пасталардан фойдаланилади (5.2 – расм, а ва б). Магнит ўтказгичлар электротехник пўлатлардан, масалан, 1511 (қиздириб ёйилган, изотрон) ва 3414 (совуқлайин ёйилган, анизотрон) маркали пўлатдан, шунингдек 50НХС пермаллойдан тайёрланади. Штампланган пластиналар қалинлиги 0,5 мм, ўраш учун тасманики эса 0,1÷0,3 мм бўлади.



5.2–расм. Трансформаторларнинг зирхли ўзаклари: штампланган (а); лентали (б).

Уюрма тоқларга исрофни камайтириш учун пластина ва лента ўрамлари оксид парда билан пластинани куйдириб лок суртиб ёки ёпишувчи суспензия билан ҳимояланади. Пластиналарни “чалиштириб устма- уст” қўйиб йиғилади ва магнит ўтказгичда номагнит тирқишининг бўлмаслиги таъминланади, яъни магнит занжири учун магнитлантирмасдан ишланганда (куч ва баъзи бир паст частота трансформаторлари) зарур бўлган минимал қаршилик олинади.

Трансформаторларнинг кўп қатламли чўлғамлари (масалан, ПЭВ, ПЭВТЛ, ПЭТ симлардан) картон ёки пресс – кукун каркасга ўралади, чўлғамли каркас корпус – экранга жойлаштириладиган магнит симнинг марказий стерженига маҳкамланади. Бунда магнит ўтказгичнинг чўлғам билан магнит боғланишидан тўла фойдаланилади ва чўлғамнинг механик химояси яхшиланади.

### 5.3. Мослаштирувчи трансформаторлар

Мослаштирувчи трансформаторлар кириш, чиқиш ва оралик трансформаторларга бўлинади.

Кириш ва оралик трансформаторлар юқори ҳалақитлардан химояланишга эга бўлишлари лозим. Стержень ёки тороидал турдаги магнит ўтказгичларда йиғилган трансформаторлар ташқи манит майдон таъсирига энг кам сезгир бўлади. Кириш ва оралик трансформаторларнинг магнит симлари штамплаб ишланган бўлиб ёки тасма кўринишида бўлиб, 80НХС ёки 79НМпермаллойдан, шунингдек, 3414 пўлатдан тайёрланади. Бу трансформаторларнинг чўлғамлари қувват трансформаторларникига ўхшаш, бироқ кичикроқ диаметри симдан тайёрланади, шунинг учун уларнинг ўлчами ва массаси анча кичик.

Бу трансформаторлар металл қобикқа жойлаштирилади ёки пластмасса билан прессланади ва “панжача” ёрдамида ёки диаметри 1÷1,5 мм ли қалайланган симдан иборат чиқиш учларини бевосита кавшарлаб, босма платаларга маҳкамланади. Трансформаторлар магнитланмасдан ёки кучсиз магнитлаб ишлатилади.

Чиқиш трансформаторлари анча катта қувватни сочувчи радиоускуналарнинг охириги каскадларида қўлланилади, шунинг учун ўлчамлари қувват трансформаторларникидан кичик, кириш ва оралик трансформаторларникига қараганда эса катта бўлади. Чиқиш трансформаторлари минимал сигнал бузилишларига эга бўлиши ва меъёрий иссиқлик режимини таъминлаши керак.

Чиқиш трансформаторларининг магнитланган ҳолда ишлаши уларнинг ўзига хос томони ҳисобланади. Шу сабабдан магнит ўтказгичда номагнит тиркиш бўлади. Кучли ўзгармас магнитланганда, трансформаторнинг иш нуктаси магнитланиш эгри чизиги бўйлаб тўйиниш соҳаси томон силжийди. Натижанда  $\mu$  камади ва кучли чизиқсиз сигнал бузилишлари, масалан, чиқиш трансформаторига боғланган радиокарнай ғалтагида пайдо бўлади. Шунинг учун магнит кучланганлигининг ўзгармас ташкил этувчисини камайтириш учун номагнит тиркиш ҳосил қилиб, магнит сим қаршилиги оширилади. Бунинг учун штампланган магнит ўтказгичларда “Ш” шаклдаги асосий ва чекка пластиналар орасига йиғиш вақтида “туташ” қилиб изоляцияли кистирма жойлаштирилади, тасмаларида эса, ёпишиш жойларига изоляция пастаси суртилади.

#### 5.4. Интеграл микросхемаларда мослаштирувчи трансформаторлар

Интеграл микросхемалар мослаштирувчи трансформаторларига нисбатан қўйиладиган асосий талаблар: ўлчамининг ва массасининг кичик бўлиши, шунингдек тузилишининг яссилиги (баландликка мослиги) дир. Кичик қувватли мослаштирувчи ва импульсли трансформаторлар (давомийлиги бирлик наносекунддан ўнлаб микросекундгача бўлган импульсларни узатиш ва шаклантириш учун) шундай талабларга жавоб беради. Улар, одатда, конструкциясининг яссилиги талабга жавоб берувчи кичик ўлчамдаги тороидал ғалтаксимон ёки зихрли ўзақларга эга (5.3– расм).



5.3–расм. Мослаштирувчи трансформаторлар

Микромодулли мослаштирувчи ММТС ва импульсли ММТИ трансформаторлар бевосита (елимлаб) босма платаларга ёки керамик асоси бўлмаган микройигилма асосларга ўрнатилади.

Мослаштирувчи ММТС–1 ÷ ММТС–7 трансформаторларидан ночизикли бузилишлар коэффиценти 10% дан катта бўлмаган холларда 300÷3000 Гц ли частоталар диапазонидаги товуш сигналларини узатиш учун фойдаланилади.

Импульсли трансформаторлардан такрорланиш частотаси 10 кГц гача бўлган холда давомийлиги 5 мкс гача бўлган импульсларни узатиш учун фойдаланилади. Бундан ташқари микроэлектрон ускуналарда импульсли трансформаторлар ишлатилади. Паст частотали товуш трансформаторлари пермаллойдан ясалган ва ўзаро бирлаштирувчи фланец билан туташтирилган ғалтак кўринишидаги чўлғамли иккита магнит ўтказгичга эга.

## 5.5. Паст частотали дросселлар

Кўпинча телевизорларда, радиоқабулқилгичларда, узатгичларда ва бошқа курилмаларда тўғриланган кучланиш пульсациясини камайтиришда қўлланиладиган паст частотали дросселлар текисловчи ва паст частотали LC филтёрлар таркибига киради. Ўзгармас токка дроссель қаршилиги жуда кичик ва чўлғам симининг омлик қаршилигига тенг. Дросселнинг ўзгарувчан токка қаршилиги  $z = 2\pi fL$  (бу ерда:  $f$  – ток таъминлаш тармоғининг частотаси – 50 ёки 400 Гц ёки пульсация частотаси 100 ёки 800 Гц;  $L$  – дроссель индуктивлиги (Гн)) бир неча кОм дан ўнлаб килоомгача боради ва мумкин бўлган пульсациянинг талаб даражасига боғлиқ. Бу даражада қанча кичик бўлса, қаршилик шунча катта бўлиши ва демак, дроссель индуктивлиги ҳам шунча катта бўлиши керак. Бу унинг ўлчами ва массасини оширади.

Паст частотали дросселлар трансформаторларнинг магнит ўтказкичларига ўхшаш магнит симлардан қилинади, лекин улар битта чўлғамга эга.

Кучланиш стабилизаторларида ишлатиладиган тўйиниш дросселлари гистерезис сиртмоғининг тўйиниш соҳаларида иш нуктасини танлашда магнит занжири қаршилигининг доимийлик (ўзгармас) принципида ишлайди. Бу соҳада кириш сигналининг ўзгариши, амалда, стабилизаторнинг чиқиш токини ўзгартирмайди. Бошқарилувчи дросселларда, аксинча, магнит характеристикасидаги иш нуктаси ўзгарганида магнит материали ўзининг ўзгарувчан токка қаршилигини ўзгартириш хоссасидан фойдаланилади.

### Назорат саволлари

1. Трансформаторлар ва паст частотали дросселлар қандай тавсифланади ва уларнинг асосий параметрлари қандай ?
2. Нима учун трансформаторларда номагнит тирқиш қилинади ?
3. ИМСларга мос бўлган трансформаторларга нисбатан қандай талаблар қўйилади ?
4. Жуда кичик ўлчамли трансформаторларнинг қандай турларини биласиз ?
5. Паст частотали дросселларга қандай талаблар қўйилади ?

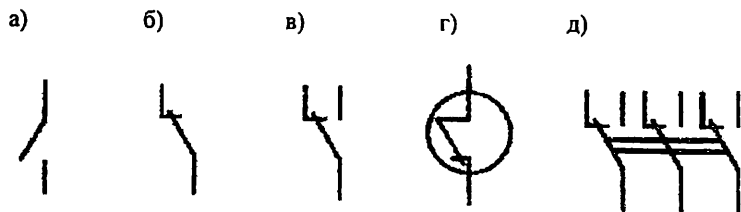
## VI БОБ АЛМАШЛАБ УЛАГИЧЛАР ВА РЕЛЕ

---

### 6.1. Таснифи ва асосий параметрлари

Алмашлаб улагичларнинг асосий вазифаси радиоаппаратураларда электр занжирини у ёки бу режимда ишлашини таъминлаш учун коммутация қилишдир.

Алмашлаб улагичлар иккита асосий элемент: контакт жуфтлари ва уни улаш – узиш механизмидан ташкил топган. Контактлар платина, олтин, кумуш ва уларнинг баъзи қотишмаларидан, шунингдек бронза, мис ёки вольфрамдан тайёрланади. Контактлар ясси конус, ясси сфера, цилиндр шаклида бўлиши мумкин. Улар қисиб турувчи ва сурилувчи бўлади (6.1–расм).



6.1–расм. Коммутация элементларининг схемаларда шартли белгиланиши: уловчи (а), узувчи (б), алмашлаб уловчи (в) контактлар, геркон (г) ва алмашлаб улагич (д).

Контактларнинг улаш – узиш механизмнинг ишлаш усулига қараб алмашлаб улагичлар босиладиган (кнопкалар ва клавишли), ташлама (тумблерлар) ва галетли, вазифасига кўра эса юқори частотали ва паст частотали, катта токли ва кичик токли бўлади (6.2–расм).

Алмашлаб улагичларнинг асосий параметрлари: ўтиш қаршилиги; контактлар орасидаги сигим; изоляция қаршилиги; контактлар қуввати; ишлаш муддати; маҳкамлаб қўйиш аниқлиги; массаси ва ўлчамлари.

