

Л.В. ЖУРАВЛЕВА

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

ОҚУЛЫҚ

«Радиоэлектрондық аппаратура мен құрылғылар монтаждаушысы» мамандығы бойынша орта кәсіби білім беру бағдарламаларын жүзеге асыратын білім беру мекемесі оқу үрдісінде оқу құралы ретінде пайдалануға ұсынған

Пікірдің тіркеу нөмірі 369, 22 шілде 2015 ж.

5-ші басылым, өңделген және толықтырылған



**«Академия»
Баспа орталығы
Москва, 2015**

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды. Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет. Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcg.kz

П і к і р б е р у ш і :

В. Г. Шварцберг - № 39 кәсіби колледжінің оқытушысы, техника ғылымдарының кандидаты, аға ғылыми қызметкер

Журавлева Л. В.

Радиоэлектроника негіздері: орта кәсіби білім беру мекемелері студ. арн. оқулық/
Л.В.Журавлева. — 5-ші бас., қайта өңд. және толықт. — М.: «Академия» баспа оталығы, 2015. — 240 б.

ISBN 978-601-333-063-1 (каз.)

Ж911

ISBN 978-5-4468-1465-7 (рус.)

Оқулық «Радиоэлектрондық аппаратура мен құрылғылар монтаждаушысы», «Радиоэлектроника негіздері» КБ.04 мамандығы бойынша орта кәсіби білім беру Федералдық мемлекеттік білім беру стандартына сәйкес құрастырылған.

Радиобайланыстың жалпы схемасы берілген. Радиоэлектроникада ақпаратты тарату, қабылдау және өңдеу үшін қолданылатын құрылғылар мен электр радиоэлементтер қарастырылған. Электр қайталама қуат көзі, электрвакуум, оптикалық және жартылай өткізгіш құралдар туралы мәліметтер берілген. Радиоэлектронды құрылғыларды қолдану салалары сипатталған.

Орта кәсіби білім беру мекемелері студенттеріне арналған.

ӘОЖ 621.396.6(075.32)
КБЖ 32ші722

ISBN 978-601-333-063-1 (каз.)

© Журавлева Л.В., 2015

ISBN 978-5-4468-1465-7(рус.)

© «Академия» білім беру-баспа орталығы, 2015 ©
Безендіруі. «Академия» баспа орталығы, 2015

Құрметті оқырман!

Аталған оқулық «Радиоэлектрондық аппаратура және құралдар монтаждаушысы» мамандығы бойынша дайындалған оқу-әдістемелік кешеннің бөлігі болып табылады.

Оқулық «Радиоэлектроника негіздері» ЖБ.04 жалпы кәсіби пәнін оқуға арналған. Жаңа заманның оқу-әдістемелік кешендері жалпы білім мен жалпы кәсіби пәндер, кәсіби модульдерді оқып-үйренуді қамтамасыз етуге жағдай жасайтын дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарынан тұрады. Әр жиынытық жалпы және кәсіби құзыреттілікті меңгеруге қажет, соның ішінде жұмыс берушінің талаптары ескерілген оқулық және оқу құралдары, оқыту және бақылау құралдарынан тұрады.

Оқу басылымдары электронды білім ресурстарымен толықтырылады. Электронды ресурстар интерактивті жаттығулары бар теориялық және практикалық модульдерден, мультимедиялы объектілерден, қосымша материалға берілген сілтемеден және ғаламтордағы ресурстардан тұрады. Олардың құрамына оқу үрдісінің негізгі параметрлері, яғни жұмыс уақыты, бақылау және практикалық тапсырмаларды орындау нәтижелері белгіленген терминологиялық сөздік және электронды журнал кіреді. Электрондық ресурстар оқу үрдісіне жеңіл кірістіріледі және түрлі оқу бағдарламаларына бейімделе алады.

Заманауи радиоэлектрондық құрылғылар, жеткізім, өңдеу және сақтау құралдары белгі беру мен ақпарат алмасу (сәулелену, күшейту, тудыру, модуляция, қабылдау, детектрлеу) үрдісінде түрлі қызметтер атқаратын жеке блоктар мен модульдерден тұратын күрделі жүйені құрайды.

Радиоэлектрондық құрылғы жұмысының тиімділігі, параметрлері мен сапасы көп жағдайда элемент базасы сапасымен (пассивті радиоэлементтер, жартылай өткізгішті аспаптар, интеграл схема,) дайындау технологиясы және радиоэлектрондық құралдарды пайдалану шарттарымен анықталады. Ол өз кезегінде радиоинженердің радиоэлектрондық аппаратура жасаушысының кұзыретіне ғана байланысты болмайды, сонымен қатар радиоэлектрондық аппаратура жинаушысының, монтаждаушы мен сынаушысының біліктілігіне байланысты болады.

Бұл оқулық бірінші кезекте радиоэлектрондық аппаратураның, желілік байланыс аппаратурасының түйіндері, блоктары, аспаптарын, импульсты және есептеу техникасы түйіндері элементтерін орташа күрделі және күрделі жинауы мен монтаждауын орындау бойынша, жинастырылған құрылғылардың жұмыс қабілеттіліктерін реттеу, диагностикалау және бақылау бойынша білім, білік пен дағды алушы студенттерге арналған.

Оқулық дереккөзден тұтынушыға белгі беру қағидасы бойынша құрылымдалған. 1-11 тарауларда белгі беру үрдісінде қолданылатын элемент базасы мен құрылғыларына сипаттама берілген. 12 тарауда радиоэлектрондық құрылғының қолдану аумағы бойынша ақпарат берілген.

Ақпаратты беру электрлік желі немесе сымсыз, яғни электромагниттік сәулелену көмегі арқылы жүзеге асуы мүмкін. Ақпаратты сымдар арқылы беру үшін 1832 жылы орыс ғалымы ойлап тапқан телеграф аппаратын пайдалануға болады. 1837 жылы американдық өнертапқыш С.Ф.Морзенің жасап шығарған электромеханикалық телеграф¹ аппараты кең қолданысқа ие болды. 1876 жылы А.Г.Беллдің телефон аппаратын ойлап табуы телефонды² пайдаланумен байланысты болды.

Ақпаратты беру, қабылдау және түрлендіруге арналған электромагниттік құбылыстарды пайдалану мәселелерімен айналысатын ғылым саласы *радиоэлектроника*³ деп аталады.

«Радиоэлектроника» термині ғылым мен техника салаларының ауқымды кешенін біріктіреді. Радиоэлектрониканың негізгі салалары радиотехника мен электроника.

Радиотехника — бұл электромагнитті тербеліс (3 Гц-дан 6000 ГГц-ға дейінгі жиіліктермен) пен толқындар (тараған кезде вакуумдағы толқын ұзындығы 100 мың км-дан 0,05 мм-ге дейін), оларды өндіру, күшейту, сәулелендіру және қабылдау әдістері туралы ғылым. Одан басқа, бұл радиобайланыста, теледидарда, радиолокацияда, радионавигацияда және т.б. ақпаратты беруде тербелістер мен толқындарды қолданатын техника саласы.

Жұмыс істеу негізіне радиотехника қағидалары енген электронды құралдар радиоэлектрондық құралдар деп аталады.

¹ Телеграф (*грек т. tele* — «алыс», «алыс қашықтыққа әрекет етеін немесе қашықтықта жүзеге асатын» + *грек т. grapho* — «жазамын») — сымды байланыс жолы бойынша берілетін электр импульсі көмегімен алыс қашықтыққа хабарламаны жылдам беруді және қабылдауды қамтамасыз ететін байланыс жүйесі.

² Телефон (теле (телеграфты қараңыз) + *phone* — «дыбыс») — электр тербелісін дыбыстыққа айналдыратын құрал

³ Радиоэлектроника (*латын т. radio* — «сәуле таратымын»).

Электроника — бұл электрондардың электромагнит өрісімен әрекеттесуі және вакуумды, газразрядты және жартылай өткізгіш құралдар мен құрылғыларды жасау әдісі туралы ғылым. Баспа монтажі және дайындаудың топтық әдістерімен алынған электррадиоэлементтерді пайдалану арқылы шағын орындаудағы электронды түйіндер, блоктар мен жекелей құрылғыларды жасаумен байланысты электроника бөлімі микроэлектроника деп аталады.

Ақпаратты беру үшін электромагнитті тербелістің екі негізгі диапазонын: радиодиапазон және оптикалық диапазонды бөліп көрсетеді.

РАДИОТОЛҚЫНДАР МЕН ЭЛЕКТР ТЕРБЕЛІСІ

1.1.

РАДИОБАЙЛАНЫСТЫҢ ЖАЛПЫ СХЕМАСЫ

Ағылшын физигі Джеймс Максвелл электромагнитті өріс теориясын құрды, оған сәйкес радиотолқындар және жарық толқындарының табиғаты бір — бұл электромагнитті толқындар.

Радиотолқындар өте үлкен қашықтыққа тарай алатын көзге көрінбейтін электромагнитті толқындардан тұрады. Радиотолқындардың (көрінбейтін) және жарық (көрінетін) толқындарының физикалық көрініс табуының ерекшелігі толқындардың ұзындығының айырмашылығымен анықталады. Максвелл айнымалы электр тоғы өтетін кез келген өткізгіштің кеңістікке электромагнитті толқындар тарататынын дәлелдеген.

Электромагнитті толқындар бірыңғай электромагнитті толқындарда өзара байланысқан, өзара шарттасқан және ажырамайтын электр және магнит өрістерінің қосындысы болып табылады. Максвелл өз қорытындыларын электр және магнит өрістерінің барлық сан алуандылығын сипаттайтын бірнеше теңеу түрінде тұжырымдаған. Максвеллдің электромагнит өрісі теориясы құрылмай тұрып көп жылдар бұрын, яғни 1832 жылы осыған ұқсас тұжырымды Майкл Фарадей жасаған болатын, бірақ олар тек 1938 жылы ғана жарыққа шықты.

Максвелл қаза тапқаннан кейін 12 жыл өткен соң, 1887 жылы неміс физигі Генрих Герц электромагнитті толқындарды эксперимент түрінде алды және қабылдады.

¹ Джеймс Максвелл 1831 жылы 13 маусымда Англияда, Эдинбург қ. дүниеге келген. 14 жасында ол тұңғыш ғылыми жұмысын жазған. Небәрі 48 жыл ғана өмір сүрген ол динамика, астрофизика, түрлі түсті көру мәселесі, газдардың кинетикалық теориясы, термодинамика және т.б. бойынша бірінші санатты жұмыстар орындаған.

² Фарадей (1791 — 1867) — ағылшын физигі, электромагниттік индукция құбылысын ашқан, электролиз заңын анықтаған; Халықаралық бірліктер жүйесінде электр сыйымдылығының бірлігі оның есімімен аталған.

Содан бер бірнеше жыл өтеді, сөйтіп 1895 жылдың 7 мамырында Ресейде Орыс физика-химия қоғамының отырысында А.С.Попов әлемде тұңғыш рет таратқыш ретінде Герц дірілдеткіші пайдаланылған қабылдағыштың жұмысын көрсетті. Кеңістікке электромагнит толқындарын тарататын Герц дірілдеткіші бір бірінен 0,5 мм алшақтықтағы екі металл шардан тұраған. 1897 ж. наурызында А.С.Попов тарихта алғаш рет 250 м қашықтыққа сымсыз хабар тарату мен дабыл қабылдауды жүзеге асырды. Электромагнитті толқындарды тарату жылдамдығы шексіз емес және таралатын ортаға байланысты болады. Ол ара-қатынасымен анықталады.

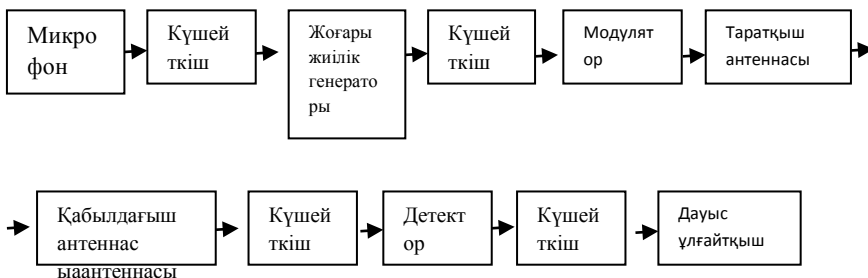
$$v = c / \sqrt{\epsilon \mu},$$

мұндағы c – вакуумдағы жарықтың таралу жылдамдығы; ϵ – диэлектрлік өтімділік; μ – ортаның магнитті өтімділігі (ауа үшін электромагнитті толқындардың таралу жылдамдығы вакуумдағы жарық жылдамдығына жақын және 300 000 км/с құрайды). Радиотолқындар ашылғанға және зерттелгенге дейін үлкен қашықтыққа адамдардың тілдесуін жеткізу мүмкіндігі болған жоқ. Әрине, дыбыс жиілігінің тербелісі салыстырмалы түрде төмен жиілікте болады (16... 20-дан 18000...20000 Гц –қа дейін) және шалғайлыққа байланысты тез өшіп қалатын болды. Одан басқа, антенна кеңістікке өз өлшемімен ғана сәйкес келетін толқындарды таратады. Бұл дыбыстық жиіліктің электромагнитті толқындарын тарату үшін ұзындығы бірнеше километр болатын антенна орнату керек дегенді білдіреді, ол ақылға сыймайды. Сондықтан дыбыстық жиіліктегі электромагнитті тербелістерді беру мен қабылдау үшін радиобайланыс сызығын пайдаланады, оның құрылымдық сыбанұсқасы 1.1 суретінде берілген. Адамдар тілдесуін беру үшін дыбыстық жиіліктегі тербелісті ең алдымен электр тоғы тербелісіне айналдырады. Ол микрофонда жүреді.

Микрофонға түскен дыбыстық жиіліктің тербелісі оның мембранасына әсер етеді және оның тербелуін мәжбүрлейді. Мембрананың тербелісі мембрананың артында орналасқан көмір ұнтағынына беріледі. Нәтижесінде ұнтақ тығыздығы өзгереді, ол өз кезегінде микрофон тізбегіндегі тоқтың өзгеруін шақырады. Микрофонда пайда болған электр тербелістері күшейеді және модуляторға беріледі. Сондай-ақ модуляторға жоғары жиілік генераторының өндіріп шығаратын жоғары жиіліктегі тербелістерін де береді. Электронды құралдардағы құрылғыларды білдіретін модуляторда дыбыстық жиіліктің беретін дабылына сәйкес жоғары жиілікті тербелістердің амплитудалық, жиілік немесе фазалық модуляциясы жүзеге асады (4.1 тараушасын қараңыз).

¹ 1895 жылдың 7 мамырын радионы ойлап тапқан күн деп есептеу қалыптасқан

² А.С.Попов 1859 жылы Оралда Турынск мыс кеніші (қазір Краснотурынск қаласы) ауылында дін қызметшісінің отбасында дүниеген келген. 1877 жылы ол Петербург университетінің физика-математика бөліміне оқуға түседі.



1.1. сурет. Радиобайланыс сызығының құрылымдық сызбасы

Осылайша, таратқыш антеннасына кеңістікте электромагнитті толқын түрінде таралатын модуляцияланған тербелістер келеді. Бұл радиотолқындар қабылдағыш құралдар антенналары көмегімен қабылданады және күшейеді. Бірақ қабылдағышпен қабылданған модуляцияланған жоғары жиілікті дабыл күшейе түссе де адам құлағы оны қабылдамайды. Сондықтан әрі қарай жоғары жиілікті модуляцияланған тербелістер дыбыстық жиілік дабылына айналады. Алдын ала күшейтілгеннен кейін микрофон мембранасын тербелткендегідей, дәл сондай дыбыс алынады. Осылайша радиохабар үрдісі аяқталады.

Радиохабарлық бағдарламаларды беру үшін жиілігі бірнеше жүз килогерцтен ондаған мегагерцке дейінгі толқындар пайдаланылады, олар мың метрден бірнеше метрге дейінгі толқын ұзындығымен сәйкес келеді.

Аппаратты беру үшін электромагнитті толқындар пайдаланатын бір тектес жұмыс істейтін мыңдаған байланыс жүйесін пайдалану радиожүйелердің эфирде бір-біріне кедергі келтіруіне әкеп соғады. Сондықтан әр радиожүйеге қатаң түрде нақты жиілік жолағын бөліп береді.

Халықаралық келісім бойынша әр радиотаратқыш 9 кГц жиілігі жолағын (қысқа толқындарды қоспағанда) алуы керек. Бұл екі радиоқабылдағыштың бір-біріне кедергі келтірмеуі үшін екі 9 кГц жиілігі аралығындағы айырмашылықты алуға мүмкіндік береді.

Радиотолқын диапозондарының халықаралық классификациясі, оларға сәйкес келетін радиожиілік диапозондары және оларды қолданудағы тән аймақ 1.1 кестесінде берілген

1.1. кесте. Радиотолқын диапазонының және оларға сәйкес радиожиілік диапазонының халықаралық классификациясы

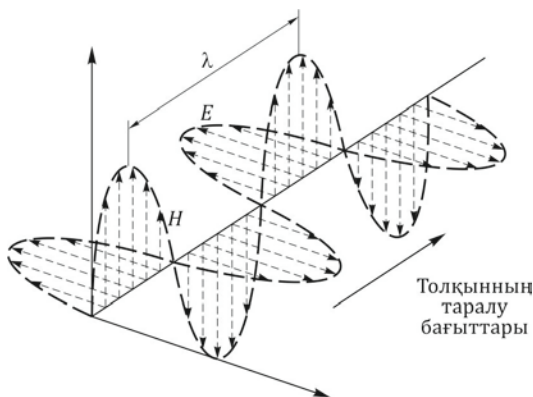
Толқын атауы	Толқын диапазоны	Жиілік диапазоны	Қолданылуы
Декамегаметрлік	$10^5 \dots 10^4$ км	3...30 Гц	Қызметтік байланыс, сүңгуір қайықпен байланыс, метеодеректерді беру
Мегаметрлік	$10^4 \dots 10^3$ км	3...30 Гц	сондай
Гектокилометрлік	$10^3 \dots 10^2$ км	300... 3 000 Гц	»
Мириаметрлік (аса ұзын)	100... 10 км	3... 30 кГц	»
Километрлік (ұзын толқындар — ҰТ)	10... 1 км	30... 300 кГц	1 500... 1 600 м диапазонындағы радиохабар
Гектометрлік (орта толқындар — ОТ)	1 000... 100 м	300... 3 000 кГц	600... 200 м диапазонындағы радиохабар
Декаметрлік (қысқа толқындар — ҚТ)	100... 10 м	3...30 МГц	75... 16 м диапазонындағы радиохабар
Метрлік	10... 1 м	30...300 МГц	УҚТ-хабары, теледидар, радиолокация
Дециметрлік (ультра қысқа толқындар — УҚТ)	100... 10 см	300... 3 000 МГц	Радиорелелік байланыс, теледидар, радиолокация
Сантиметрлік	10... 1 см	3...30 ГГц	Жер серіктері, АЖЖ техникалары көмегімен космостық байланыс
Миллиметрлік	10... 1 мм	30...300 ГГц	Радиоспектроскопия
Децимиллиметрлік	1 ...0,1 мм	300... 3 000 ГГц	Космостық байланыс

1.2. РАДИОТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫ

Айнымалы электр өрісі айнымалы магнитті өрісті, ал айнымалы магнитті өріс – айнымалы электр өрісін құрайды; бұл жағдайда электр өрісінің бағыты магнит өрісінің бағытына әрқашан перпендикуляр, ал электромагнитті толқындардың магнитті және электр өрісінің қозғалыс бағыты оның таралу бағытына перпендикуляр болады (1.2. сурет).

Электромагнитті толқындар энергия тасымалдайды. Күннің бетінен тасымалданатын сәуле энергиясы есебінен Жер бетінде өмір бар. Бұл энергия күн көзінің қуаты мен оған дейінгі аралыққа байланысты болады. Электромагнитті толқындар тасымалдайтын энергия ағыны күн көзінен арақашықтық квадратына кері пропорционалды. Сондықтан алыс жұлдыздардың жарығын Күн жарқырап тұрғанда көру мүмкін емес. Жұлдыз жарығы бетерін ақпаратты навигаторлар, ғалымдар пайдаланады.

Жарықты сигналдарды (жарық диапазонындағы электромагнитті толқындар) тарату атмосфералық жағдайларға байланысты: бұлтты, жаңбырлы және тұманды ауа-райында жарық диапазонды электромагнитті толқындар күшті жұтылады. Бұл кемшілік ұзынырақ толқындар – радиотолқындарда болмайды. Бірақ радиотолқындарды тарату жағдайы олардың ұзындықтарына байланысты ажыратылады. Бұл жер бетіне антеннаның тарататын толқындарының (жер сәулесі) және қабатқа кей бұрышпен сәулеленетін толқындардың (кеңістіктік сәуле) өту ерекшелігімен байланысты (1.3 сурет).



1.2. сурет. Электромагнитті толқын өрісінің құрылымы:

E — электр өрісінің кернеулігі; H — магнит өрісінің кернеулігі; λ — толқынның ұзындығы

Беттік (жер шарының) толқындары деп Жер бетінде таралатын және оның дөңестігін орай жанаушы толқындарды атаймыз. Жердің бетін жолай өтетін жер сәулесі жұтылады. Бұл жағдайда жер сәулесінің энергиясының жұтылуы жиіліктің өсуімен ұлғаяды. Жер шамамен 6 400 км радиустағы шар тәріздес дене болып табылады.

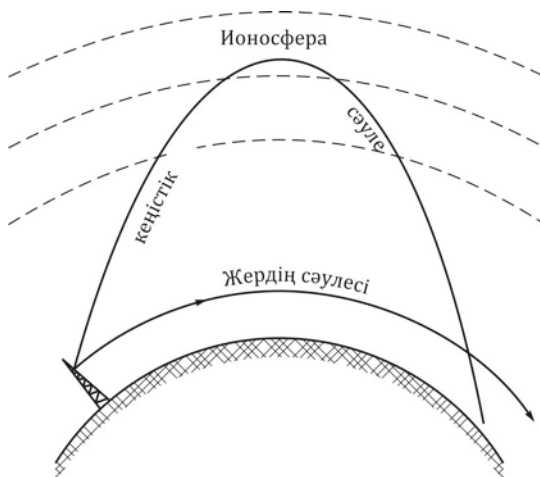
Жер бетін бір бірінен бірнеше ондаған километр арақашықтықта болатын екі нүкте үшін де жазық деп есептеуге болмайды. Жер бетінің дөңестігі салыстырмалы түрде алыстағы жер үсті радиожелілері үшін бөгет болып қалады. Одан басқа, жер толқындары үстіне таралатын Жер беті тегіс еместігімен сипатталады.

Жер дөңестігімен (сол сияқты тау, төбе және т.б. түріндегі жер бөгеттері) бір-бірінен жабық орындар арасындағы байланыс толқындар қисықсызықты тараған жағдайда ғана немесе таратушы және қабылдаушы антенналар өте жоғары көтерілсе немесе радиобайланыстарды қабылдауға және ретрансляцияға қабілетті аралық станцияларды орнатса мүмкін болады.

Толқындардың өз жолдарында кездестіретін кедір-бұдырдың әсері туралы толқын ұзындығын бөгет биіктігімен салыстыра отырып талдауға болады. Мысалы, толқындардың дециметрлік немесе сантиметрлік диапазондарында жердегі ең кіші деген өсімдік немесе су теңіз бетіндегі кішігірім толқындар радиотолқындардың таралуына кедергі келтірулері мүмкін. Әсіресе ғимараттар бірнеше есе бейне беретін қалалы жерлерде беттік толқынның таралу жағдайы қиын.

Жер толқындары тарайтын Жер үсті де жергілікті тегіс еместікпен сипатталады. Бұндай тегіс еместіктен толқындардың айналық шағылуы болады. Кішірек тегіс еместіктер, бірақ толқын ұзындығымен шамаластары («бұдыр бет») шашыраңқы шағылысуды тудырады (1.4 сурет).

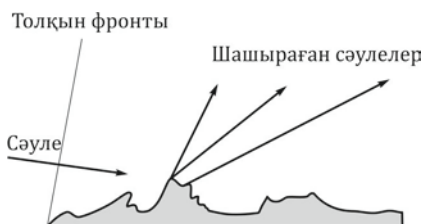
¹ Ретрансляция (ре — «жанару», немесе «іс-әрекеттің қайталануы», + трансляция — «хабар») — байланыс желісі аралық пунктінде күшейту және оларды кейін бұрмаламай берумен белгі қабылдау



1.3. сурет. Электромагниттік толқындардың таралуы

Электромагнитті толқындардың бөгеттерді айналып өту қабілеті болады. Бұл қасиетті дифракция деп атайды. Ауыспалы электромагнитті өріс адамдар қоршаған орта туралы барлық ақпаратты ала алатын (99%-дан аса) электромагнитті толқындарды тудыра отырып, пайда болу көзінен қоршаған кеңістікте барлық бағыттарға тарау қабілетіне ие. Радиотолқындарды таратуда алғашқы толқын көзімен таралатын толқын бағытының әрбір нүктесі жаңа (екінші) сфералық толқын көзі болып табылады. Толқын ұзынырақ болса, ірі бөгеттерді айналып өтуге қабілетті болады. Радиотолқындар жарық толқындарынан ұзынырақ, сондықтан олардың дифракциясы күштірек көрінеді.

Радиотолқындардың таралу үрдісіне, әсіресе қондырғыны беру және қабылдаудың орналасқан пункттерінің айналасындағы топырақтың электрлік қасиеті әсер етеді. Ионосферада сынған кейін Жерге оралатын толқындар кеңістіктік (ионосфералық) деп аталады. Иондалған күйде болатын кеңістіктік сәуле атмосфераның жоғары қабаттарына түседі. Атмосфера шамамен 20000 км-ге жуық биіктікке дейін жайылады. Бірақ түсетін толқын энергияларының бір бөлігі ғана шағылған толқынға өтеді, қалған бөлігі жылуға айналады.