Ўтиш қаршилиги контактларнинг материалга ва сиртининг ҳолатига боғлиқ. Контактлар орасидаги босим қанчалик катта ва улар қанчалик кам оксидланган бўлса, ўтиш қаршилиги шунчалик кичик ва контактлаш ишончлилиги шунчалик юқори бўлади. Одатда ўтиш қаршилиги  $0,01 \pm 0,03$  Ом га тенг.



6.2–расм. Галетли алмашлаб улагич.

Контактлар орасидаги сизим уларнинг ўзаро юза бўйича тўсилиши ва ораларидаги масофа билан, шунингдек улар ўрнатилган диэлектрикнинг тури билан аниқланади. Юқори частотали алмашлаб улагичларнинг сизими  $1 \div 2$  пФ дан катта бўлмаслиги керак.

Контактлар орасидаги изоляция қаршилиги уларнинг электрга нисбатан чидамлилигини белгилайди. Бу хусусият диэлектрикда юқори кучланиш таъсирида юқори қўбланиш ва сизилиш токининг катталаниши мумкин бўлган радиоузатув аппаратураларида айниқса муҳимдир.

Контактларнинг қуввати улашда чегаравий йўл қўйилган токнинг узгандаги чегаравий йўл қўйилган кучланишга кўпайтмаси билан аниқланади. Шу тоқлар ва кучланишларда алмашлаб улагичларнинг маълум ишлаш муддати давомида меъёрда ишлашига кафолат берилади.

Ишлаш муддати вақт бирликларида эмас, балки меъёрда ишлаётган узиб – улагичнинг улаб – узишлар сони билан аниқланади, у одатда бир неча мингдан бир неча миллион улаб – узишларга тенг бўлиб, контакт қувватига ҳам, иқлим омиллари таъсирига ҳам боғлиқ бўлади.

Маҳкамлаб қўйиш аниқлиги алмашлаб улагични маҳкамланган ҳолатидан чиқариш учун зарур бўлган кучни унинг оралик (маҳкамланмаган) вазиятда ҳаракатланиши учун лозим бўлган минимал кучга нисбати орқали ҳарактерланади. Алмашлаб улагичларда, кўпинча, контактларни қатъий берк (ёки очик) ҳолатда ушлаб турувчи ва уларнинг тебранишлар ва зарбаларда силжишига қаршилик қилувчи маҳкамловчи мослама (фиксатор) қўлланилади.

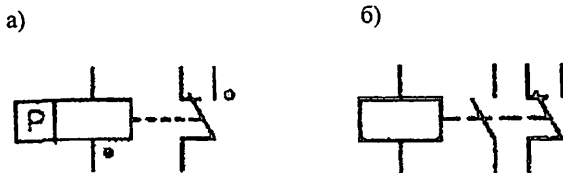
Масса ва ўлчамлари асосан қуввати ва алмашлаб улагич механизмининг турига, коммутацияловчи контакт жуфтлари сони ва бошқа омиллар билан аниқланади.

## 6.2. Реле

Алмашлаб улагичлар каби реле ҳам радиоқурилмаларнинг электр занжирларини коммутация қилишда ишлатилади. Бироқ, алмашлаб улагичда бу коммутация кнопкаларни, клавишларни механик босиш билан, тумблер

ричагининг галетли улагич тутгичининг вазиятини ўзгартириш билан амалга оширилса, реледа магнит ёки температура майдони таъсирида контакт жуфтларини бир вақтда узиш (улаш) юз беради.

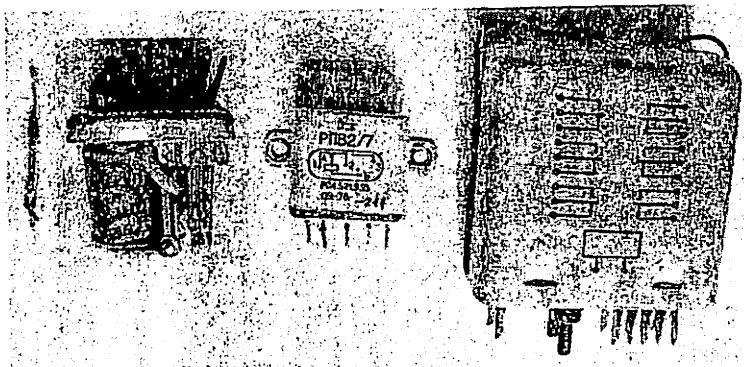
Ишлаш принципига кўра релелар электромагнит, магнитоэлектрик, электродинамик, индукцияли, электроиссиқлик, электрон ва бошқа турларга бўлинади (6.2–расм). Улардан энг кўп тарқалгани электромагнит релелардир. Улар контакт жуфтлари, якорь чўлғам, ўзак ва уларни механик йиғиш элементларидан ташкил топган.



6.2–расм. Релеларнинг схемаларда шартли белгиланиши: электромагнит (а) ва кутбли (б).

Коммутацияланувчи токнинг турига қараб ўзгармас ва ўзгарувчан ток релелари бўлиши мумкин. Ўзгармас ток релелари, ўз навбатида, нейтрал кутбланган релеларга ажралади. Нейтрал релелар чўлғамда ўзгармас ток борлигида ишлайди, кутбланганлари эса, контакт пластиналари орасида жойлашган якорга эга бўлиб, реле ишлаганда якорь чўлғамдан ўтаётган токнинг йўналишига қараб у ёки бу тарафга силжийди.

Конструкциясига кўра бу релелар электромагнит (бурувчи ёки тортувчи якорь билан) ва геркон (герметик контакт)ли (6.3–расм) бўлиши мумкин.



6.3 – расм. Электромагнит релелар ва геркон.



Ишлай бошлаш вақтига қараб релелар тез ишловчи (контакти билан 0,005 с да) нормал (0,005 с дан 0,015 с гача) ва секин ишловчи (0,015 с дан ортиқ) ларга бўлинади.

Реленинг асосий параметрлари: ишлай бошлаш ва қўйиб юбориш токи (кучланиш); ишлай бошлаш ва қўйиб юбориш вақти; ишлай бошлаш куввати; масса ва ўлчамлари; ишлатиш тавсифлари.

### Назорат саволлари

- 1. Алмашлаб улагичлар таснифини беринг ва асосий параметрларини айтинг.*
- 2. Ташилама ва галетли алмашлаб улагичлар қандай тузилган ?*
- 3. Реленинг ишлаши алмашлаб улагичларнинг ишлашидан қандай фарқ қилади ва релеларнинг қандай конструкцияларини биласиз ?*
- 4. Релеларнинг асосий параметрларини айтиб беринг.*

## VII БОБ АКУСТИК ҚУРИЛМАЛАР

### 7.1. Телефонлар ва динамикларнинг таснифи ва асосий параметрлари

Электр энергияни товуш ёки механик тебранишлар энергиясига ва аксинча ўзгартирадиган асбоблар акустик асбоблар деб аталади. Радиокарнай ва телефон электр энергияни акустик энергияга ўзгартирадиган қурилмадир.

Телефонлар бевосита эшитиш канали ҳажмига ишлашга мўлжалланган.

Телефонларнинг асосий параметрлари:

**Сезгирлик** – сунъий кулоқ камераси ҳажмининг ( $6 \text{ см}^3$ ) телефон ҳосил қилаётган товуш босимининг телефондаги кучланиш қийматига нисбати билан аниқланади

**Телефоннинг қайта берувчанликлиги** – 1000 Гц частотада кириш қаршилигига тенг қаршилиқ орқали телефонга стандарт 1 мВт қувват берилганда сунъий кулоқ камерасида ҳосил бўлувчи товуш босими.

Телефонларнинг қолган параметрлари радиокарнайникига ўхшайди.

Ишлаш принципига мувофиқ телефонлар электромагнит, электростатик, пьезоэлектрик ва изодинамик турларга ажратилади.

Динамик телефонлар кичик ўлчамли магнит тизимга эга динамик микрофонлардан фарқ қилмайди.

Радиокарнайлар бевосита нурлатувчи (тор бўғизли ва кенг бўғизли) рупорларга бўлинади.

Радиокарнайларнинг асосий параметрлари:

**Номинал қувват  $P_{ном}$**  – радиокарнай киришига бериладиган ва унинг механик мустаҳкамлиги, иссиқлик чидамлилиги ҳамда ночизикли бузилишлари билан чегараланган максимал электр қувват.

**Характеристик сезгирлик** – номинал частота диапазониди, ишчи ўқда, ишчи марказдан 1 м масофада радиокарнай ҳосил қилаётган ўртача товуш босими  $P_{урт}$  нинг радиокарнайга берилётган қувватнинг квадрат илдиз ости қийматига бўлинмасига тенг.

**Ўртача стандарт товуш босими** – радиокарнай киришига 0,1 кВт қувват берилганда номинал частота диапазониди ишчи ўқ бўйлаб радиокарнай ҳосил қилган ўртача товуш босимининг ишчи марказдан 1 м масофага келтирилган қиймати.

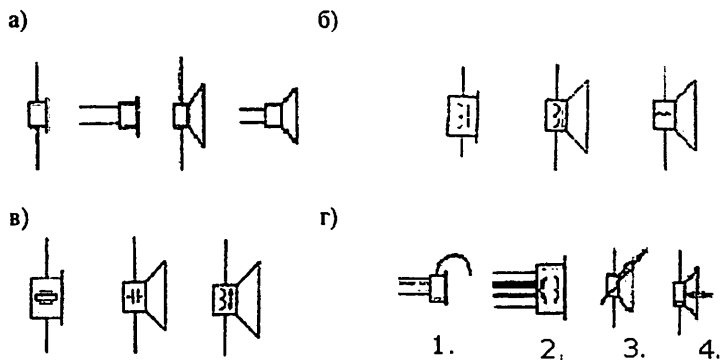
**Йўналганлик характеристикаси** – ишчи марказдан маълум масофада жойлашган эркин майдон нуктаси, радиокарнай ишчи ўқи ва эркин майдондаги нуктага бўлган йўналиш ҳосил қилган бурчак орасидаги  $F$  частотада ёки  $\Delta F$  частоталар полосасида  $F_{урт}$  ўртача частотали товуш босимининг боғланиши.

**Фойдали иш коэффиценти** – радиокарнай нурлантираётган акустик қувватни  $P_a$  киритилаётган  $P_{эл}$  электр қувватга нисбати.

$$\eta = P_d / P_{zt}$$

Ночизикли ва частота бузилишлар, частоталар диапазони муҳим параметрлар каторига киради.