1.4. сурет. Бұдыр беттің шашыраңқы шағылысуы

Жердің айналу қозғалысына қатысатын жердің газ қабығы *жер атмосферасы* болп табылады. Жердің тікелей бетінде орналасқан атмосфераның төменгі бөлігі *тропосфера* деп аталады. Тропосфераның жоғары шегі 11 км биіктікте орналасқан. Тропосфера құрамында 78 % азот пен 21 % оттегіден (көлемі бойынша) тұратын ауа болып табылады. Тропосфераның азоты мен оттегі кәдімгі екіатомды молекуладан (N_2 и O_2) тұрады. Ауаның ең төменгі қабаттарында су буы болады. Тропосфера ауаның тығыздығымен, температурасымен және ылғалдылығымен сипатталады. Бұл параметрлер биіктікті көбейткенде азаяды.

Жер бетінен 60 км және одан да жоғары биіктіктен бастап газдар Күннің ультракүлгін және рентген сәулелерінің әсерінен ионосфераны құра отырып, иондалуға (бейтарап молекулалар мен оттегі немесе азот атомы оң зарядталған иондар мен еркін электрондарға ыдырайды) түседі.

Ионосфераның беті біркелкі емес, оның биіктігі күн сәулелерінің бағытына байланысты өзгереді. Бұл радиотолқындардың тарауы үшін айтарлықтай, себебі радиотолқындардың ауыспалы электрмагнитті өрісі электрондар өрісімен әрекеттеседі.

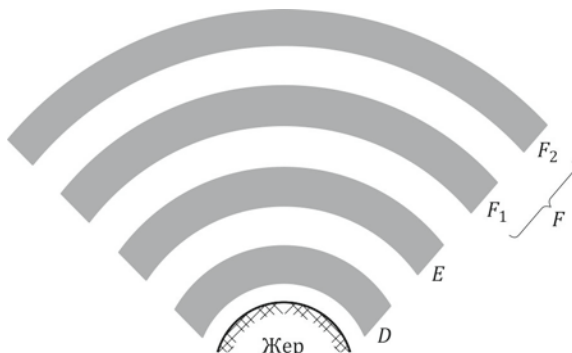
Тропосферадан жоғары тұратын ауа (шамамен 90 км-ға дейін) газдардың көлденең және тік қозғалыстарымен араласып кететін азот (N_2) және оттегі (O_2) молекулаларынан тұрады. 90 км –ден жоғары биіктіктерде азот және оттегі молекулаларының атомдарға ыдырауы және бұл газдардың қабаттасуы жүреді. 300 км биіктікте жеңілірек біратомды азот (N) негізгі газ болып табылады. Бұндай биіктіктердегі атмосфераның тығыздығы тропосфераға қарағанда миллиард рет аз болады.

Иондалу тығыздығы, яғни көлем бірлігіндегі (1 см^3 де) еркін электрондар саны түрлі биіктікте әртүрлі. Иондалудың бірнеше деңгейі байқалады (1.5 сур.).

Д аймағы күннің иондаушы сәулесінің күшеюі жоғары болатын тек күндіз ғана болады, және түнде жоғалады. Е аумағындағы иондалу өз кезегінде әлсірейді. Тәулік пен жыл мезгіліне байланысты бұл қабаттағы еркін электрондардың топтасуы ғана өзгереді. Түнде қабат жоғарырақ, күндіз - төмен орналасады, бұл сондай-ақ иондалған сәулелену ағынының өзгеруімен байланысты. D және E аймақтарына олардағы электрондардың біркелкі емес топтасуы тән. Ең жоғары F қабаты атмосфера мүлдем жоқ жоғарыда орналасқан.

¹ Иондалу — бейтарап атомдар мен молекулалардың иондарға айналуы.

² Ауа ылғалдылығы деп ондағы будың сақталу пайызын атаймыз



1.5 сурет. Ионосфераның иондалған салаларының шартты бейнеленуі

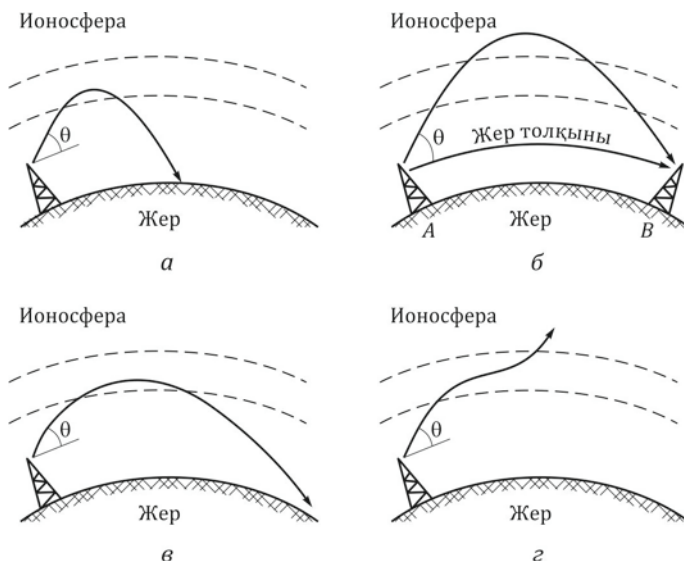
D— 60...90 км биіктікте; E— 100... 140 км биіктікте; F₁—180...240 км биіктікте; F₂— 230.400 км биіктікте (Земля –Жер)

Аймақтарға олардағы электрондардың біркелкі емес топтасуы тән. Ең жоғарғы қабат атмосфера мүлдем жоқ ең биікте орналасады, бұл биіктіктерде ауа соншалықты ыдырап кеткен. Атмосфераны құрайтын газ молекулалары иондалған сәулелену әсерінен тез арада сыртқы электрон ядросынан алыстағы сыртқы электрондарды тез жоғалтып алатын жеке атомдарға ыдырап кетеді және оң зарядты иондарға айналады. Ал олардың жоғалтқан электрондары еркін болады да, атмосфераның жоғары қабаттарында қандай да бір оң ионмен кездескенге дейін жоғары жылдамдықпен ұшып жүреді.

Күндіз F қабаты екіге ыдырайды: F₁ және F₂. F₁ қабаты молекулярлы азоттың иондалуына; ал F₂— атомарлық оттегінің иондалуына себепші болған. F₁ аймағында күндізгі сағаттарда иондалудың ұлғаюы, ал түнде оның толық жоғалуы байқалады. F₂ аймағы түнде де сақталады, алайда ондағы электрондардың топтасуы көп мөлшерде төмендейді. Нақ осы аймақтың Жердің үстіне қысқа радиотолқындарды таратуда үлкен практикалық мәні бар.

Радиотолқындарды таратудың айрықша жағдайлары 1.6. суретте көрсетілген.

Ионосфераның радиотолқындарды тойтаруы, нақтырақ айтсақ, сындыруы иондалған қабатқа толқынның түсу бұрышымен байланысты болады. Түсу бұрышы толқын сәулелері мен Жер үстіне жақын сәулелену пунктінде пайда болады. Егер радиосәулені жоғарыға тік жіберсе, ол қайта айналып келуі мүмкін, немесе ионосфераны тесіп өтіп, ғарыш кеңістігінде жоғалып кетуі мүмкін. Барлығы электрмагнит тербелісінің жиілігіне байланысты: егер кей шектік жиіліктен төмен болса, онда ол кейін қайтуы мүмкін, егер жоғары болса – онде жоқ.



1.6. сурет. Ионосферада радиотолқындарды таратудың айрықша жағдайларының үлгілері:

а — ұзын толқындар (төменгі жиілік); *б* — орта толқындар; *в* — қысқа толқындар (жоғары жиілік); *г* — ультракысқа толқындар (өте жоғары жиілік); θ — толқынның түсу бұрышы (Земля-Жер, Земная волна – Жер толқыны)

Көлбеу жіберілген радиосәулені ионосфера жақсы сәуелендіреді. Ионосферадан сәуеленген толқындарды таратудың ең қарапайым жолы – бірсекірмелі. Таратудың ең күрделі жолы – көпсекірмелі, яғни толқынды ионосфера бірнеше рет қайта сәуелендіреді, кейін Жер, одан кейін ионосфера және т.б.

Бос жерде (ашық ғарышта) электромагнитті толқын (радиотолқын) тура таратылады. Атмосфера болмаған жағдайда радиотолқындар кез келген нүктеден жоғарыға жанама бойынша таратылушы еді. Байланысты дінгектегі антенна аралығында көріну шегінде ғана жүзеге асыруға болар еді. Бұл аралықты

$$r = \sqrt{2R_3} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), ,$$

байланыстан анықтайды,

яғни r — дереккөз бен қабылдағыш арасындағы аралық; R_3 — Жер радиусы; h_1 и h_2 — дінгектегі антенна биіктігі.

Дәл осылай, жарық толқындары сияқты, ұзынырақ инфрақызыл толқындар да және одан да ұзын миллиметрлік және сантиметрлік толқындар да тарайды. Атмосфера белгілі ұзындықтағы кей толқындарды қатты жұтып қоюы мүмкін. Оттегі ұзындығы 0,5 см толқындарды, ал су буы – 1,34 см қарқынды жұтады. Қысқалау, субмиллиметрлік толқындарда атмосфералық газдардың көбінің жұту сызығы болады; бұл толқындарды тарату шарты тіпті қолайсыз. Сантиметрлік, дециметрлік және метрлік ұзынырақ толқындарда атмосфера ашық болады. Барлық диапазондарды тура сызықта таралатын ультракысқа толқындарға жатқызады. Қатты жауған жаңбырдың өзі сантиметрлік қысқа толқындарды ғана жұтады, ал ультракысқатолқынды диапазондағы ұзынырақ толқындар ауа-райының кез келген жағдайында тарала береді.

Ұзын толқындардың таралуы. Ұзын толқын (1-ден 10 км-ге дейін (300... 30 кГц)) үшін жер бетінің барлық дөңес түрлері (тауды қоспағанда) толқын ұзындығына қарағанда аздау, сондықтан бөгет бола алмайды. Ұзын толқындар (1.6, а сурет) ионосфераның төменгі шегінен және жер бетінен кезекпен сәулеленеді. Мұхит пен теңіз сулары және дымқыл топырақтың өзі ұзын толқындар үшін өткізуші болып табылады, яғни оларды кез келген түсу бұрышынан сәулелендіреді.

Аса ұзын (10-нан 100 км-ге дейін (30.3 кГц)) және ұзын толқындар өз жолында энергиясының көп бөлігін жоғалтса да, Жерді жақсы айналып шығады. Сондықтан үлкен ара-қашықтықтағы радиобайланыс үшін қуатты таратқыш (антеннадағы қуаты бірнеше жүздеген және мыңдаған киловатт) және жоғары қымбат тұратын антенналар қажет. Антеннаның өлшемі үлкен болған сайын оның байланыс таратуы да алыс болады. Ұзынтолқынды байланыстың маңызды кемшілігі атмосфералық электр разрядтарынан кедергі қабылдағыштарына күшті әсер етуі, себебі бұл рарядтар ең бастысы ұзынтолқынды тербеліс тудырады. Одан басқа, радиобайланыстың ұзынтолқынды сызықтарында өткізудің жіңішке жолағы болады. Бұл толқындарда кейбір объектілермен байланысты қамтамасыз ететін, қабылдаушыдан кез-келген ара-қашықтықта (соның ішінде су астындағы сүңгуір қайықтармен де) орналасқан радиомен хабар беретін станциялар, ғаламдық радиобайланысқа арналған радиомен хабар беретін станциялар, нақты сағат қызметі, нақты уақыт белгісі мен метеорологиялық мәлімет қызметі жұмыс істейді.

Орта толқындардың таралуы. Орта толқын (диапазонын шартты түрде ұзындығы 100-ден 1 000 м –ге дейінгі (3.0,3 МГц) радиотолқындар деп түсінуге болады. Дыбыстың жоғары сапада берілуі радиостанцияның 10 кГц жиілігі жолағын алған жағдайда ғана болатынын мәлім. Орта толқынды диапазонда бір мезгілде (жақын жиіліктегі станциялар бір бірінен 9 кГц сақтаған жағдайды есептегенде) 100-ден аса радиомен хабар беретін станциялар жұмыс істей алады.

Орта толқындар ионосферада сәулеленгеннен кейін қайтып Жерге түседі. Күндізгі уақытта орта толқындардың энергиясымен ионосфера өте қатты жұтылып қояды (D аумағы), ал түнде D аймағы болмайды және онда толқындар жұтылмайды. Сондықтан күндіз орта толқындар жер бетінде ғана тарала алады, ал түнде ионосфералық орта толқындарды қабылдағыштан біршама қашықтықта қабылдауға болады (1.6. б суреті). Осыған байланысты орта толқында үш-төрт станция ғана, ал кешкі уақытта – бірнеше ондаған станциялар жұмыс істейді.

Орта толқындардың диапазоны радиохабарды, радиотелеграфты және радиотелефонды байланысты, радионавигацияны пайдаланады, орта толқындарда көптеген елдердің сауда кемелері байланыстарын жүзеге асырады. Дәл осы диапазонда, халықаралық келісімге сәйкес ұзындығы шамамен 600 м болатын толқындарда апат дабылының (SOS) дыбысары беріледі.

Қысқа толқындардың таралуы. Қысқа толқындар диапазонына 10-нан 100 м-ге дейінгі (30... 3 МГц) аралықтағы толқындар жатады. Бұл жиілік диапазоны, басқалары сияқты емес, телеграф, телефон, навигация және радиомен хабар беру станцияларында қолданылады. Көп уақыт бойы қысқа толқындар тура сызықта таралады, оларды көрінетін көкжиектен әрі қабылдауға болмайды деп есептеліп келді. Сондықтан мамандар қысқа толқындарды ыңғайсыздар қатарына жатқызды және толқындардың бұл диапазоны үшін радио хабарын беретін станцияларды жобалауды тоқтатты.

Бірақ XX ғасырдың 20-сы жылдарының басында қысқа толқынды радиостанциялар көмегімен өте алыс қашықтықтағы корреспонденттермен байланыс орнатуға болатыны анықталды. Бұл жағдайда таратқыш кәдімгі электр шамының қуатындай ғана мөлшерде қуат жұмсайды. Қысқа радиотолқындар Жер атмосферасының иондалған қабатынан бірнеше рет сәулеленуге қабілетті. Бұл ретте аз қуатты таратқыштар көмегімен алыс байланыс орнатуға мүмкіндік бере отыра, сәулеленген радиотолқындар өз жолында энергияны мүлдем жоғалтпайды. Қысқа толқында ионосфералық сәулелермен радиохабар тарату алыс радиобайланыстың үнемді тәсілі.

¹ Қысқа толқындарды игеруде Нижегородтық радиоэртхана өте маңызды рөл атқарды. 1923 жылы М.А.Бонч-Бруевич қысқа толқында таратқыш құрастырды, оның жұмысы жер шарының кез-келген жерінде естіліп жатты. Әрі қарай М.А.Бонч-Бруевичтің басшылығымен 20.50 м өте қысқа радиотолқындарды практикалық жақтан игеруге көшуге мүмкіндік беретін арнайы радиошамдар жасалды

Қысқа толқындар (сур. 1.6, г) иондалудың жеткілікті тығыздығы кезінде Жерге қайтарылуы мүмкін. Екі серіріс жолымен қысқа толқынды байланыстың қашықтығын ұлғайту мүмкіндігі, яғни екі дүркін ионосферадан көрінісін көрсету (Жерден бір рет көрсету), ол 1.7. суретте көрсетілген.

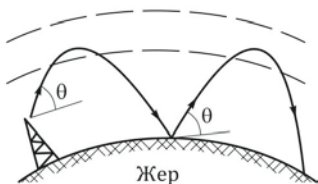
Мұндай байланыс қашықтығы бұрышпен анықталады, онда толқындар ионосфера шекарасына түседі (одан шағылысады) (сур. 1.8). Тік түсу кезінде ($\theta \rightarrow 90^\circ$) толқындар ионосфера арқылы ғарышқа өтеді.

Кейбір сыни $\theta_{кр}$ бұрышында иондану қабатының осы дәрежесі үшін және радиотолқындардың осы жиілігі үшін сәуленің толық ішкі көрінісі жүреді және сәуле ионосферада жер бетіне қатар жүреді. Аз бұрыштарда ($\theta < \theta_{кр}$), сәуле Жерге қайтарылады және сәулену пунктінен алыс болған сайын, бұрышы да аз θ . Қажетті байланыстың ұзақтығы бұрышпен θ анықталады, оның астында антенна максимум энергия таратуы тиіс.

Күндіз алыс байланыстар үшін бұл диапазонның неғұрлым қысқа толқындарын қолданады (шамамен 10... 25 м). Түнде алыс байланыстар үшін қысқа толқынды диапазонның төменгі бөлігін пайдаланады (35... 100 м). Күндізгі және түнгі толқындар (шамамен 25.35 м) аралығындағы аумақты алып жатқан толқындар байланыс үшін Күннің батысы мен шығысында сәтті пайдаланылады. Қысқа толқынды диапазонда ең қауіпті бөгде таратқыштар мен радиоэходан кедергі болады.

Ультра қысқа толқындардың таралуы. Ультра қысқа толқындар (УҚТ) 10 м-ден 1 мм-ге дейінгі диапазон алады (30.3 000 ГГц). Оптикалық кванттық генераторлар құру арқасында ондық үлесі микрометрге дейінгі ұзындықты генераторларды сәтті игеруге мүмкіндік туды.

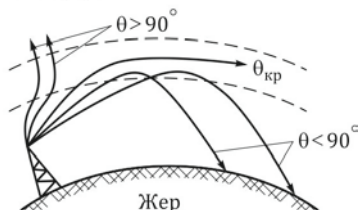
Ионосфера



1.7 сурет. Екі өзгеріс кезіндегі кеңістіктік қысқа толқындарды тарату:

θ — толқынның түсу бұрышы

Ионосфера



1.8 сурет. Әр түрлі бұрышта сәуленген толқындардың таралуы:

θ — толқынның түсу бұрышы; $\theta_{кр}$ — критикалық бұрыш

Бұл үлкен диапазонды шартты түрде бірнеше ішкі диапазондарға бөледі. Толқынның қысқаруына байланысты радиотолқын қасиеттері жарық толқындарына бірте-бірте жақындайды.

Ультрақысқа толқындар диапазонында кез келген жалпақтықтағы жиілік жолағын таңдауға болады және өз-ара кедергілердің болуына қауіптенбей-ақ хабарды жүргізуге болады. Қысқа, орта және ұзын толқындар диапазонын қоса алғандағы жұмыс жасайтын станциялардың соншасы ультрақысқа толқындардың бір метрлік аумағында ғана (10... 1 м) бір мезгілде жұмыс істей алады.

Ультрақысқа толқындар (1.6, в суретті қараңыз) атмосфера арқылы ғарышқа өтеді, яғни сәуле кейде жылжып кетуі мүмкін, бірақ көп жағдайда ғарышта да түзулігін сақтайды. Толқын қысқа болған сайын, олар түзу болып таралады.

Ультрақысқа толқындардың жер бетін орап өту қабілеті болмайды, сондықтан олардың көмегімен болатын байланыс көрінетін аймақ шеңберінде ғана жүзеге асады. Бұл олардың қолданылу мүмкіндігін төмендетеді, бірақ осыған байланысты бірнеше ондаған шақырымнан аса қашықтықта орналасқан радиостанциялар арасындағы кедергілер жойылады.

Атмосфералық және өндірістік кедергілер бұл диапазонда толығымен болмайды. Бірақ ионосферада ультрақысқа толқындардың дұрыс сәулеленуі үшін жеткілікті иондалу дәрежесіне жету мүмкін емес, сондықтан олар жақын жердегі байланыстар үшін қолданылды.

Өте алыс қашықтыққа ультрақысқа толқындар көмегімен ақпаратты беру үшін көршілес антенналар арасында тіке көрінімділік аралығында біратар аралық станцияларды орналастыру сипаты тән радиорелелік байланыс дайындалды. Радиорелелік желінің аралық станциясы бір бағыттан келген сигналды қабылдап, басқа толқындағы келесі бағытқа ретрансляция жасайды. Осылайша, сигнал тізбекпен соңғы станциядан екінші станцияға беріліп отырады. Бір мезгілде дәл сол желіде екінші соңғы станциядан біріншіге беріледі. Бұл ретте сол бір антенна құрылғысы бір бағытта тарату үшін де, қабылдау үшін де қызмет ете алады.

Радиорелелік желі ондаған және мыңдаған каналдармен тығыздалады. УҚТ байланыстыратын радиостанциялар антенналары арасындағы тура тәуелділік талаптары антеннаның мүмкіндігінше жоғары қойылуын талап етеді. Тұрақты құрылыстарда УҚТ антенналарын жоғарылату үшін арнайы тіректер: мұнара, діңгектер пайдаланылады.

Тіке көрінімділіктің ең алыс қашықтығы мына ара-қатынастан көрінеді:

$$r = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

мұндағы r — тіке көрінімділіктің ең алыс қашықтығы; h_1 — бір антеннаның ұзындығы; h_2 — басқа антеннаның ұзындығы.

Маңызды радиорелелік желі антенналарын 100 м-ге дейінгі биіктіктегі мұнараларда орналастырады. Қоршаған жергілікті жерді мүмкіндігінше қамту міндеті алдында тұрған телевизиялық таратқыш антенналарын одан да жоғары көтереді.

Ультракысқа толқындарды қолданудың аясы өте кең: радиомен хабар тарату, теледидар, радиолокация, радиорелілік байланыс, ғарыштық байланыс және т.б. Одан басқа, бұл толқын диапазонында автомобиль, кеме, ұшақта орналастыруға болатын бағытталатын антеннаны қолдануға болады. Тек ультракысқа толқындарда ғана радиожеліні өткізудің кең жолағы мен антенналардың жоғары бағытталуы арқасында радиолокациялық, телевизиялық станцияларды, телебасқару желілерін және басқа да арнайы құралдары құру мүмкін болады.

Радиотехникада өз қасиеттері бойынша ажыратылатын (түрі, қарқыны, ұзақтығы және т.б.) сигналдар түрлерінің үлкен санымен жұмыс істеу керек болады. Эфир табиғи түрдегі басқа да тұрақты емес сигналдарға, яғни шуылға, сатыр-сұтыр дыбысқа, тысырға толы.

Жер бетінде уақыттың әрбір сәтінде 100...300 найзағай ойнайды. Бөгеттер пайдалы сигнал әкелетін ақпаратты бұрмалайды, алайда дәл сол кезде ол басқа ақпаратты тасушы да болуы мүмкін.

1.3.

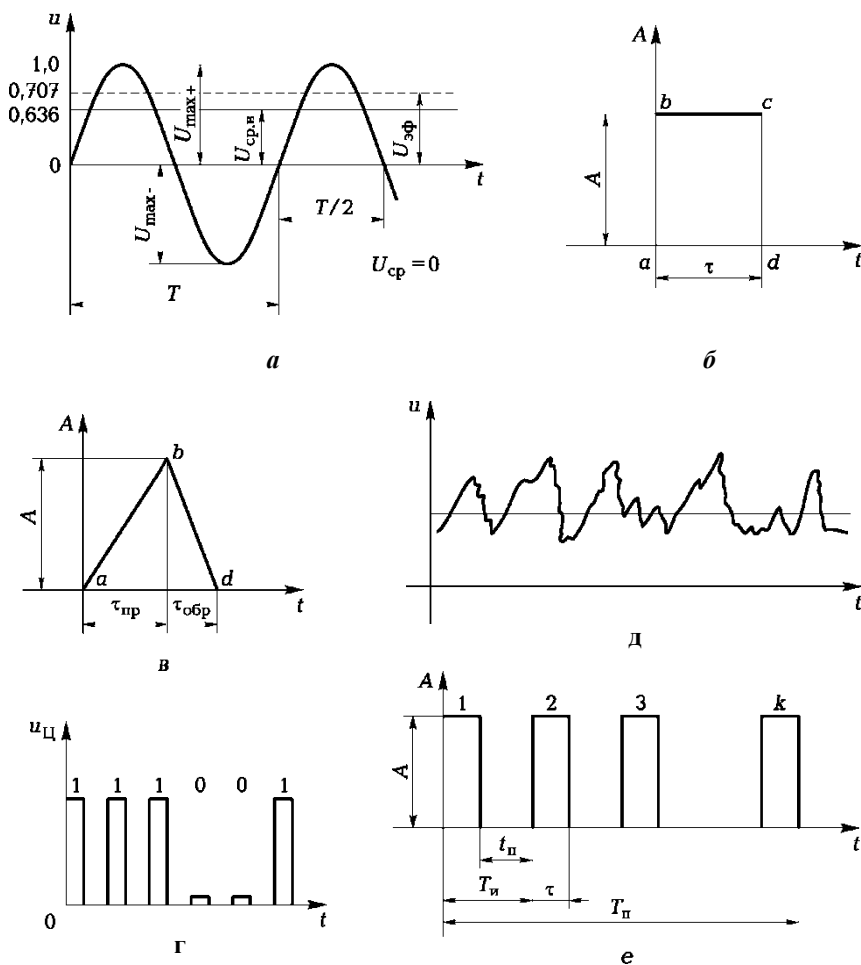
ЭЛЕКТР СИГНАЛДАРЫ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ МАҒЛҰМАТ

Радиоэлектроникада электр сигналдары ақпарат берудің құралы болып табылады. Олар формасы, қарқыны, ұзақтығы, жиілігі және т.б. бойынша ажыратылады. Электр сигналдары^{1 2} уақыттан (1.9. сурет) кей электр шамасына (мысалы, U кернеуі немесе I тоғы) тәуелділікті көрсетеді.