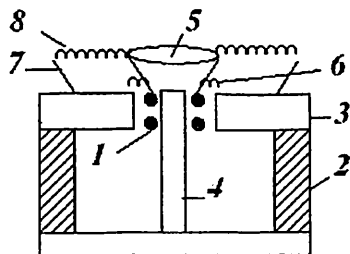
Радиокарнай ва телефонларнинг шартли белгиланиши 7.1 – расмда келтирилган.



7.1–расм. Радиокарнай ва телефонларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши: умумий белгиланиши (а), электродинамик турлари (б), пьезоэлектрик турлари (в) ва бошга илдирилувчи (г, 1), стерео (г, 2), товуши росланувчи (г, 3), радиокарнай–микрофон (г, 4).

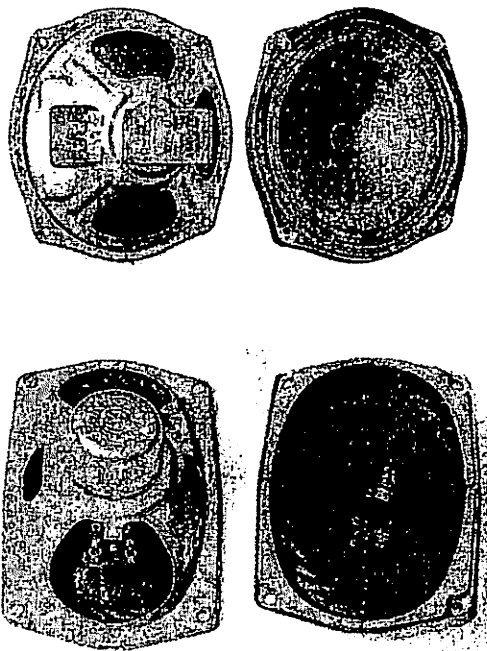
## 7.2. Динамикларнинг турлари

Диффузорли динамик радиокарнай. Бундай радиокарнайнинг тузилмаси 7.2 – ва умумий кўриниши 7.3 – расмларда кўрсатилган.



7.2–расм. Диффузорли динамик радиокарнай тузилмаси.

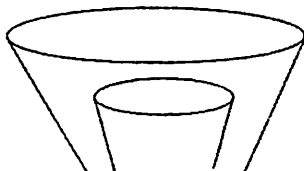
Диффузорли радиокарнайнинг иш принципи куйидагича: товуш ғалтаги 1 га товуш частотали кучланиш берилади. Ғалтак ўзгармас магнит майдон (магнит 2) да юкориги фланец 3 ва керн 4 оралигида жойлашади. Ғалтак диффузор 5 га мустаҳкам ўрнатилган ва юкори фланецга маркашлатирувчи шайба 6 билан юкори фланецга котирилган. Диффузор юкори томондан диффузор тутгич 7 га гофрэли эгилувчан “воротник” 8 билан маҳкамланган. Ўзгармас магнитнинг магнит майдони ва товуш ғалтагининг ўзгарувчан магнит майдонлари таъсири остида ғалтак ва диффузорли ҳаракатлантирувчи куч ҳосил бўлади, ўз навбатида, диффузор атроф муҳитга товуш сигналларини нурлантиради. Диффузор ўлчамлари катта бўлганда – паст частотали нурлатгич вазифасини, кичик бўлганда эса – юкори частотали нурлатгич вазифасини бажаради.



7.3–расм. Радиокарнайнинг умумий кўринишлари.

Диффузорли радиокарнайларнинг асосий камчилиги фойдали иш коэффициенти (ФИК)нинг кичиклигидир.  $\eta = 4\div 5\%$  ни ташкил этади. Бундай радиокарнайларнинг ФИК механик резонанс частотасида максимумга эришади, ўрта частоталарда нисбатан ўзгармас бўлиб, юкори частоталарда камаяди.

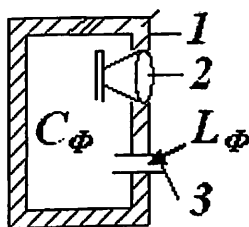
Радиокарнай ишчи частоталар диапазонини кенгайтириш учун кенг поласали икки конусли радиокарнайлардан фойдаланилади (7.4–расм).



7.4–расм. Икки конусли радиокарнай.

Фазоинвертор паст частоталарда радиокарнай сезгирлигини ошириш, акустик киска туташувни йўқотиш, частота ва ночизикли бузилишларни камайтириш учун хизмат қилади.

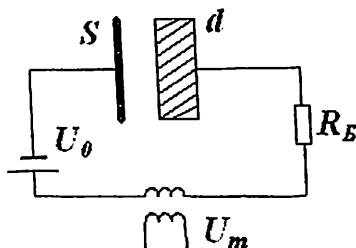
Олд томони юзасига радиокарнай 2 ўрнатилган, нурлатгичнинг орқа томон нурланиши ташқарига чиқиши учун хизмат қилувчи очик тирқиш 3 хосил қилинган яшик 1 фазоинверторни ташкил этади (7.5–расм).



7.5–расм. Фазоинвертор.

Яшикнинг геометрик ўлчамлари радиокарнай орқа томони нурланишидан хосил бўлган паст частотали сигнал яшикнинг ички юзасидан қайтиб, очик тирқишдан чикганда, радиокарнай олд томони тарқатган нурланиш билан бир хил фазада чиқадиган қилиб танланади. Натижанда, қабул қилинаётган нуқтада товуш босимлари қўшилади ва паст частоталарда товуш босимлари кучайиши содир бўлади. Радиокарнайнинг орқа томон деворларидан кўп марта қайтиб очик тирқишдан чиқишда радиокарнай олд томон нурланишига нисбатан ихтиёрий фаза силжиши билан чиқиши мумкин. Бунинг натижасида юқори частоталарда қабул қилиш нуқтасида босим пасайиши юз беради ёки хатто сигнални сўндирувчи акустик киска туташув хосил бўлиши мумкин. Бундай бўлмаслиги учун яшикнинг орқа томони деворини юқори частоталарни ютувчи ғовак материал билан қопланади.

Электростатик (конденсаторли) радиокарнай – конденсатор ҳосил қилувчи иккита пластинадан иборат. Пластиналардан бири юпка ҳаракатланувчан, иккинчиси эса ҳаракатланмайдиган – қовурғали ярим цилиндрни ташкил этади. Электродларга қутбланувчи кучланиш  $U_0$  ва трансформатор орқали товуш частотали ўзгарувчан кучланиш берилади (7.6–расм).



7.6–расм. Электростатик радиокарнай.

Пластиналардаги зарядлар таъсирлашуви ҳисобига (зарядларнинг бир хил ишоралилари итаришади, турли ишоралилари эса тортишади) ҳаракатланувчи пластинани ҳаракатга келтирувчи  $F$  куч ҳосил бўлади. Ҳаракатланувчи пластина муҳитга товуш сигналани нурлантиради.

Акустик тизимларда конденсаторли радиокарнайлар юқори частотали нурлатгич сифатида ишлатилади.

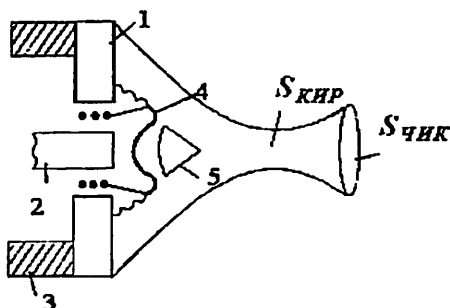
**Изодинамик радиокарнай.** Бундай радиокарнайда нурлатгич сифатида енгил ва мустаҳкам полимер пардадан ишланган ясси диафрагма қўлланилади. Бундай парда сиртида эритиш усули билан ихтиёрий шаклдаги ток ўтказувчи товуш ғалтакларини ҳосил қилиш мумкин.

Сиртида товуш ғалтаги ҳосил қилинган диафрагмани тўғри тўртбурчак шаклдаги доимий магнитларнинг бир хил қутблари орасига жойлаштирилади.

Изодинамик радиокарнай юқори частотали тебранишларни самарали нурлатиш учун ишлатилади.

**Рупорли радиокарнай** залларни ва очик майдонларни овозлантиришда қўлланилади ва тор бўғизли (юқори частота нурлатувчи) ҳамда кенг бўғизли (юқори частота нурлатувчи)ларга ажратилади. Бундай радиокарнайлар товуш тўлқинларни ўқ бўйлаб концентрлангани ҳисобига йўналтирувчи хусусиятга яққол намоён бўлади. Тор бўғизли рупорли радиокарнай тузилиши 7.7–расмда кўрсатилган. У диффузорли радиокарнай каби юқорида ва пастда жойлашган фланецлар 1, керн 2, магнит 3 дан ташкил топган. Юқоридаги фланец билан керн орасида товуш ғалтаги жойлашган бўлиб, унга товуш частотали сигнал берилади. Ғалтак диафрагма 4 га маҳкамланган. Ўзгармас магнит майдони билан ғалтакнинг ўзгарувчан магнит майдони таъсирлашуви натижасида ғалтакни ва диафрагмани тебратувчи куч юзага келади.

Диафрагма рупоролди камеранинг акустик трансформаторни ташкил этувчи кичик ҳажмдаги ҳавосини тебратади (дифрагма ва рупор  $S_{КНР}$  орасидаги).



7.7 – Тор бўғизли рупорли радиокарнай.

Рупоролди камерада диафрагма олдида товуш сочувчи 5 жойлашган. Бундай радиокарнайлар ФИК  $\eta = 20 \div 25 \%$  ни ташкил этувчи акустик трансформатори мавжудлиги учун ўрта ва юқори частота тўлқинларини яхши нурлантиради.

Кенг бўғизли рупорли радиокарнайларда рупоролди камераси бўлмайди ва уларга  $S_{КНР}$   $S_{ЧНҚ}$  дан кўп фарқ қилмайди. Рупор қаршиликларининг атроф муҳит ҳамда рупор ва механик тебранувчи тизим билан мослаштирилгани натижасида нурланувчи кувват рупор ишлатилганда у ишлатилмаганга нисбатан катта бўлади,  $\eta = 5 \div 7 \%$ .

Частотаси, куввати ва қатор бошқа параметрлари бўйича махсус танланган ҳамда маълум акустик параметрларга эга умумий корпусга жойлаштирилган радиокарнайлар акустик тизимларни ташкил этади.