¹ Останкино телевизия мұнарасының биіктігі 525 м құрайды.

² Сигнал (*лат. signum* — «белгі») — қандай да бір оқиға, объектінің жағдайы мен оның жұмыс істеу тәртібі туралы хабардар ететін физикалық үрдіс немесе құбылыс.

Бұл тәуелділікке t уақыттан басқа, *сигнал параметрі* деп аталатын шамалар да енеді.



1.9 сурет. Сигнал түрлері:

a — синусоидалы; $б$ — тікбұрышты импульс; $в$ — араісті; $г$ — цифрлық; $д$ — кездейсоқ; $е$ — импульстар бумасы; $U_{\max}$ — кернеудің максималды амплитудалық мәні; t — уақыт; f — сигнал жиілігі; τ — импульс ұзақтығы; ab — бағыт; bc — шыңы; cd — бәсенсу; $T_{\text{п}}$ — импульс бумасының ұзақтығы; k — бумадағы импульс саны; $T_{\text{п}}$ — бумадағы импульстың жол кезеңі; A — амплитуда импульсы; T — кезең; $T/2$ — жартылай кезең; $1, 2, 3, k$ — импульстар; $t_{\text{п}}$ — импульстар арасындағы уақыт аралығы

Сигналдар үздіксіз (ұқсас) және дискретті болуы мүмкін. **Үздіксіз сигналдар параметрлері** амплитуданың (1.9, а суреті) берілген аралықта кез келген мәнді қабылдай алады. **Дискретті сигнал** параметрлері алдын ала белгіленген, анықталған мәнді, мысалы (1.9, б, в, е сур.) қабылдайды. Үздіксіз сигналды дискретті сигналға айналдыруға болады. Дискретті сигналдың өзге түрі цифрлық сигнал. Цифрлық сигналда сигналдың дискретті мәндерін сандармен, көбінесе кернеудің жоғары (бірліктер) және төмен (нөл) деңгейін көрсететін екілік кодымен алмастырады (1.9, г).

Сигналдар сондай-ақ детерминделген (тұрақты) және кездейсоқ болып бөлінеді.

Детерминделген деп параметрлердің лездік мәні кез келген уақытта анық белгілі радиотехникалық сигналдарды атаймыз. Егер оның сипаты уақыт функциясы түрінде берілсе, онда сигнал детерминделген болуы мүмкін. Детерминделген радиотехникалық сигналға мысал ретінде импульстардың үйлесімді тербелісі, реттілігі мен бумасын атауға болады (1.9 а, е сур. қараңыз).

Кездейсоқ сигналдар деп параметрлерінің лездік мәні кез келген уақытта белгісіз және анық алдын ала айтылмайды (1.9, д сур). Барлық нақты сигналдардың барлығы немесе басым бөлігін кездейсоқ сигнал ретінде қарайды. Кездейсоқ сигналдар ақпараттық (пайдалы) және пайдалы ақпараттан тұрмайтын немесе жалған хабар әкелетін (шуылдар немесе кедергілер) болуы мүмкін. *Кедергілер (шуылдар)* ақпаратты сигналдарға қарағанда бөгде электр магнитті үрдістерді білдіреді.

Кездейсоқ сигналдар мен шуылдар бір заңға бағынады, сондықтан олар ортақ атауға ие: *кездейсоқ тербелістер немесе кездейсоқ үрдісте*. Оларды оқып білу үшін математикалық ықтималдық теориясын пайдаланады. Радиоөлшемде көп қолданылатын сигналдарға үйлесімді тербеліс, импульстар, еркін мерзімдік тербелістер, шуылдар, түрлендірілген тербелістер (модулденген, детекторланған) жатады.

Үйлесімді тербеліс. Үйлесімді тербеліс деп бір параметрдің уақыт өте синус немесе косинус заңдылығы (мысалы, электрлік үйлесімді тербелістеі кернеудің және тоқ күшінің өзгеруі) бойынша өзгеруін атаймыз.

Үйлесімді (синусоидалды, монохроматикалы) тербелістер сөйлеуге, музыка және т.б. ұқсатуда үлгі ретінде пайдаланады. Графикалық үйлесімді тербелістерді синусоид түрінде бейнелейді (1.9, а сур. қара).

¹ Монохроматикалы (моно — «біреу» + хроматический — «боялған») — бір анықталған жиіліктегі электромагнитті сәулелену.

Үйлесімді тербелісті A_0 амплитудасымен, f_0 жиілігімен және φ_0 фазасымен сипаттайды. Осы параметрлер бойынша тәжірибеде жиі қолданылатын мерзімдік сигналдардың амплитудалық, жиілік және фазалық модуляцияларын жүзеге асырады. A_0 амплитудасы кернеуді белгілейді және вольт (В) өлшемінде немесе ток және ампер (А) өлшемінде болады. Үйлесімді тербеліс үшін A_0 амплитудалық мәні мен $A_{эф}$ тиімді мәні

$$A_{эф} = \frac{A_0}{\sqrt{2}} \cong 0,707A_0.$$

ара-қатысымен байланысты.

Тұрақты жиынтық түріндегі үдіксіз детерминделген сигналдар мен еселі жиіліктегі үйлесімді тербеліс қосындысын сигналдардың спектрлік жіктелуі леп атайды. Спектрлі диаграммаларда көлденеңінен (абцисс өсі) ағымдағы бұрыштық жиілікті, ал тігінен (ординат өсі) – амплитуда мәнін алып қояды. Амплитудалық спектр ақпаратты болып табылады, яғни оның көмегімен талданатын сигналдың жиілік құрамындағы үйлесімділіктің санын бағалауға болады. A_n құрайтын үйлесімді амплитудалар жиынтығын амплитуда спектрі немесе тербелістің амплитудалық спектрі деп атайды (мұндағы n – үйлесулер саны) (1.10 сур).

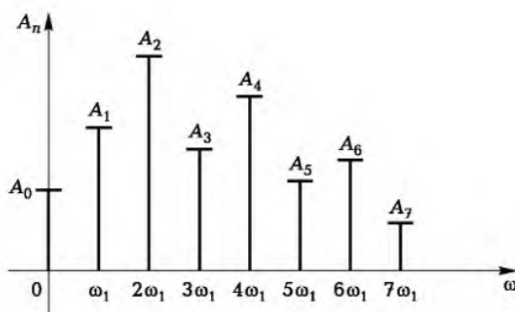
Мерзімдік сигнал спектрін сызықты, немесе дискретті деп атау қабылданған, өйткені ол биіктігі A_n амплитудасына тең жеке желілерден тұрады. ω_1 бұрыштық жиілігі бар A_1 спектралды құрамасын радиотехникада бірінші (негізгі) үйлесім, ал қалған $2\omega_1, 3\omega_1$ ижәне т.б. жиіліктегі құрамаларды мерзімді сигналдың жоғары үйлесімі деп атайды ($\omega = 2\pi f$). Үйлесімді тербелістер күрделі тербелістің негізгі жиілігіне еселенген жиіліктегі үйлесімнен тұрады.

ω_n үйлесім құрайтын фазалар жиынтығы фазалар спектрі деп аталады.

Синус заңы бойынша U кернеуінің уақытта өзгеруін көрсететін синусоидалық сигнал кең тараған (1.9 а сур. қараңыз).

Синусоидалық сигнал көптеген физикалық үрдістер үшін ақпарат және желілік тізбек қасиетін тасушы болып табылады. Желілік тізбек ток пен кернеудің тәуелділігі желілік қызметпен көрсетілген элементтерден тұрады.

¹ Диаграмма (гр. diagramma — «сурет, сызба») — Кесінді немесе түрлі фигуралар түрінде салынған түрлі шамалар арасындағы қатынасты көрнекі түрде көрсететін сызба.



1.10 сурет. Мерзімдік сигналдың амплитудалық спектрі:

A_n — амплитуда; A_1 — бірінші бүкпе; $A_2 \dots A_7$ — жоғары бүкпелер; ω — шеңберлік жиілік

Егер желілік тізбектің кіруінде синусоидты сигнал жүрсе, онда шығысында да синусоидты сигнал аламыз, бірақ оның амплитудасы мен фазасы басқаша болуы мүмкін. Бұл синусоидты сигнал үшін ғана әділетті.

U_{max} синусоидты сигналдың амплитудасы деп максималды мәні аталады. Синусоидты сигнал кернеуінің $U_{эф}$ тиімді мәнін былайша

$$U_{эф} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707U_{max},$$

анықтайды

мұндағы $U_{эф}$ — синусоидты сигнал кернеуінің тиімді мәні.

$U_{эф}$ кернеуінің тиімді мәні арқылы синусоидты сигнал қуатын анықтау жүреді.

Өндірістік жиіліктегі айнымалы ток синусоидты формада болады және кернеудің лездік, орташа квадраттық (қазіргі немесе тиімді) мәнімен, амплитудамен және фазамен сипатталады.

Кернеудің лездік мәні уақыттың бекітілген сәтіндегі кернеу мәнімен анықталады. Кернеудің лездік мәнін осциллограф экранынан бақылайды. $U_{эф}$ кернеудің орташа квадраттық (қазіргі немесе тиімді) мәнін лездік мәні квадрат мерзіміндегі орташадан квадрат түбірі ретінде анықтайды. Кернеудің орташа квадраттық мәнін сәйкес вольтметрмен өлшенеді. Кернеудің тиімді мәнінің квадраты сандық жағынан 1 Ом қарсылығына шашыраған орташа қуатқа тең.

U_{max} кернеу амплитудасы деп кезең немесе жартылай кезең ішінде кернеудің синусоидты өзгеруінің барлық лездік мәнінің ішіндегі максималды мәнді атайды. U_{max} өлшенетін кернеудің максималды амплитудасын Т кезеңіндегі оның ең үлкен мәні ретінде анықтайды (1.10, а сур.).

Амплитуда мен кернеудің орташа квадратты мәні арасындағы байланыс лездік мән өзгерісінің кез келген формасында мына формула арқылы анықталады:

$$U_{эф} = U_{max} / K_a$$

мұндағы K_a — амплитуда коэффициенті; $K_a = \sqrt{2} = 1.41$ синусоидты кернеу үшін.

Синусоидты емес сигналдар. Синусоидты емес сигналдар (1.11 сурет) радиотехникада кеңінен қоланылады. Оларды кернеудің $U_{орт}$ орташа, $U_{раз}$ максималды (ең жоғары деңгейдегі), $U_{эф}$ орта квадратты (қазіргі немесе тиімді) және $U_{орт}$ орташа түзетілген мәндерімен сипаттайды. $U_{орт}$ кернеудің орташа мәнімен сипаттайды. Кернеудің орташа мәні Т кезеңіндегі барлық лездік мәнің орташа арифметикалық мәніне тең. Оны көп жағдайда кернеудің тұрақты құрамдасы деп атайды. Біршама симметриялы емес кернеудің нөлі үшін (егер сигналдың $U_{ср}$ тұрақты құрамдасы болса) U_{max+} жоғары + U_{max-} төмен ұшқары ауытқу түсінігін енгізеді (1.11, а суреті). Максималды (ұшқары) кернеу айырмасын кернеудің «қарқыны» деп атайды:

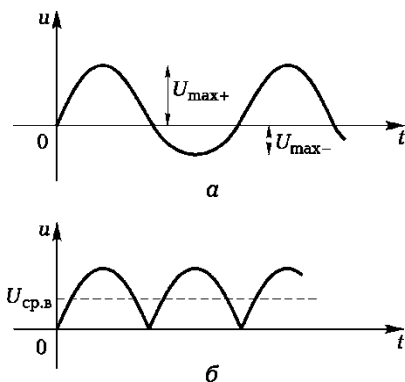
$$U_{раз} = U_{max+} - U_{max-},$$

орташа түзетілген мәнді $U_{ср.в.}$ оның екі жартылай кезең түзетуінен кейін (1.11, б сурет) немесе Т кезеңіндегі абсолютті лездік мәнің орташа арифметикалық мәні ретінде $U_{ср}$ кернеуінің тұрақты құрамдасы ретінде анықтайды (1.9, а сур. қара).

Орташа түзетілген $U_{ср.в.}$ мен орташа квадратты (қазіргі немесе тиімді) $U_{эф}$ кернеулер өз-ара форма коэффициенті арқылы байланысқан:

$$U_{эф} = U_{ср.в.} / K_{ф},$$

мұндағы $K_{ф}$ — синусоидты кернеуге арналған форма коэффициенті $K_{ф} = 1,11$.



1.11. сурет. Синусоидты емес сигналдар:

a — уақыттағы кернеудің симметриялы емес өзгерісі; b — орташа түзетілген кернеу; u — кернеу; t — уақыт u_{cp} — орташа түзетілген кернеу; U_{max+} — кернеудің жоғарыға ең биік деңгейдегі ауытқуы; U_{max-} — кернеудің төменге ең биік деңгейдегі ауытқуы

Орташа түзетілген мән $U_{cp.v}$ мен амплитуда U_{max} арасындағы байланыс

$$U_{cp.v} = U_{max} / K_a K_\Phi$$

теңдеуімен анықталады.

мұндағы $U_{cp.v} = U_{max} / (1,41 \times 1,11) = 0,63 U_{max}$ — қисық синусоидты форма үшін.

Радиотехникада 10 -нан 10^{13} Гц-ке дейінгі жиілік диапазонында орналасқан электромагнитті тербелістер пайдаланылады. Мұндай жиіліктегі электромагнитті тербеліс *радиожіілік немесе толқын* деп аталады.

Импульстар. Радиоэлектроникада сигналдардың басқа түрлері де: дара импульс (1.9,б сур. қара), импульстар қорабы (1.9,в сур. қара), ара тәріздес сигналдар (1.9, е сур. қара) пайдаланылады.

Дара импульс немесе импульс деп шектелген уақыт аралығында мәні нөлден өте жақсы сигнал аталады. Тікбұрышты импульстар көп таралады (1.9, б,г,е сур). А параметрі амплитуда, t параметрі — ұзақтық, түзу ab — бағыт, тура bc — ең биік шыңы, ал тура cd — тікбұрышты импульстың түсуі.

Нақты тікбұрышты сигнал формасы кемшіліксіз тікбұрыштан ерекшеленеді. Кернеудің тікбұрышты импульстары цифрлық электроникада кеңінен пайдаланылады. Радиотехникада әртүрлі формадағы импульстарды қолданады.

Импульстер будасы (*тобы, сериясы, пакети*) (1.9, е сур. кара) бірдей уақыт аралығында бірінен соң бірі келетін біркелкі формалы k импульстарының нақты анық санының реттілігін білдіреді. Импульс будасының ұзақтығын T_n

$$T_n = (k - 1)T_{\text{и}} + t,$$

тепе-теңдігімен анықтайды

мұндағы t — дара импульстың ұзақтығы.

Тікбұрышты импульстардың мерзімді реттілігін A импульсы амплитудасымен, t ұзақтығымен және $T_{\text{и}}$ импульстарының жүру кезеңімен (немесе *F импульстарының жиі жүруімен*) сипаттайды. Ол сигнал модуляциясын амплитуда (амплитудалық-импульстік модуляция), ұзақтығы мен жүру жиілігі бойынша жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Модуляцияның бұл түрлері практикада да кеңінен қолданылады.

Ара тәріздес импульстар (1.9, в сур. кара) тура жүріспен (тура ab) және кейін жүріспен (тура be) сипатталады. Тура ab -ның уақыт өсіне (абцисс өсі) проекциясы тура жүрістің $t_{\text{пр}}$ ұзақтығы, ал тура bc проекциясы — кейін жүрістің ұзақтығы $t_{\text{обр}}$ деп аталады. A импульсының ең жоғары мәні амплитуда деп аталады. Ара тәріздес импульстарды осциллограф көмегімен өлшеу кезінде пайдаланады.

Шуылдар. Шуылдар (кедергілер) кездейсоқ үрдістерден тұрады. Олар құрылғы сипатын кемітеді және жиі пайдалы сигналдарды жасырады. Пайдалы сигнал мен шуылдың екі үйлесімінің болуы мүмкін:

1) Пайдалы сигнал мен шуыл желіде қосылады (аддитивті қосынды);

2) пайдалы сигнал шуылмен ұлғайғандағы сигналдар қоспасы (мультипликативті қосынды).

Өлшенетін құралдар сезімталдығына құрал кірісінде өлшенетін сигналда болатын шуылдармен қатар, құралдың өзі түрлендіретін шуылдар да әсер етеді. Құралдың өзі түрлендіретін шуыл деңгейін шуыл коэффициентімен бағалайды.

$K_{\text{ш}}$ шуыл коэффициентін құрал кірісіндегі шуылға сигнал амплитудасы қатысының бөлігінен құрал шығысындағы шуылға сигнал қатысын дербес ретінде анықтайды

¹ Аддитивті (ағылш. тіл addition — «қосу») — қосу жолымен алынады.

² Мультипликация (ағылш. тіл multiplication — «көбейту»).

$$K_{\text{ш}} = \frac{S_{\text{вх}}/N_{\text{вх}}}{S_{\text{вых}}/N_{\text{вых}}}$$

мұндағы $S_{\text{вх}}$ — құралдың кірісіндегі сигнал; $N_{\text{вх}}$ — құралдың кірісіндегі шуыл; $S_{\text{вых}}$ — құрал арқылы өткеннен кейінгі сигнал; $N_{\text{вых}}$ — құрал шығысындағы шуыл.

Шуыл коэффициенті — мөлшерсіз шама, оны децибилде көрсетуге болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Радиотолқындар жарық толқындарынан несімен ерекшеленеді?
2. Радиобайланыстың жалпы схемасын
3. Ионосфера деген не?
4. Ұзын толқындар қалай таралады?
5. Орта толқындар қалай таралады?
6. Қысқа толқындар қалай таралады?
7. Электр тербелістері немен сипатталады?

ЭЛЕКТР ТЕРБЕЛІСТЕРІНІҢ КҮШЕЮІ

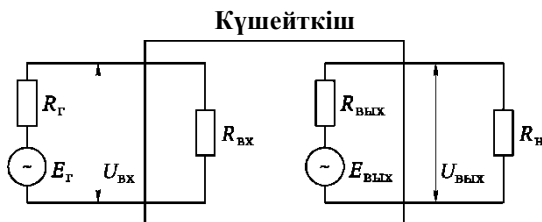
2.1. КҮШЕЙТКІШТЕРДІҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАСЫ МЕН КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Электр тербелістерінің күшеюі. Ақпаратты өзгерту және өңдеу үрдісінде осы ақпарат бар тербеліс қуатының деңгейі тұтынушының жұмысы үшін жеткіліксіз және оны ұлғайтуға қажеттіліктің туындайтыны анықталады. Осыған байланысты электронды күшейткіштер қолданылады.

Күшейткіш деп кіріс сигналының кернеуін, тоғын немесе қуатын көтеруге арналған құрылғы аталады. Кез келген күшейткіштің тоқ көзі, белсенді күшейткіш элемент және пассивті тізбектер болады. Күшейткіштердегі кіріс сигналы берілетін қос полярлы немесе далалық транзисторлар белсенді элементтер (8 тарауды қара) болып табылады. Тоқ көзінен энергия пайдалану есебінен белсенді элемент көмегімен электр тербелістері күшейеді. $I_{вх}$ кіріс сигналының әсерінен белсенді элементтің қарсыласуы өзгереді. Кіріс сигналы тоқ көзінен жүктемеге энергия беруді ғана басқарады, өйткені оның ықпалымен күшейткіш элементтің шығатын жерінде жүктемеге берілетін күшті тербелістер пайда болады. Бұл ретте күшейткіштің шығатын жеріндегі кернеу формасы кіретін жерде кернеудің өзгеріс заңдылығын қайталағаны дұрыс.

Күшейткіш каскадтың құрылымдық схемасы 2.1 сур. берілген. Басқарушы тербеліске әкелінетін күшейткіш қысқышы күшейткіш кірісі деп аталады. Кіріс сигналы көзі (энергия көзі) R_r ішкі кедергісі бар E_r кернеу генераторы түрінде берілген. Басқарылатын элемент ретінде тоқ көзінен тұрақты тоқ энергиясын жүктемедегі айнымалы тоқ энергиясына өзгертуді қамтамасыз ететін транзисторды пайдаланады.

Сигнал көзі күшейткіш кірісінде $R_{кіріс}$ амплитудасы бар айнымалы кернеу құрады. Сигнал көзі үшін күшейткіштің (транзистор) өзі $R_{шығыс}$ күшейткіштің кіріс кедергісі деп аталатын кедергі көрсетеді.



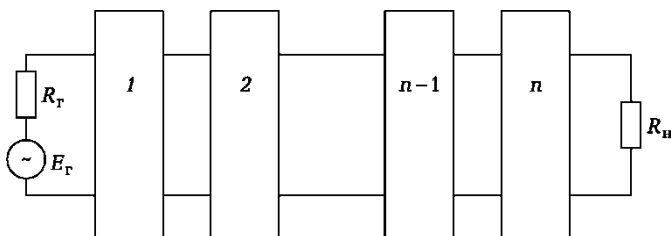
2.1 сурет Күшейткіш каскадтың құрылымдық схемасы:

$U_{\text{кр}}$ — кіріс сигнал; R_{T} — генератордың ішкі кедергісі; E_{T} — кернеу генераторы; $R_{\text{кр}}$ — күшейткіштің кіріс кедергісі; $R_{\text{шығ}}$ — күшейткіштің шығыс кедергісі; $U_{\text{шығ}}$ — күшейткіштің шығыс керуі; R_{H} — жүктеменің кедергісі; $E_{\text{шығ}}$ — кернеудің шығыс генераторы

Күшейткіш сондай-ақ $R_{\text{шығ}}$ шығыс кедергісінен болады. Күшейткіштің шығыс қысқаштарына айнымалы $U_{\text{шығ}}$ синусоидты кернеу пайда болатын және күшейтілген тербеліс қуаты бөлінетін R_{H} жүктеме кедергісі деп аталатын кедергіні қосады.

Егер күшейткіште $R_{\text{крис}} \gg R_{\text{T}}$ болса, онда ол кернеу күшейткіші болып табылады; егер $R_{\text{крис}} \ll R_{\text{T}}$ болса, онда күшейткіш ток күшейткіші деп аталады; қуат күшейткішінде $R_{\text{крис}} \approx R$ болса, яғни кіру кіріс сигналы көзімен келісілген.

Радиоэлектронды техниканың көптеген құралдарына бір белсенді элементті (бір күшейткіш каскад) ғана пайдаланып алуға болмайтын күшейткіш коэффициенті (2.1 тараушасын қара) талап етіледі. Сондықтан күшейткішті бірнеше күшейткіш каскадтардан құрастырады (2.2 сур.)



Сурет 2.2. Көпкаскадты күшейткіштің құрылымдық схемасы:

1 — кіру каскады; 2 — екінші каскад; $n - 1$ — соңғының алдындағы каскад; n ($n = 1, 2, \dots$) — соңғы каскад; E_{T} — кернеу генераторы; R_{T} — генератордың ішкі кедергісі; R_{H} — жүктеменің кедергісі

Каскадтар кіруден бастап өсу ретімен нөмірленеді. Бірінші каскад кіру каскады, ал соңғысы – шығу, немесе соңғы каскад деп аталады. Бірінші каскадтың жүктемесіне екінші каскадтың кіру кедергісі жатады, ал екінші каскадтың кіру сигналының көзіне бірінші каскадтың шығуы (бірінші каскадтың күшейткен тербелістері екінші каскадтың кірісіне беріледі) және т.с.с. Кіру каскады күшейткішті кіру сигналы көзімен келістіруді жүзеге асырады. Көпкаскадты күшейткіштің шығу каскады көп жағдайда қуаттың күшейткіші болып табылады; ол жүктемеге (мысалы, дауыс зорайтқыш) бұл жүктеменің сапалы жұмысына қажет қуат беру міндетін орындайды. Қалған (аралық) каскадтар берілген күшейткіш коэффициентін қамтамасыз ету үшін қажет, олар алдын ала күшейту каскадтары деп аталады. Күшейткіш (параметрлер) сапасының негізгі көрсеткіштеріне күшейткіш коэффициенті, өткізу жолағы , амплитудалық сипаттама мен динамикалық диапазон жатады.

Күшейту коэффициенті. Күшейту коэффициенті (тарату коэффициенті) деп шығу шамасына таралатын сигналды сипаттайтын шығу шамасының қатысы айтылады. Осындай шама ретінде қуатты, кернеу немесе тоқты пайдаланады. Барлық күшейткіш схемалар кіру сигналының қуатын күшейтеді, бірақ кей жағдайларда күшейткіштің негізгі көрсеткіші шығу кернеуі мен тоғының шамалары болады. Пайдаланылатын шамаға байланысты K_p қуаты, K_v кернеуі және K_p тоғы бойынша күшейту коэффициентін ажыратады. Күшейту коэффициентін орныққан режимде үйлесімді кіру сигналымен анықтайды.

Қуаты бойынша күшейту коэффициенті $P_{\text{шығ}}$ жүктемеге берілетін белсенді қуат $P_{\text{кір}}$ кіру қысқыштарына әкелінген белсенді қуаттан қаншаға көбірек екенін көрсетеді

Бірліктен үнемі артық ($K_p > 1$) қуат бойынша күшейту коэффициенті (K_p)

$$K_p = P_{\text{шығ}} / P_{\text{кір}}$$

теңдігімен анықталады, мұндағы $P_{\text{шығ}}$ — берілген жүктемеге күшейткішпен қайтарылатын қуат; $P_{\text{кір}}$ — күшейткіштің кірісіне әкелінеін қуат, $P_{\text{кір}} = K_u K_i$

Күшейткіштің әрбір каскадында каскадтың шығысындағы қуат каскадтың кірісіне берілетін қуатқа қарағанда көбірек болуы керек. Белсенді каскад осынысымен пассивті төртжолалықтан ерекшеленеді, мысалы, кернеуді ұлғайтып, бірақ қуатты ұлғайтпайтын трансформатор. Көпкаскадты күшейткіштің күшеюінің жалпы коэффициенті жеке каскадтардың күшейту коэффициенттерінің туындауына тең болады.