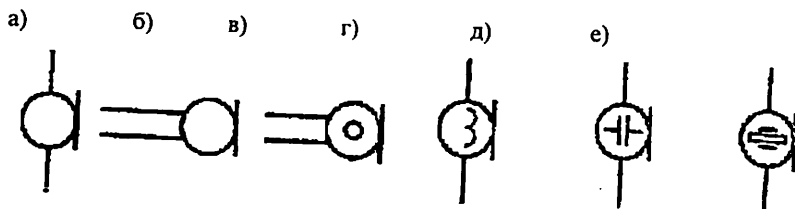
Бунинг учун частоталар паст, ўрта ва юқори частотали тўлқинларга ажратилади. Эшитиш аппаратининг сезгирлиги паст частоталар диапазонида кичикроқ бўлгани сабабли паст частотали (30 Гц ÷ 1кГц) головкалар куввати каттароқ бўлмоғи лозим.

Ўрта частота нуртлатгичлари (250 ÷ 5000 Гц) сифатида кенг полосали радиокарнайлар олинади.

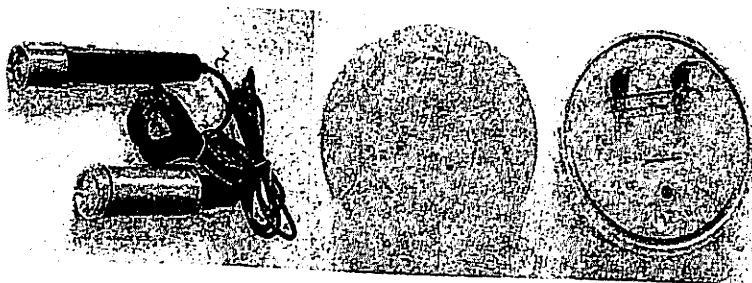
Юқори частотали радиокарнайларнинг йўналганлиги паст частоталарникига нисбатан каттароқ бўлгани сабабли акустик тизимларда паст частотали нурлатгичларга нисбатан юқори частота нурлатгичлари кўпроқ ишлатилади. Бунда товуш майдони текислигини таъминлаш учун юқори частотали радиокарнайлар ўқлари турли йўналишларга йўналтирилади.

### 7.3. Микрофонларнинг таснифи ва асосий параметрлари

Микрофон вазифаси товуш тўлқинларини электр сигналларга ўзгартиришдан иборат бўлган қурилмадир. микрофонларнинг электр схемалардаги шартли белгиланиши 7.8–расмда ва микрофоннинг умумий қўриниши 7.9–расмда келтирилган.



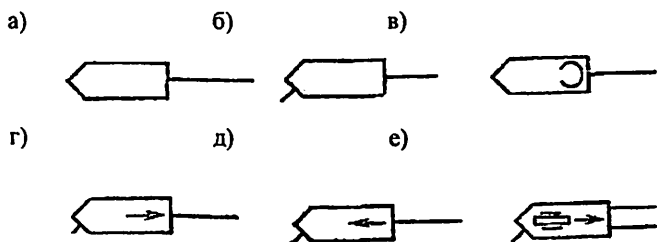
7.8–расм. Микрофонларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши: умумий белгиланиши (а, б), углеродли (в), электродинамик (г), конденсаторли (д) ва пьезоэлектрик (е).



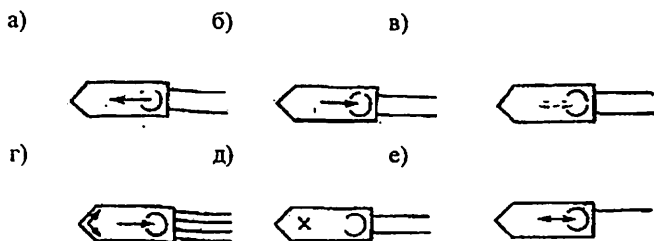
7.9–расм. Микрофонларнинг умумий қўриниши.

Акустик головкалар. Овоз ёзиш ва овоз чиқариш қурилмаларида (рекордерлар, оптик ва магнит овоз ёзиш ҳамда овоз чиқариш) ишлатиладиган акустик головкаларни шартли белгилари 7.10, 7.11, 7.12 ва 7.13–расмларда келтирилган.

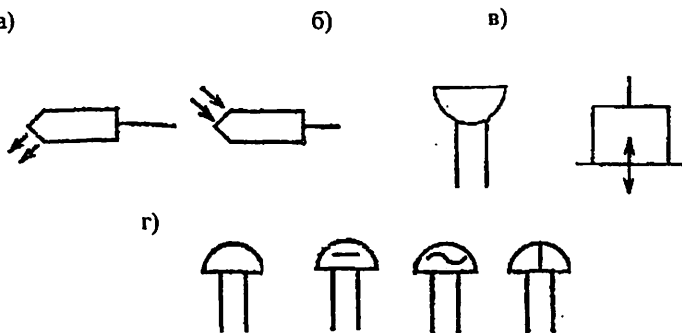




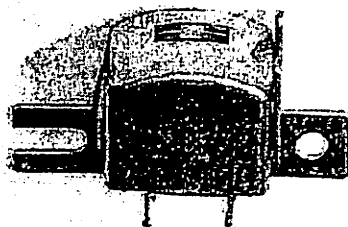
7.10–расм. Акустик головкаларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши: овоз ёзиб олувчи (а), механик усулда овоз ёзувчи (б), магнит (в), овоз ўқувчи (г), овоз ёзувчи (д) ва пьезоэлектрик ўқувчи (е).



7.11–расм. Акустик магнит головкаларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши: овоз ёзувчи (а), овоз ўқувчи (б), универсал (в), стереофоник (г), овоз ўчирувчи (д) ва йўлакчалар сонини кўрсатувчи (е).



7.12–расм. Оптик головкалар (а), зуммерлар (б), ультратовушли гидрофон (в) ва электр кўнгироклар.



7.13–расм. Акустик магнит головкаларнинг умумий кўриниши.

Микрофон ва акустик головкаларнинг асосий параметрлари:

**Ўқ бўйича сезгирлик** – микрофон чиқишидаги кучланишни микрофон акустик ўқи йўналишида синусоидал товуш тўлкини тушганда эркин майдондаги товуш босимига (паскалларда) нисбати

$$E_o = \frac{U}{P}$$

Сезгирликни салт юриш кучланиши ёки 1000 Гц частотада микрофон ички қаршилиги модули билан белгиланадиган номинал юкламадаги кучланиш билан аниқланади.

Ўқ бўйича сезгирликнинг стандарт сатҳи – 1 Па товуш босимида номинал қаршиликда ҳосил бўлаётган ва децибелларда ўлчанадиган кучланишнинг  $P_o = 1$  мВт қувватга мос кучланишга нисбати, яъни  $P_{\text{мос}} = 1$  Пага тенг бўлгандаги микрофоннинг номинал юкламага бераётган қуввати сатҳи.

$$N_{\text{ср}} = 10 \lg \frac{P}{10^{-3}} = 10 \lg \frac{U^2}{R_{\text{ном}} 10^{-3}} = 20 \lg \left( \frac{E_o}{\sqrt{R_{\text{ном}} 10^{-3}}} \right)$$

**Йўналтирилганлик** характеристикаси  $D(\theta) = E_{\theta}/E_{\text{рк}}$ , микрофон акустик ўқиға бурчак оастида тушаётган товуш тўлкинларига сезгирликнинг ўқ бўйича сезгирлигига нисбати билан баҳоланади. Йўналганлик диаграммаси одатда кутб координаталарида қурилади. Йўналмаган микрофон учун йўналганлик диаграммаси айланма шаклда бўлади ва  $D(\theta) = 1$ ; қўш йўналган учун – ётқизиглан саккиз ва  $D(\theta) = \cos \theta$ , якка йўналишли учун – кардиоида ва  $D(\theta) = 0,5(1 + \cos \theta)$ .

Йўналганлик коэффициенти – ўқ бўйича сезgirлиги квадратининг диффузия майдондаги сезgirлиги квадратига нисбати билан баҳоланади.

$$\Omega = E_o^2 / E_{\text{диф}}^2.$$

Децибелларда ифодаланган йўналганлик коэффициенти йўналганлик индекси деб аталади.

$$Q = 10 \lg \Omega$$

Йўналтирилмаган микрофон учун  $Q = 0$ , йўналтирилгани учун эса  $Q > 0$ .

Фронт/“орқа томон” сигналлар нисбати сигналга нисбатан шовқинлар дискриминация қийматини кўрсатади.

$$Q_{\text{ф/от}} = 20 \lg \frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{от}}}$$

Частота характеристикаси деб ўқ бўйича сезgirлиги ёки унинг сатҳини частотага боғлиқлигига айтилади. Унинг нотекислигига қараб частотавий бузилишлар ҳақида фикр юритилади.

Микрофоннинг хусусий шовқинлар сатҳи – микрофонга хусусий шовқинларга эквивалент товуш босими таъсир этганда микрофон чиқишидаги кучланишнинг бўсағавий сезиш катталигига  $P_o = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

$$N_{\text{ш}} = 20 \lg \left( \frac{P_{\text{ш}}}{P_o} \right) = 20 \lg \left( \frac{U_{\text{ш}}}{E_o \cdot 2 \cdot 10^{-5}} \right) \cdot$$

Микрофонларнинг айтиб ўтилганлардан ташқари жуда муҳим ночизикли бузилишлар, динамик ва частотавий диапазон каби характеристикалари мавжуд.

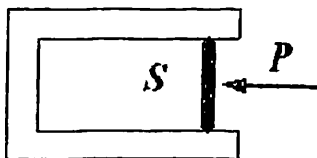
Энергияни ўзгартириш принципига кўра микрофонлар электродинамик, электростатик, электромагнитли ва релелиларга бўлинадилар. Электродинамик микрофонлар ғалтакли ва тасмали бўлади.

#### 7.4. Микрофон акустик головкаларининг турлари

Акустик характеристикалари бўйича барча микрофонлар босим қабул қилувчи, босим градиентини қабул қилувчи, комбинациялашган ва гурухли микрофонларга бўлинади.

Босим қабул қилгичларда тизимнинг ҳаракатланувчи қисми товуш тўлқинлар учун фақат бир томдан очик (7.14–расм).

Бундай тизимларга товуш тўлкинлари таъсирида поршень юзасига тик ўк бўйлаб ҳаракатланувчи поршень мисол бўла олади. Бу тизимда поршеннинг орқа томони товуш тўлкинлари учун ёпиқ.



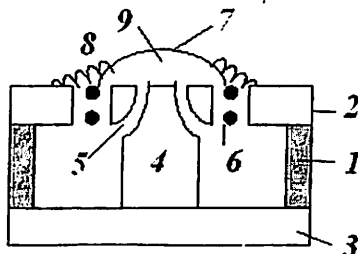
7.14–расм. Босим қабул қилгич.

Босим градиентини ассиметрик қабул қилувчилар фронтал ва орқа томондан келаётган овоз тўлкинлари учун турли сезгирликни намоён қиладилар, уларнинг йўналганлик диаграммаси – кардиогадир.

Комбинациялашган микрофонлар электр ва акустик комбинациялашганларга бўлинади.

Микрофонлар билан кенг зонани текис эгаллаш зарур бўлган ҳоллар учраб туради. Бунда ишчи ўқлари параллел йўналган, йўналганлик характеристикаларининг ён зоналари қўшилувчи микрофонлар “линейкасида” фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.

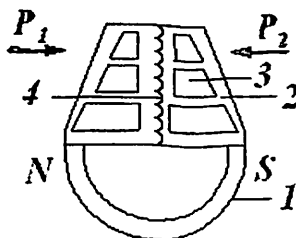
Электродинамик ғалтакли микрофон (МД). Ғалтакли микрофон цилиндр шаклидаги ўзгармас магнит 1, пастки 3 ва юқоридаги 2 фланецларга эга (7.15–расм). Марказида думалоқ марказий стержен (керн) 4 жойлашган. Унда тўлик очик каналлар 5 мавжуд. Юқори фланец ва марказий стержен орасига товуш ғалтаги 6 жойлаштирилган. Товуш ғалтаги дўнг сифат диафрагма 7 билан мустаҳкам боғланган. Диафрагма эса юқори фланецга гофрэланган шайба 8 орқали маҳкамланган. Керннинг юқори томон сирти ипак газлама 9 билан беркитилади. Микрофоннинг тузилишидан унинг босим қабул қилгичлиги кўриниб турибди, демак йўналганлик диаграммаси айланадан иборат.



7.15–расм. Ғалтакли микрофон тузилиши.

Бундай микрофоннинг ишлаш пиринципи куйидагича:  $S$  – юзага эга диафрагмага маҳкамланган товуш ғалтаги микрофон ўқи бўйлаб тебранади. Ғалтак ўрамлари радиал магнит майдон куч чизикларини уларга тик йўналишда кесади. Натижада ғалтакда электр юритувчи куч (ЭЮК) ҳосил бўлади. Ишлаш принциpidан бундай микрофонлар индуктив кўринишдаги ўзгартгич эканлиги кўриниб турибди. Ғалтакли микрофонлар эшиттиришларни ташкил этишларда ишлатилади; юқори механик мустаҳкамликка эга; микрофонни узун кабель орқали кучайтиргич билан улаш имконияти мавжуд; кўшимча электр манбалар талаб қилмайди.

**Электромагнит тасмали микрофон (МЛ, МЛС).** Тасмали микрофон тақасимон магнит 1, кутбли наконечник 2, симметрик тирқиш 3 ва юпка гофрланган тасмадан ташкил топган (7.16–расм). Тасма қалинлиги  $2\div 2,5$  мкм, кенглиги 2 мм, узунлиги  $25\div 30$  мм ни ташкил этади ва эгилювчанлиги юқори бўлиши билан етарли мустаҳкамликка ва кичик массага эга. Микрофон конструкциясидан бу босим градиентини симметрик қабул қилувчилиги кўриниб турибди, демак унинг йўналганлик диаграммаси саккиз кўринишида, яъни кўш йўналган.



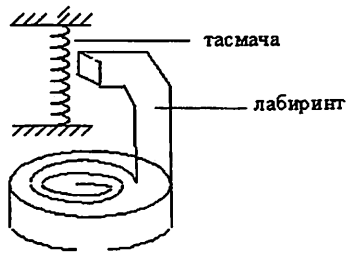
7.16–расм. Тасмали микрофон тузилиши.

Микрофоннинг ишлаш принципи:  $P_1$  ва  $P_2$  товуш босимлари остида эгилювчан тасма ўзгармас магнит майдон куч чизикларини кесган ҳолда тебранади. Бунинг натижасида тасмада ЭЮК индукцияланади.

Тасмали микрофоннинг иш принциpidан унинг индуктив ўзгартгичлиги намоён бўлиб турибди. Ҳосил бўлаётган ЭЮК бир неча милливольтни ташкил этади.

**Акустик комбинациялашган тасмали микрофон** конструкцияси бўйича юқорида келтирилгандан тасманинг оз қисми бир томондан қайтган тўлқинларни йўқотиш учун товуш ютувчи материал билан тўлдирилган лабиринт билан тўсилган (7.17–расм).

Электр комбинациялашган тасмали ғалтакли микрофон босим қабул қилгич ва бири иккинчиси устига жойлашган тасмали босим градиенти қабул қилгичдан тузилган. Иккала микрофонни ёки биттасини улаб уч хил йўналганлик диаграммасини олиш мумкин.

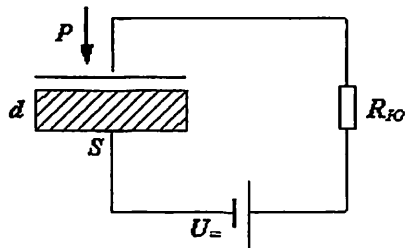


7.17–расм. Лабиринт.

Тасмали микрофонлар юкори сезгирликка эга, частота характеристикалари яхши, частоталар диапазонининг кенг оралигида ишлайди. Радиоуйлар ва телемарказлар студияларида ишлатилади.

Бундай микрофонларнинг камчилиги улардан очик майдонларда фойдаланиш имконияти йўклигидир.

**Конденсаторли микрофонлар (МК.)** Конденсаторли микрофон ясси конденсатор ҳосил қилувчи иккита платинадан иборат (7.18 – расм). Улардан бири – диафрагма вазифасини бажарувчи, қалинлиги 20÷30 мкм бўлган юпка металлштирилган платинадан иборат, иккинчиси эса катта массали қилиб тайёрланган платинадир.



7.18–расм. Конденсаторли микрофон тузилиш схемаси.

Микрофон конструкциясидан у айлана кўринишидаги йўналганлик диаграммасига эга товуш босимларини қабул қилувчилиги кўриниб турибди. Микрофоннинг ишлаш принципи қуйидагича: конденсатор ҳосил қилувчи юпка платина (дифрагма) товуш босими  $P$  остида тебранма ҳаракат қилади. Натижада конденсатор қопламалари орасидаги масофа ўзгаради. Бу конденсатор сизимининг ўзгаришига пластиналар яқинлаштирилганда сизимнинг ошишига (конденсатор зарядланишига) ва пластиналар

узоклаштирилганда сизимнинг камайишига (конденсатор разрядланишига) олиб келади.

Юклама қаршилик орқали конденсаторнинг зарядланиш ёки разрядланиш токи оқади ва ундаги кучланиш қиймати товуш сигнали ўзгариш қонуниятига асосида ўзгаради.

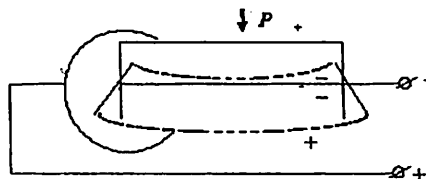
Бундай микрофоннинг ишлаш принциpidан унинг сизим кўринишидаги ўзгартгичлиги аёнлашиб турибди.

Микрофоннинг камчилиги сифатида у ишлаши учун ўзгармас кучланиш манбаи бўлиши зарурлигини, микрофон билан кучайтиргичнинг конструктив умумлашганини (кабель билан улаш мумкин эмас) келтириш мумкин. Юқори қийматли юклама қаршиликдан фойдаланилгани сабабли хусусий шовқинлари катталигини ҳам айтиш керак.

Электрет микрофон (МКЭ). Бундай микрофон ишлаш принциpi ва конструкцияси конденсаторлиларникидек. Фарқи ўзгармас кучланиш манбаининг йўқлигидир.

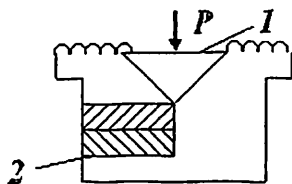
Мембраналари кутбланишни узок йиллар сақлаш хусусиятига эга бўлган материаллардан тайёрланади.

Пьезомикрофонлар. Бундай микрофонлар конструкцияларида пьезоэффектга эга бўлган материаллар (сегнет тузи, барий титанати) ишлатилади. Бундай материаллардан биморф элемент (иккита ўзаро бириктирилган пластиналар) тайёрланади. Биморф элементга товуш босимининг таъсири остида юқори пластина сиқилиш деформациясига, пасткиси – чўзилиш деформациясига учрайди (7.19–расм).



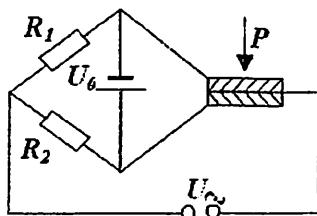
7.19–расм. Биморф элемент тузилиши.

Микрофон биморф элементнинг эркин учида 2 товуш босими таъсирида бир нуктага тўпланган юклама ҳосил қилувчи диафрагмадан 1 тузилган (7.20–расм). Юклама ҳисобига биморф элемент деформацияланади ва унинг ўрамларида товуш босимига мувофиқ ўзгарувчи потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. Унинг йўналганлик диаграммаси – доира. Пьезоэлемент сизими  $500 \div 1500$  пФ. Бундай телефонлар сезгирлиги юқори, частоталар диапазони тор  $100 \div 5000$  Гц. Бундан ташқари уларнинг механик мустаҳкамлиги паст, намликка ва температура таъсирига чидамсиз, температураси  $45^{\circ}\text{C}$  дан ошмаслиги керак. Бундай микрофонлар товуш аппаратларида қўлланилади.



7.20–расм. Пьезоэлектрик микрофон тузилиши.

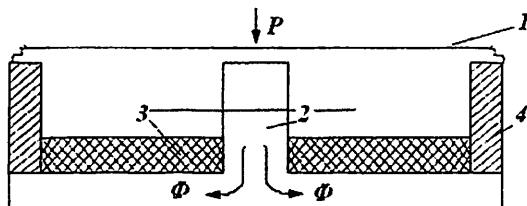
**Яримўтказгичли микрофонлар.** Яримўтказгичли микрофонлар тузилиши пьезоэлектрик микрофонларникидек, фақат биморф элемент яримўтказгич материалдан тайёрланади. Ишлаш принципи пьезорезистив эффектга асосланади. Электр схемаси 7.21–расмда кўрсатилган.