Шамдардағы күшейту каскадтарының жұмысын **кернеу бойынша күшейту коэффициентімен** бағалайды, ол мына теңдікпен анықталады

$$K_p = U_{\text{шығ}} / U_{\text{кір}},$$

мұндағы $U_{\text{шығ}}$ — күшейткіш шығысынадағы сигналдың кернеу амплитудасы; $U_{\text{кір}}$ — күшейткіш кірісіндегі сигнал кернеуінің амплитудасы. Транзистордағы каскадтар шамды каскадтардан ерекшелігі олар кіру тізбегінде тоқ болмаған жағдайда жұмыс істей алмайды. Сондықтан олар үшін тоқ бойынша (K_1) **күшейту коэффициенті** сапалы жұмыс көрсеткіші болып табылады:

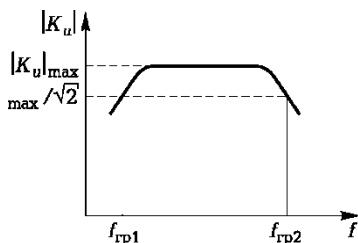
$$K_i = I_{\text{шығ}} / I_{\text{кір}},$$

мұндағы $I_{\text{шығ}}$ — жүктеме кедергісіндегі тоқ амплитудасы; $I_{\text{кір}}$ — кіру тізбегіндегі тоқ амплитудасы.

Сигналдың күшеюінен басқа күшейткіштің оның формасын өзгертпеуі, яғни кернеудің (немесе тоқтың) барлық өзгерістерін нақты қайталағаны қажет. Сонымен бірге сигналдың уақыт бойынша кей қозғалыстарына рұқсат етіледі. Күшейткіш арқылы өтетін сигналдар өзгеріске түседі, ол сигнал формасының бұрмалануына әкеледі. Бұрамаланулар сызықтық және бейсызықтық болады. Үйлесімді сигналдар күшейткішінің бейсызықтық болуы *K_r бейсызықтық бұрмалану коэффициентімен* бағаланады. Дыбыстық жиілік күшейткішіндегі бейсызықтық бұрмалану $K_r < 0,2...0,5\%$, болған жағдайда құлаққа естілмейді, сондықтан жоғары сападағы күшейткіштер үшін $K < 0,5\%$.

Кернеу бойынша күшейткіш коэффициентінің модулі $|K_u|$ күшейтетін сигнал жиілігіне байдаысты. Күшеюдің кешенді коэффициенті модулінің жиілігінен тәуелділікпен шартталған кіру сигналы амплитудасын өзгерту амплитудалық-жиілік бұрмалану немесе жиілік бұрмалануы деп аталады. Бұл бұрмаланулар *сызықтық* деп аталады. Амплитудалық-жиілік бұрмалануы күшейткіш коэффициенті модулінің (тарату коэффициенті) жиілікке тәуелді болуын көрсететін амплитуда-жиілік сипаты бойынша бағаланады (2.3 сурет).

Күшейтілегін параметрлері бойынша күшейткіштер кернеу күшейткіштері (кернеу бойынша күшейту коэффициенті $K_u \gg 1$), тоқ күшейткіші (тоқ бойынша күшейту коэффициенті $K_r \gg 1$) және ондағы күшейтілген сигнал қуаты тоқ көзінен күшейткішке әкелінетін қуатпен салыстырылатын қуат күшейткіші болып бөлінеді.



2.3 сурет Күшейткішті өткізу жолағы:

$|K_u|$ —кернеу бойынша күшейту коэффициентінің модулі; $|K_u|_{\max}$ — күшейту коэффициенті модулінің максималды мәні; f — жиіліктің ағымдағы мәні; $f_{гр1}$, $f_{гр2}$ — шектік жиіліктер

Күшейткішті өткізу жолағы. Күшейткішті өткізу жолағы деп күшейту коэффициенті тұрақтылыққа жақын және тек шекарада ғана күшейту коэффициенті модулі күшейту коэффициентінің максималды мәнімен салыстырғанда $\sqrt{2}$ есеге дейін азаятын жиілік диапазонын құрайтын жиіліктер жолағы аталады (2.3 сур.қара). Кернеудің күшейуін осылайша төмендету сөйлеудің анықтығынан, яғни дыбыс сапасынан көрінбейді.

Қазіргі радиоқұралдарда өткізу жолағын кедергілерді төмендету мақсатында төменгі жағынан да, жоғары жақтағы жиіліктен де азайтады. *Жиілік бұрмалану коэффициенттері* M деп f жиілігінде күшейту коэффициенті модулінің максималды мәнінің $|K_{\max}|$ f жиілігіндегі күшейту коэффициенті модуліне қатынасы деп түсінеді.

Импульстық күшейткіштер кең жиілік спектрі бар (бірден бірнеше герц-қа, кейде 100...200 МГц-қа дейін) импульстарды күшейтуге арналған.

Өткізудің мұндай жолағы мысалы, наносекундты ұзақтықтағы импульстық тербелісті бақылауға арналған осциллографтағы күшейткіштерде болады.

Жиілік өсіне өткізу жолағын орналастыру бойынша күшейткіштер алғашқы сигналдар күшейткішіне (оларды жиі төменгі жиілік күшейткіштері деп атайды) және радиосигнал күшейткіштеріне (оларды жоғары немесе радилжиілік тербелістері күшейткіштері деп атайды) бөлінеді.

Күшейткіштің амплитудалық сипаты. Күшейткіштің амплитудалық сипаты $U_{\text{шығ max}}(U_{\text{кір max}})$ деп дәл сол жиілікте үйлесім сигналы күшейткішінің кірісіне әсер етуде кіріс кернеуінің әсерлік мәнінен қандай да бір жиілікте шығыс кернеуінің әсерлік мәніне (немесе амплитудалық) тәуелділігі аталады

Амплитудалық сипат 2.4. суретте көрсетілген.

Амплитудалық сипатының иілуі кіріс сигналы болмаған жағдайда да шығыста шуыл кернеуін $U_{ш.шығ}$ қамтамасыз ететін күшейткіште өз кедергілерінің болуымен байланысты.

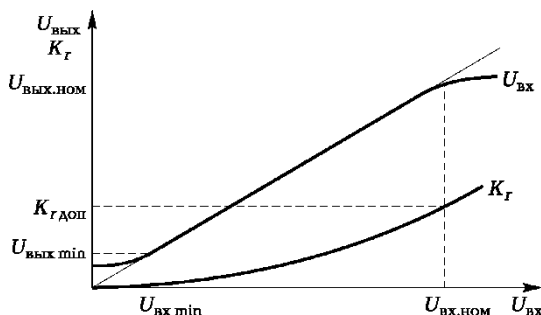
Кез келген схемада үш түрлі шуыл туындауы мүмкін:

- жылу;
- бытыралық;
- жылтылдау шуылы

Электрондардың ретсіз қозғалысынан және электрондардың кристалл торлардың түйіндерімен соқтығысуынан әрбір резистордың қысқыштарында олардың орташа мәнінен тоқ пен кернеудің кішігірім кездейсоқ ауытқулары пайда болады. Осының нәтижесінен резисторларда **жылу шуылдары** пайда болады.

p — p - ауысу арқылы тоқтың иодта немесе транзистордан өтуінде p — p - ауысуындағы потенциалды кедергіні жою үрдісі жек заряд тасушыларының өтуі кезінде кездейсоқ сипатта болады және орташа мәнінен тоқтың кездейсоқ ауытқуларынан көрінеді. Бұл үрдісте **бытыралық шуыл** пайда болады.

Схемалардың барлық элементтерінде резистор, конденсатор, транзистор, диод және басқа да элементтер параметрлерінің ақырын өзгерістерімен байланысты болатын **жылтылдау шуылдары** байқалады



2.4. сурет Күшейткіштің амплитудалық сипаты

$U_{шығ}$ — шығыс кернеуі; $U_{шығ \cdot ном}$ — шығыс номиналды кернеуі; $U_{шығ min}$ — шығыс минималды кернеуі; $U_{кір}$ — кіріс кернеуі; $U_{кір \cdot ном}$ — кіріс номиналды кернеуі; $U_{кір min}$ — кіріс минималды кернеуі; K_r — бейсызық бұрмалану коэффициенті

$U_{\text{кр} \text{ max}}$ кіріс сигналының амплитудасын күшейткенде $U_{\text{шығ} \text{ max}}$ шығыс сигналы амплитудасының $U_{\text{кр} \text{ max}}$ кіріс сигналына бейсызықтық тәуелділігі және $|K| = U_{\text{шығ} \text{ max}} / U_{\text{кр} \text{ max}}$ күшейту коэффициенті модулінің азаюы байқалады. Бұл транзистордың бейсызықтық сипатымен және тоқ көзінің шектелген қуатымен байланысты, ол шығыста өте үлген қуатты сигнал алуға мүмкіндік бермейді. $U_{\text{кр} \text{ max}}$ кіріс сигналы амплитудасының ұлғаюымен бір мезгілде K_{Γ} бейсызықтық бұрмалану коэффициенті де өседі. $U_{\text{кр} \cdot \text{ном}}$ номиналды кіріс кернеуінде шығыста $U_{\text{шығ} \cdot \text{ном}}$ номиналды шығыс кернеуі, яғни мүмкін K_{Γ} сызықтық бұрмалану коэффициентін алатын кернеу пайда болады.

Динамикалық диапазон. Күшейткіштің динамикалық диапазон оны деп шығыс номиналды кернеуінің кіріс минималды кернеуіне қатысын атайды; ол мына қатынаспен анықталады:

$$D_y = \frac{U_{\text{шығ} \cdot \text{ном}}}{U_{\text{кр} \text{ min}}}$$

мұндағы $U_{\text{кр} \cdot \text{ном}}$ — күшейткіш кірісіндегі кернеудің номиналды мәні; $U_{\text{вх} \text{ тш}}$ — күшею сигналы кедергілер аясында да ажыратыла берін күшейткіш кірісіндегі минималды кернеу

Қуат күшейткіштерінде динамикалық диапазонға күшейткіштің шығысындағы $P_{\text{шығ} \text{ max}}$ максималды шығыс қуатының $P_{\text{шығ} \cdot \text{ш}}$ өз шуылының шығыс қуатына қатысын қабылдайды

Оны мына қатынастағы децибелдармен (дБ) анықтайды

$$D_y = 10 \lg \frac{P_{\text{шығ} \cdot \text{max}}}{P_{\text{шығ} \cdot \text{ш}}}$$

Жақсы күшейткіштердің динамикалық диапазоны $D_y \geq 120$ дБ болады.

Динамикалық диапазон аясында күшейткіш сызықтық құрылғы ретінде қарастырылады.

Күшейткіш тоқ көзінен (бір немесе бірнеше) P_0 кей қуатты пайдаланады. Күшті шығыс күшейткіштерін бағалауда (бұл қуат күшейткішіндегі пайдалы қолдану деңгейін бағалау үшін) күшейткіштің шығыс жүктемесінде $P_{\text{шығ}}$ (күшейткіш жүктемесіне берілетін сигнал қуаты) пайдалы сигнал қуатының тоқ көзінен алынатын P_0 қуатқа қатынасы ретінде анықталатын *күшейткіштің пайдалы қолданылу коэффициенті* η (КПК) басты рөл атқарады:

$$\eta = \frac{P_{\text{шығ}}}{P_0} < 1.$$

Күшейткіш каскадтардың пайдаланатын тоқ көзінен алынатын қуаты жоғары болмаған жағдайда каскад КПК қосалық рөл атқарады. Күшейткіштерді түрлі белгілері бойынша классификациялайды.

Байланыс түрі бойынша жеке каскадтар арасында транзисторлық күшейткіштер сыйымдылық, трансформаторлық және тікелей байланыстар болуы мүмкін. Сыйымдылық байланысты күшейткіштер (резистивті күшейткіштер) транзисторларды габаритіне, салмағына, үнемділігіне қарай кең қолдануға жағдай жасайды. Трансформаторлық байланысты күшейткіштер транзисторлық каскадтардағы төмен кіріс және жоғары шығыс кедергілерін жеткілікті дәрежеде келісуге рұқсат береді. Бірақ бұл жағдайда транзисторлық схемалардың өлшемі мен салмағы бойынша артықшылықтары жоғалады, өйткені азгабаритті трансформаторларды қолдану қажет күштермен қамтамасыз ете алмайды. Бұл кемшіліктер тікелей байланыс күшейткіштерінде болмайды. Бұндай күшейткіштердің құрамында ең аз бөлшектер болады және ол бірқалыпты жиілік сипатында болады.

Тағайындалуы бойынша қуат, кернеу және тоқ күшейткіштерін ажыратады. Күшейткіштің $R_{\text{шығ}}$ шығыс кедергісі шамаларының арасындағы қатынас және R_n жүктеме кедергісі бойынша күшейткіштерді кернеу күшейткіші ($R_{\text{шығ}} \ll R_n$), тоқ күшейткіштері ($R_{\text{кір}} > R_n$) және қуат күшейткіштері ($R_{\text{шығ}}$ және R_n) деп бөлуге болады.