7.21–расм. Микрофоннинг электр уланиш схемаси.

Яримўтказгичли микрофонлар юқори сезгирликка эга, таъминлаш токи кичик, лекин ишлаш частоталари дапазони тор бўлади, шунинг учун фақат сўзлашув сигналлари учун ишлатилади.

**Электромагнит микрофонлар (МЭМ, ДЭМШ).** Микрофон тузилиши 7.22–расмда келтирилган.

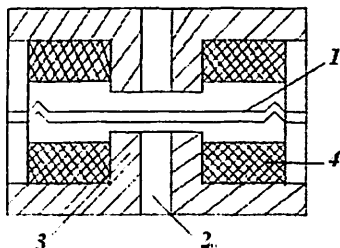


7.22–расм. Электромагнитли микрофон тузилиши.



Товуш босими таъсири остида диафрагманинг 1 тебраниши хисобига керн 2 билан диафрагма орасидаги масофа ўзгариб ўзгармас магнит майдонда 4 жойлашган товуш галтагини кесиб ўтувчи магнит окими ўзгаради. Ғалтақда ҳосил бўлувчи ўзгарувчан кучланиш товуш босими ўзгариш қонуниятига мос бўлади. Бундай микрофон босим қабул қилгич частота характеристикалари нотекслиги ва тор частота диапазонида ишлаши сабабли фақат сўзлашув сигналларини қабул қилиш учун ишлатилади.

Босим градиенти қабул қилувчи электромагнит микрофон тузилиши 7.23–расмда кўрсатилган. У товуш босимлари фарқи ( $P_1-P_2$ ) таъсирида тебранувчи битта диафрагма 1 ҳамда иккита товуш босимини қабул қилувчи микрофонлардан тузилган. Товуш босимлари фарқи диафрагмага керндаги очик каналлар 2 орқали ўтиб таъсир қилади. Натижада диафрагма ва керн орасидаги масофа ўзгаради. Бу ўз навбатида кетма – кет уланган товуш ғалтақлари 4 ни кесиб ўтувчи магнит окимининг ўзгаришига олиб келади. Ғалтақларда индукцияланувчи кучланишлар арифметик қўшилади.



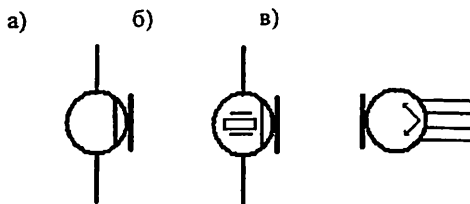
7.23–расм. Товуш босими градиентини қабул қилувчи электромагнит микрофон тузилиши.

Ушбу микрофонларнинг ҳалақитбардошлиги юқори. Уларни дифференциал, ҳалақитбардош, электромагнит микрофонлар деб аталади (ДХЭМ), босим қабул қилувчи микрофонлар каби қўлланилади.

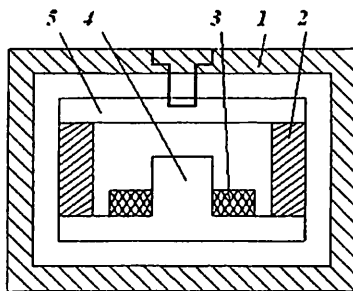
**Радиомикрофонлар.** Товуш кучайтириш амалиётида радиомикрофонлар кенг тарқалган. Улардан фойдаланилганда ижрочининг саҳна бўйлаб силжишлари микрофон кабелига боғлиқ бўлмаслиги радиомикрофоннинг оддий микрофонларга нисбатан афзаллигини ташкил этади. Бундай ҳолларда ижрочи қўлидаги ёки унинг кийимига маҳкамланган микрофон маълум масофада жойлашган радиоқабул қилгичга ишлайдиган кичик ўлчамли радиоузатгичга эга бўлади. Антенна сифатида изоляцияланган бир парча симдан фойдаланилади. Микрофон қабул қилган сигнал кучайтирилгандан сўнг қувват кучайтиргичга узатилиб залга эшиттирилади. Радиомикрофонларнинг асосий камчилиги динамик диапазонининг чекланганлигидадир. Улар радиоҳизмат комплексларида қўлланилади.

Радиоузатгич радиотўлкинларнинг метрли диапазонида, 50÷200 метр масофада, 10÷50 мВт қувватда ишлайди.

**Ларингофонлар.** Ларингофон – инсон гаплашганда бўйин мушаклари тебранишлари орқали нутқни қабул қилувчи қурилма (7.24 – расм). Барча ларингофонлар бўйинга жуфт холда сиқиб қўйилган ҳолда ишлатилади. Бунда улар электр кетма – кет уланади. Углеродли ва электромагнитли ларингофонлар мавжуд. Электромагнитли ларингофон тузилиши 7.25–расмда кўрсатилган.



7.24–расм. Ларингофонларни электр схемаларда белгиланиши: умумий белгиланиши (а), пьезоэлектрик (б) ва стерео (в).



7.25–расм. Ларингофон тузилиши.

Бўйиннинг механик тебранишлари ларингофон корпуси 1 ни тебраниради. Магнит 2 ва товуш ғалтаги 3 ҳосил қилган масса инергия билан тескари фазада тебранади. Шунинг учун керна 4 ва пластина 5 орасидаги оралиқ бўйин тебранишларига мос ўзгаради. Пластина маркази корпусга маҳкамланади. Оралиқнинг ўзгариши магнит оқимининг ўзгаришига олиб келади. Ғалтак ўрамларини кесиб ўтувчи магнит оқими ўзгаришлари ҳисобига ғалтакда ЭЮК индукцияланади. Бундай ларингофонлар электромагнит микрофонларникига ўхшаш параметрларга

## Назорат саволлари

1. *Акустик қурилмаларга таъриф беринг ва асосий параметрларини келтиринг.*
2. *Динамикларнинг турлари.*
3. *Фазоинверторнинг вазифаси нимадан иборат ?*
4. *Акустик тизимга нималар кирди ?*
5. *Микрофонларга таъриф беринг ва асосий параметрларини келтиринг.*
6. *Акустик головкаларнинг турлари ва асосий параметрлари.*
7. *Микрофонларнинг турлари.*
8. *Ларингофоннинг тузилиши ва ишлаш механизмини кўрсатинг.*

**VIII БОБ**  
**РАДИОЭЛЕКТРОН АППАРАТУРАЛАРНИНГ**  
**ЯНГИ АВЛОД БАЗА ЭЛЕМЕНТЛАРИ**

---

**8.1. Юзага монтаж қилиш технологияси учун элементлар**

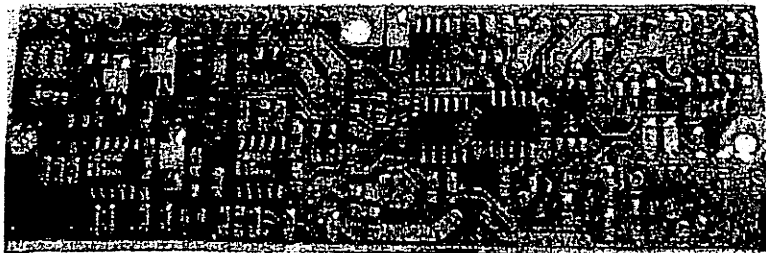
Турли мақсадларга хизмат қилувчи замонавий электрон қурилмаларда юзага монтаж қилиш учун **Surface Mounting Details (SMD)** компоненталар қўлланилади.

Бу технология қатор афзалликларга эга бўлиб:

- маҳсулотларни автоматик усулда йиғиш, йиғмаларнинг юқори сифатлилигини ва ишончилигини таъминлайди;
- юқори технологияликни;
- йиғиш жараёнига кетадиган вақтни камайтириш имконини беради.

SMD технологияси туфайли босма платалар ўлчамлари ва мос равишда уларни тайёрлаш нархи 1,5÷3 марта камайди. Бу SMD компоненталар нарҳининг пастлиги билан биргаликда маҳсулот таннарҳининг арзонлашувига олиб келди. Ишлаб чиқарувчиларда монтажнинг бошқа усуллари билан ўрнатилиши мураккаб бўлган ихтиёрий келишилган ўлчамлардаги (энг кичик ўлчамлар билан биргаликда кичик кадамларни эътиборга олган ҳолда) компонентлардан фойдаланиш имконияти пайдо бўлди. Қутбли элементларни нотўғри ўрнатилиши ва янглиш номиналдаги компоненталар ўрнатилиши билан боғлиқ муаммо мутлако йўқолди. Технологик жараённинг мослаштирилувчанлиги ва ишлаб чиқариш линиясини бошқа маҳсулот ишлаб чиқаришга қайта қуриш тезлигининг катталиги, хатто кам миқдордаги платаларни линияларда йиғишни мақсадга мувофиқ қилиб қўйди.

SMD – компоненталар босма платалар йўлакчаларига тўғридан – тўғри қавшарланади (8.1–расм).



8.1–расм. Юзага монтаж қилиш технологиясида тайёрланган босма плата.

Кўп платаларда элементларнинг позициялар бўйича белгилар мавжуд. Белгилар ҳарф ва қурилма ёки функционал блок схемасида элементнинг шартли рақамини англатувчи бир неча рақамдан иборат бўлади. *Q* – ҳарфи билан одатда аналог транзисторлар, *D* – ҳарфи билан калит транзисторлар ва диодлар, *Z* ёки *ZD* – стабилитронлар, *R* – резисторлар, *C* – конденсаторлар, *L* – индуктивликлар (иловада келтирилган).

SMD – компонентлари ўлчамлари уларнинг қобиклари стандарт маркалар ёзилиши учун жуда кичиклик қилади. Шунинг учун бундай компонентларни маркалаш учун махсус тизим мавжуд: асбоб қобиғига икки ёки уч символдан иборат код ёзилади (иловада келтирилган).

**Tape Automated Bonding (TAB)** технологияда кремний кристаллари чип оёқчаларининг ички уланишларини такомиллаштирувчи полимер тасмага ўрнатилади. Чип оёқчаларини иккинчи сатҳ йиғмасига (чуқур босма платага ёки бошқа асосга) улаш полимер тасманинг ташқи оёқчалари ёрдамида амалга оширилади. TAB компонентлари ташқи оёқчаларини асос билан улаш учун одатда контакт кавшарлаш, иссиқ газ билан кавшарлаш ёки лазерли микропайванд усулларидан фойдаланилади.

TAB технология дунёнинг жуда чегараланган сондаги етакчи технологик фирмалари томонидан тўлиқ ўзлаштирилган.

Охири йилларда **Ball Grid Array (BGA)** барча инфраструктураси тез суръатлар билан ривожланди ва ҳозир пластик, керамик, металл, шишакомпозит, тасмали ва бошқа, ҳамда аънавий BGAни эмас, кўпроқ очик кристалларни эслатувчи микро – mBGA маълум.

Ҳозирги кунда бизга яхши таниш бўлмаган **Chip-Scale Packages (CSP)** компонентлар ўзининг ривожланиш даврини ўтмоқда. CSP одатда ўлчами кристалл ўлчамига нисбатан 20 % дан катта бўлмаган компонент сифатида аникланади. Бу компонентлар биринчи навбатда қўлланиладиган соҳалар хотира қурилмалари (айникса, флэш), бошқариш микросхемалари (аналог – рақамли ўзгартгичлар, кириш / чиқиш каналлари сони кам мантикий схемалар ва микроконтроллерлар), рақамли ишлов бериш схемалари (масалан, сигналга рақамли ишлов берувчи процессор (DSP)), ҳамда махсус ишларда қўлланилувчи микросхемалар (ASIC) ва микропроцессорлардир.

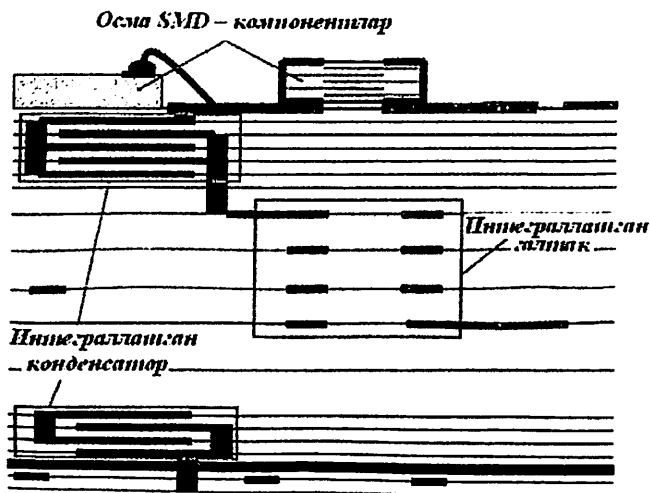
## 8.2. Паст температурали креамика технологияси

Паст температурали керамика технологияси **Low Temperature Co-fired Ceramics (LTCC)** ҳозирги кунда тез ривожланмоқда ва турли соҳаларда фойдаланиш учун, масалан, паст ва ўрта интеграция даражасидаги юкори ва ўта юкори частоталарда ишловчи микросхемаларда қўлланилмоқда. Нисбатан паст частотали соҳада LTCC асосда GSM, CDMA, TDMA ва Bluetooth қўлланишлар учун қурилмалар тайёрланмоқда, миллиметрли тўлқин соҳасида эса MMDS ва LMDS қўлланишлар кенг тарқалмоқда. Ушбу

технология электрон соҳасида электрон қурилмаларни тижорат ва харбийлар учун оммавий ишлаб чиқаришда арзон ечимни таъминламоқда.

LTCC технологияси асосида тайёрланган аъъанавий модуль мустаҳкамлигини таъминлаш мақсадида печда қотириб олинадиган кўп қатламли керамик материал “бутерброд”га ўхшайди. Ҳар бир қатламда ток ўтказувчи “расм” мавжуд ва преслашга тўлиқ тайёр фторопласт ёки юкори температурали керамика асосида тайёрланган босма платалардан фаркли равишда LTCC технологияда топологияни ҳосил қилувчи ва ток ўтказувчи сиёҳ хом керамика варақларига пишириш операциясигача юргазилади. Шундан сўнг қатламларда қатламлараро электр боғланишни ва иссиқлик олиб кетилишини таъминловчи ток ўтказувчи паста билан тўлдирилувчи дарчалар очилади. Умумий ҳолда ҳар бир алоҳида қатлам LTCC асос стекида қайтарилмас қалинликка ва диэлектрик характеристикаларга эга бўлиши мумкинлиги ишлаб чиқарувчиларга ҳар бир қатламда компонентни амалга оширишнинг кенг имкониятларини очади. Бошқа сўз билан айтганда, агар топологиянинг қайсидир қисмида ўзига хос элемент яратиш зарур бўлса, принципиал чегараланишлар вужудга келмайди.

Намуна сифатида қатламлар стеки қисми 8.2–расмда кўрсатилган. Бу ерда юпка қатламларда 50 мкм ни ташкил этади. Асос ўртасида қалинлиги 120 мкм ли олтита қатлам мавжуд. Қесимда спиралсимон ғалтак, иккита кўп қатламли конденсатор ҳамда иккита ташқи осма элемент кўрсатилган.

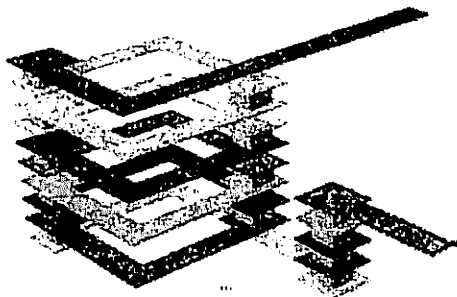


8.2–расм. LTCC асос қатламлари стейк намунаси.

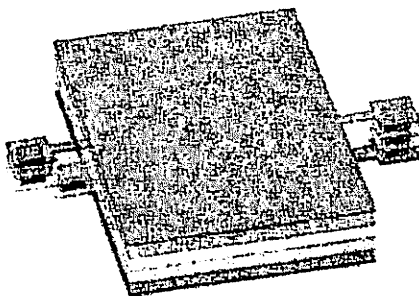
LTCC асослар осма элементлари сифатида юза бўйлаб монтажга мосланган турли компоненталар бўлиши мумкин, бу ўз навбатида монтаж технологияларини хилма – хиллигини белгилайди.

LTCC кўп қатламли платада осма компоненталар орасида боғланиш ҳосил қилиниш билан чекланмайди. У ёрдамида ҳосил қилинган резисторлар, индуктивлик ғалтаклари, конденсаторлар ва симметрияловчи қурилмалар бевосита асосга интеграциялашган бўлиши мумкин, бу берилган функционаликни таъминлаган ҳолда дискрет SMD компоненталар сонини сезиларли камайтириш имкониятини очади.

Вертикал индуктивлик ғалтаги (8.3–расм) ҳамда кўп қатламли конденсаторлар (8.4–расм) қурилмалар ўлчамларини ва нархини камайтириш имкониятини очади.



8.3–расм. Вертикал LTCC индуктивлик ғалтаги.



8.4–расм. Кўп қатлам пластинали конденсатор.

Схемотехник элементлар моделлари икки синфга бўлинади: *аналитик* ва *эмпирик*. Умумий ҳолда ҳар бир элемент иккала модел билан аниқланиши мумкин, қайси моделни танлаш фойдаланувчи ихтиёридадир.

### Назорат саволлари

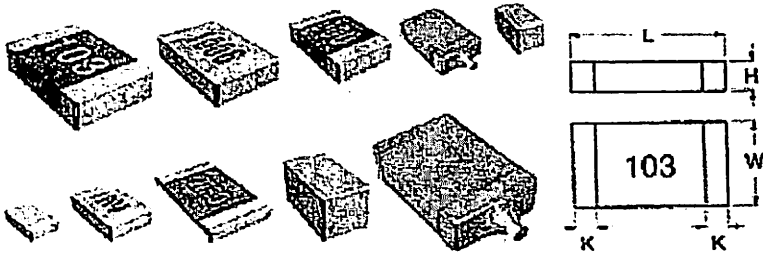
1. *SMD – компоненталарнинг афзалликлари.*
2. *SMD – компоненталарнинг белгиланиш тизими.*
3. *TAB – технологияси ҳақида маълумот беринг.*
4. *BGA – технологияси ҳақида маълумот беринг.*
5. *CSP – технологияси ҳақида маълумот беринг.*
6. *LTCC – технологияси ҳақида маълумот беринг.*
7. *SMD – компоненталарнинг моделлари.*



## ИЛОВА

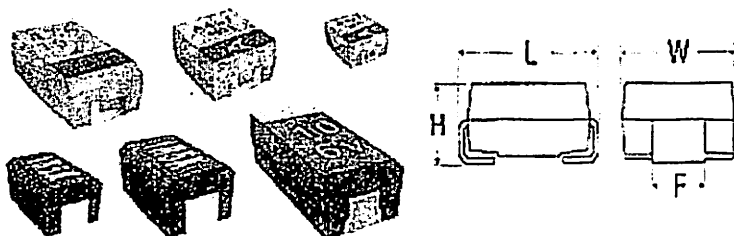
### SMD – КОМПОНЕНТАЛАР

**Резисторлар, конденсаторлар, индуктивлик ғалтаклари,  
термисторлар ва варисторлар**



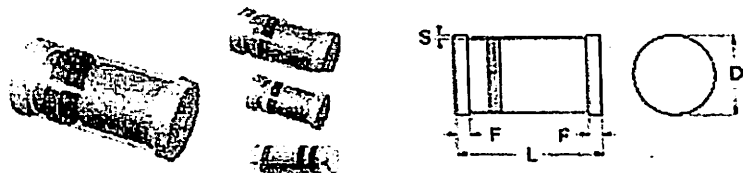
Корпус тури	L* (мм)	W* (мм)	H** (мм)	K (мм)	Изох
0402 (1005)	1.0	0.5	0.35...0.55	0.2	
0603 (1600)	1.6	0.6	0.45...0.95	0.3	
0805 (2012)	2.0	1.25	0.4...1.6	0.5	ГОСТ Р1-12-0.0052
1206 (3216)	3.2	1.6	0.4...1.75	0.5	ГОСТ Р1-12-0.125; Р1-16
1210 (3225)	3.2	2.5	0.55...1.9	0.5	
1218 (3245)	3.2	4.5	0.55...1.9	0.5	
1606 (4516)	4.5	1.6	1.6	0.5	
1808 (4520)	4.5	2.0	2.0	0.5	
1812 (4532)	4.5	3.2	0.9...2.3	0.5	
2010 (5025)	5.0	2.5	0.55	0.5	
2220 (5750)	5.7	5.0	1.7	0.5	
2225 (5763)	5.7	6.3	2.0	0.5	
2512 (6432)	6.4	3.2	2.0	0.5	
2924 (7161)	7.1	6.1	3.9	0.5	
3225 (6053)	8.0	6.3	3.2	0.5	
4030	10.2	7.9	3.9	0.5	
4032	10.2	8.0	3.2	0.5	
5040	12.7	10.2	4.8	0.5	
6054	15.2	13.7	4.9	0.5	

Диодлар, стабилитронлар, конденсаторлар, индуктивлик галтаклари,  
термисторлар ва варисторлар



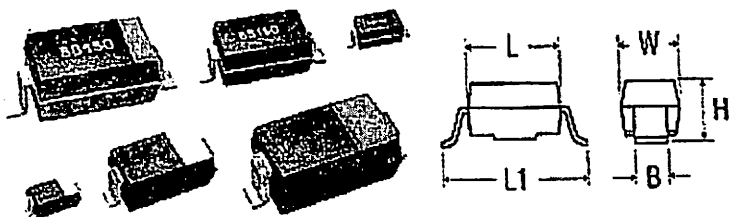
Корпус тури	L* (мм)	W* (мм)	H** (мм)	F (мм)	Изох
2012 (0605)	2.0	1.2	1.2	1.1	EIAJ
3216 (1203)	3.2	1.6	1.6	1.2	EIAJ
3215L	3.2	1.5	1.2	1.2	EIAJ
3529	3.5	2.8	1.9	2.2	EIAJ
3520L	3.5	2.8	1.2	2.2	EIAJ
5832	5.6	3.2	1.5	2.2	-
5845	5.8	4.5	3.1	2.2	EIAJ
6032	5.0	3.2	2.5	2.2	EIAJ
7343	7.3	4.3	2.8	2.4	EIAJ
7243H	7.3	4.3	4.3	2.4	EIAJ
DO-214AA	5.4	3.6	2.3	2.05	JEDEC
DO-214AB	7.95	5.9	2.3	3.0	JEDEC
DO-214AC	5.2	2.6	2.4	1.4	JEDEC
DO-214BA	5.25	2.6	2.95	1.3	JEDEC
SMA	5.2	2.6	2.3	1.45	MOTOROLA
SMB	5.4	3.6	2.3	2.05	MOTOROLA
SMC	7.95	5.9	2.3	3.0	MOTOROLA
SDD6	5.5	3.3	2.5	2.2	ST
SDD15	7.8	5.0	2.8	3.0	ST

### Диодлар, стабилитронлар, конденсаторлар ва резисторлар

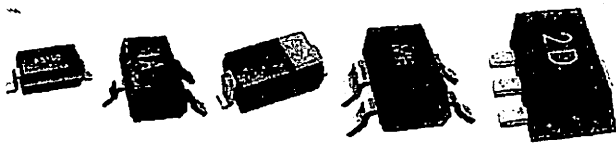


Корпус тури	L* (MM)	D* (MM)	F* (MM)	S* (MM)	Изоҳ
DO-213AA	3.5	1.65	0.45	0.003	JEDEC
DO-213AB	5.0	2.52	0.45	0.03	JEDEC
DO-213AC	3.45	1.4	0.42	-	JEDEC
EAD03L	1.5	1.0	0.2	0.05	PANASONIC
EAD21L	2.0	1.25	0.3	0.07	PANASONIC
EASM	5.9	2.2	0.5	0.15	PANASONIC
MELF	5.0	2.5	0.5	0.1	CENTS
SDDEQ	3.5	1.6	0.3	0.075	PHILIPS
SDDEOC	3.6	1.52	0.3	0.075	PHILIPS
SDD87	3.5	2.06	0.3	0.075	PHILIPS

### Диодлар, стабилитронлар ва конденсаторлар



Корпус тури	L* (MM)	L1* (MM)	W* (MM)	H** (MM)	B (MM)	Изоҳ
DO-215AA	4.3	6.2	3.6	2.3	2.05	JEDEC
DO-215AB	5.65	9.9	5.9	2.3	3.0	JEDEC
DO-215AC	4.3	6.1	2.6	2.4	1.4	JEDEC
DO-215DA	4.45	6.2	2.6	2.95	1.3	JEDEC
ESC	1.2	1.6	0.6	0.6	0.3	TOSHIBA
SOD-123	2.7	3.7	1.55	1.35	0.6	PHILIPS
SOD-323	1.7	2.5	1.25	1.0	0.3	PHILIPS
SSC	1.3	2.1	0.8	0.8	0.3	TOSHIBA



JEDEC	EIAJ	PHILIPS SIEMENS CENTS MAXIM	RDHM	SANYO	HINACHI	MOTO- ROLA	TOSHIBA KEC
TO-236	SC-59	SOT-345	SMD/T0		MPAK2	SC-59	S-MINI
TO-236AB		SOT/SOD-23	SSD/T3	CP		SOT-20	
TO-243AA	SC-62	SOT-59A	MPT3		LPAK		PW-MINI
TO-243AB		SOT-59B					
TO-252-3	SC-63		CPT3				
TO-253		SOT-143	SMD/T4			SOT-143	
TO-253		SOT-143R					
		SOD-123				SOD-123	
		SOD-323	LMD2				USC
		SOT-343					
		SOT-343R			CMPAK4		
		SOT-A7					
	SC-70	SOT-323	LMD/T3	MCP	CMPAK	SOT-323	USM
	SC-74		SMD/T6				SMS
	SC-74A		SMD/T5				SMY
	SC-75A	SOT-41G	EMD/T3				SSM
	SC-79	SOD-523	EMD2				
	SC-52		UMD/T4				
	SC-63	SDT-363	UMD/T6				USG
	SC62A	SDT-353	UMD/T5				USY

**SMD – компоненталари учун энг кўп ишлатиладиган корпусларнинг тартиблаган рақамланиши**



Корпус тури	PHILIPS MURATA VISHAY S&M	TDK MALLORY SYFER	SOS- THOMSON	PANA- SONIC	CTC	RDHM	SAMSUNG
0402	0402			10	DS		05
0503	0603	0603	AN21	11	DB	18	10
0505	0605	0805	AN12	12	12	21	21
1206	1206	1205	AN20	13		31	31
1210	1210	1210					
1216	1218						
1612	1912						43
2220	2220						

## ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

---

1. А.М. Абдуллаев, Н.Б. Алимова, Х.Х. Бустанов, Г.Н. Кузьмина. Радиоматериаллар ва радиокмпонентлар.Т: ТАТУ «ALOQACH!» нашр матбаа маркази, 2009.
2. К.С. Петров. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника. СпБ.: «Питер», 2006.
3. Ю.П. Демаков. Радиоматериалы и радиокомпоненты. М.: «Высшая школа», 1999.
4. А.М. Абдуллаев, Н.Б. Алимова. Электрорадиоматериалы. Т.: Издательско–полиграфический творческий дом им. Чулпана, 2007.
5. Под редакцией Б.М. Тареева. Электрорадиоматериалы. М.: «Высшая школа», 1978.
6. Ш.М. Камолов, А.Ш. Ахмедов. Электротехника материаллари. Т.: «Ўқитувчи», 1994.

## МУНДАРИЖА

Кириш.....	3
<b>I. Резисторлар</b>	
1.1. Таснифи ва конструкциялари.....	4
1.2. Резисторларнинг асосий параметрлари.....	5
1.3. Умумий максадларда қўлланиладиган резисторлар .....	7
1.4. Прецизион резисторлар .....	10
1.5. Юқори частота ва ўта юқори частота резисторлари.....	12
1.6. Юқори омли ва юқори вольтли резисторлар.....	13
1.7. Интеграл микросхема резисторлари.....	14
<b>II. Конденсаторлар</b>	
2.1. Таснифи ва конструкциялари.....	16
2.2. Конденсаторларнинг асосий параметрлари.....	17
2.3. Ўзгармас сигимли юқори частотали конденсаторлар.....	19
2.4. Ўзгармас сигимли паст частотали конденсаторлар.....	21
2.5. Ўзгарувчан сигимли конденсаторлар.....	24
2.6. Яримўзгарувчан конденсаторлар.....	25
2.7. Интеграл микросхема конденсаторлари.....	26
<b>III. Индуктивлик ғалтаклари</b>	
3.1. Таснифи ва конструкциялари.....	28
3.2. Индуктивлик ғалтакларининг асосий параметрлари.....	29
3.3. Юқори частота индуктивлик ғалтаклари.....	30
3.4. Индуктивлик ғалтакларининг интеграл қўлланилиши.....	33
<b>IV. Фильтрлар ва кечиктириш линиялари</b>	
4.1. Актив RC ва рақамли фильтрлар.....	35
4.2. Интеграл пьезоэлектрик фильтрлар.....	36
<b>V. Паст частотали трансформаторлар ва дросселлар</b>	
5.1. Таснифи ва асосий параметрлари.....	41
5.2. Паст частотали кувват трансформаторлари.....	42
5.3. Мослаштирувчи трансформаторлар.....	43
5.4. Интеграл микросхемаларда мослаштирувчи трансформаторлар.....	44
5.5. Паст частотали дросселлар.....	45
<b>VI. Алмашлаб улагичлар ва реле</b>	
6.1. Таснифи ва асосий параметрлари.....	46
6.2. Реле.....	47

## **VII. Акустик қурилмалар**

- 7.1. Телефонлар ва динамикларнинг таснифи ва асосий параметрлари..... 50
- 7.2. Динамикларнинг турлари..... 51
- 7.3. Микрофонларнинг таснифи ва асосий параметрлари..... 56
- 7.4. Микрофон акустик головкаларининг турлари..... 59

## **VIII. Радиоэлектрон аппаратураларининг янги авлод база элементлари**

- 8.1. Юзага монтаж қилиш технологияси учун элементлар..... 68
- 8.2. Паст температурали керамика технологияси..... 69
- Илова..... 73
- Фойдаланилган адабиётлар..... 78



Ўқув нашри  
2009-2010 ўқув йили

*Хайрулла Кабилович Арипов  
Нодира Батирджановна Алимова  
Хабибулла Хамидович Бустанов  
Шокир Зоидович Таджибаев*

# РАДИОМАТЕРИАЛЛАР ВА РАДИОКОМПОНЕНТЛАР

5522000 “Радиотехника” йўналишида таълим олаётган талабалар учун

## *ўқув қўлланма*

Тошкент ахборот технологиялари университети  
(ТАТУ Илмий – услубий кенгашининг  
2009 й. 10 декабрдаги № 15 - сонли баённомаси)  
томонидан нашрга тавсия этилган

маъсул муҳаррир

Бичими 60x84 1/16  
Босма табағи – 525 Адади – 60  
Буюртма - № 218

Тошкент ахборот технологиялари университети  
“ALOQACHI” нашриёт-матбаа марказида чоп  
этилди.

Тошкент ш, Амир Темура кўчаси, 108 – уй