Бірақ аталған күшейткіштер қуаты бойынша төменгі жиіліктегі сигналдарды күшейтуді жүзеге асырады, сондықтан берілген бөлініс шартты түрде.

Күшейетін кіріс сигналдарының формасы бойынша үйлесімді және импульсты сигналдарды ажыратады.

Күшейетін жиілік диапазоны бойынша тұрақты тоқ күшейткіштеріне (ТТК) адыратады, олар сигналдарды $f_{\text{гр1}} = 0$ -ден (шекаралық жиілік 1) $f_{\text{гр2}} = f_{\text{max}}$ диапазонында күшейтуге қабілетті. Дыбыс жиілігін күшейткіштер (ДЖК) (төмен жиіліктегі сигналдарды $f_{\text{гр1}}$ және 20 Гц бастап $f_{\text{гр2}}$ және 20 кГц дейінгі жиілік диапазонында күшейтеді) және радиожілік күшейткіштері (РЖК) (радиожілік күшейткіштерінде жүктеме ретінде параллель тербеліс контурын немсе байланысқан контурлар жүйесін пайдаланады (6.2 т. Қара). Бұндай күшейткіштерді амплитудамодуляцияланған және жиілік-модуляцияланған тербелістерді күшейту үшін пайдаланады.

Белсенді құрал түріне байланысты барлық күшейткіштер транзисторлық күшейткіштер мен электрвакуум құралындағы күшейткіштерге – электронды шамға бөлінеді. Күшейткіштерде негізінен биоөрістік және далалық транзисторларды, ал заманауи күшейткіш техникалары интегралды микросхемаларда қолданылады.

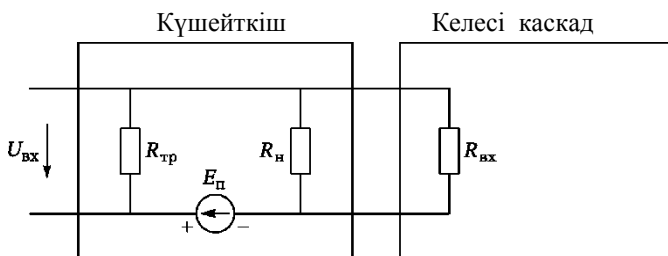
Электронды лампалардағы күшейткіштер тек ескі аппаратураларда ғана қолданылады. Қазіргі кең қолданыстағы аппаратурада (радиохабар және телевизия қабылдағыштары, мектеп құралдары және т.б.) электронды лампаларды пайдалануға тиым салынған.

Күшею жиілігі жолақтарының ені бойынша күшейткіштер тар жолақты және кең жолақты болады. Радио хабарын таратушы құрылғыларда алғашқы сигнал күшейткіштерін пайдаланады. Кейде басқарушы сигналдар деп аталатын алғашқы сигналдар таралатын хабарды көрсететін (мысалы, микрофон арқылы сөз немесе музыка әсерінен құралатын сигналдар) электр процестерінен тұрады. Радио хабарын таратушы құралдарда бұл сигналдар күшейе түсуі керек және кейін радио хабарын таратқыш тербелістерін (модуляцияны жүзеге асыру) басқаруы керек.

Радио хабарын тарақыш құралдарында антенна мен детектор арасында радиожилік күшейткішін қосады, кейде оларды радиосигнал қуатын белгілі бір мәнге дейін көтеретін жоғары жиілік күшейткіштері деп атайды, ол жағдайда детектор алғашқы сигналды қалпына келтіреді.

2.2. КЕРНЕУ КҮШЕЙТКІШТЕРІ

Кернеу күшейткішінің шығысына сигнал өңдеудің келесі каскадының (күшейту, детектрлеу, жиілікті түрлендіру және т.б.) жоғары кедергілі кірісін ($R_{\text{кпр}}$ үлкен кіріс кедергісімен) қосады. Кернеу күшейткішінің дұрыс жұмыс істеуі үшін транзистордың Π_n кедерлілік жүктемесін күшейткіштің ішіне қосады (2.5 сур.).



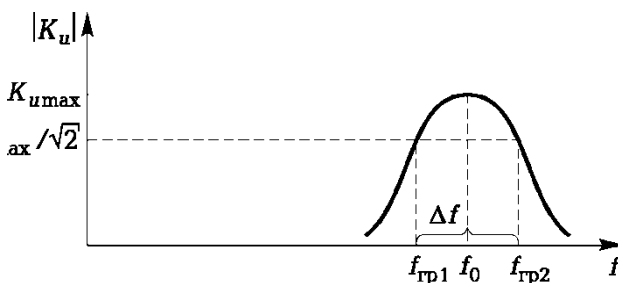
2.5 сурет. Кернеу күшейткішін қосу схемасы:

$U_{\text{кпр}}$ — кіріс кернеуі; $R_{\text{тр}}$ — транзистор кедергісі; $R_{\text{н}}$ — күшейткіш жүктемесі кедергісі; $R_{\text{кпр}}$ — келесі каскадтың кіріс кедергісі; $E_{\text{п}}$ — күшейткіштің қуат көзі

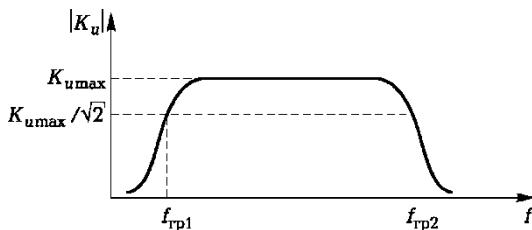
Радиожилік күшейткіштеріне жүктемесіне жеке резонансты тербеліс контуры (6.2 т. қара) немесе жилік бойынша (резонансты күшейткіш) қайта құру мүмкіндігі бар тербеліс контурлары жүйесі пайдаланылатын кернеу күшейткіштерін жатқызады. Бұндай күшейткіштер Δf жилігі жолағында резонанстық жилік маңайында $f_{\text{рез}}$ тербелістерді күшейтеді (2.6 сур.). Бұл күшейткіштер амплитудамодуляцияланған және жилік-модуляцияланған тербелістерді күшейту үшін пайдаланады.

Дыбыстық жиілік күшейткіштері төмен жиіліктегі $f_{гр1} \sim 20$ Гц бастап $f_{гр2} \sim 20$ кГц дейінгі жиілік диапазонындағы сигналдарды күшейтеді (2.3 сур).

Дифференциалды күшейткіштерге екі кернеудің айырмасын күшейтетін құрылғы жатады. Шындығында, бұндай күшейткіштің шығыс кернеуі оның екі кірісіне түсірілген кернеу айырмасына ғана пропорционал және абсолютті шамаға тәуелді емес. Дифференциалды күшейткіштің құрылымдық схемасы 2.8 сур. көрсетілген. Дифференциалды күшейткіштің кірістерінің бірі ($U_{\text{кпл}}$) сол жақ иық, басқасы ($U_{\text{кпр}}$) – оң иық деп аталады.



$|K_u|$ — кернеу бойынша күшейткіш коэффициентінің модулі; $K_{u \max}$ — кернеу бойынша күшейткіш коэффициентінің максималды мәні; f — жиіліктің ағымдағы мәні; $f_{\Gamma 1}$ және $f_{\Gamma 2}$ — шекаралық жиіліктер; f_0 — негізгі жиілік; Δf — жиілік жолағы



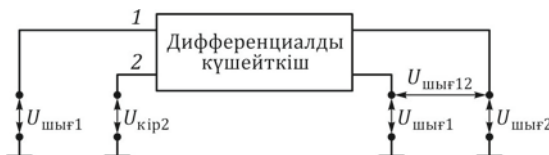
2.7. сурет Дыбыс жиілігі күшейткішінің амплитудалық-жиілік сипаты:

$|K_u|$ — кернеу бойынша күшейткіш коэффициенті модулі; $K_{u \max}$ — кернеу бойынша күшейткіш коэффициентінің максималды мәні; f — жиіліктің ағымдағы мәні; f_{gp1} и f_{gp2} — шекаралық жиіліктер

Дифференциалды күшейткіштің бір немесе екі кірісіне кернеуді берген кезде шығыс кернеуін екі шығыстан да, бір шығыстан да алуға болады. Кейде күшейетін кернеуді дифференциалды күшейткіштің бір кірісіне ғана береді, ал екінші кірісті ортақ сыммен (жермен) қосады. Бұндай қосылыста дифференциалды күшейткіш *фазоинвертор* болып табылады (8 т. кара). Оның жерге қатысты екі шығысында қарама-қарсы фазалары бар екі бірдей кернеу қалыптасады.

Егер шығыс кернеуін симметриялы емес шығыстардан алса, онда бірінші шығыстағы кернеуді алуда айырым сигналының күшейту коэффициенті мына қатынас арқылы анықталады:

$$K_{p1} = \Delta U_{\text{шығ1}} / (U_{\text{кір1}} - U_{\text{кір2}}),$$



2.8. сурет Дифференциалды күшейткіштің құрылымдық схемасы:

$U_{\text{кір1}}$, $U_{\text{кір2}}$ - күшейткіштің бірінші және екінші кірістеріндегі кернеу; $U_{\text{кір1}}$ және $U_{\text{кір2}}$ — бірінші және екінші шығыстағы кернеу; $U_{\text{шығ12}}$ — симметриялық кіріс қысқыштарындағы кернеу; $U_{\text{шығ12}}$ — симметриялық шығыс қысқыштарындағы кернеу ($U_{\text{шығ12}} = U_{\text{шығ1}} - U_{\text{шығ2}}$)

мұндағы $\Delta U_{\text{шығ1}} — U_{\text{кір1}} - U_{\text{кір2}}$ кіріс кернеуінің әртүрлілігі есебінен бірінші шығыстағы кернеудің ұлғаюы.

Екінші шығыстан кернеуді алған кезде айырым сигналының күшейту коэффициентін былайша анықтайды:

$$K_{p2} = \Delta U_{\text{шығ2}} / (U_{\text{кір1}} - U_{\text{кір2}}),$$

мұндағы $\Delta U_{\text{шығ2}} — U_{\text{кір1}} - U_{\text{кір2}}$ кіріс кернеуінің әртүрлілігі есебінен бірінші шығыстағы кернеудің ұлғаюы.

Симметриялы схема үшін мына шарттар орындалады:

$$\Delta U_{\text{шығ2}} = - \Delta U_{\text{шығ1}};$$

$$\Delta U_{\text{шығ1}} - \Delta U_{\text{шығ2}} = 2\Delta U_{\text{шығ2}},$$

одан

$$K_{p1} = -K_{p2} = K_p/2,$$

мұндағы $K_p — K_p$ айырым сигналын беру коэффициенті.

Дифференциалды күшейткіште K_p айырым сигналын беру коэффициенті шығыстағы кернеудің әртүрлілігі кірістегі кернеудің әртүрлілігінің қатысына тең

$$K_p = U_{\text{шығ12}} / (U_{\text{кір1}} - U_{\text{кір2}}),$$

мұндағы $U_{\text{шығ12}} —$ симметриялық шығыс қысқышындағы кернеу ($U_{\text{кір12}} = U_{\text{кір1}} - U_{\text{кір2}}$); $U_{\text{кір1}}, U_{\text{кір2}} —$ сәйкесінше күшейткіштің бірінші және екінші кірістеріндегі кернеу.

Нақты күшейткіш кемшіліксіз симметриялы болмайды, нәтижесінде кернеу шығыста әртүрлілікке ғана байланысты болмайды, сондай-ақ кіріс сигналдары мөлшеріне де байланысты болады.

Дифференциалды күшейткіштің қуат көзі нөлге тең (модуль бойынша) екі қуат көзінен жүзеге асады. Екіге бөлінген кіріс сигналдарының қосындысы *синфазды сигнал* деп аталады. Синфазды сигналдарға кедергілер жатады. Дифференциалды күшейткіш сапасы (оның кемшіліксіз нұсқаға жақындауы) айырымды K_p және синфазды K_c сигналдады беру коэффициенті қатысымен анықталатын $K_{oc.c}$ *синфаз сигналының әлсіреуі коэффициентімен* бағаланады:

$$K_{oc.c} = K_p / K_c.$$

Синфаз сигналы коэффициентінің әлсіреуі схеманың дифференциалды сигналды күшейту және синфаз кедергілерін әлсірету қабілетімен сипатталады.

Дифференциалды күшейткіштер үнемі қорытқы сипатын анықтайтын сыртқы теріс кері байланысты пайдаланады.

Дифференциалды күшейткішті дискретті элементтерде (резисторларда, транзисторларда) немесе интегралды орындауда жүзеге асыруға болады. Дискретті элементтерді пайдалануда өте жақын параметрлі оң және сол иық транзисторларын тандау қажет. Транзистор параметрлерінің өте үлкен айырмасында дифференциалды күшейткіш схемасы жұмыс істемейді, өйткені тоқты күшейтудің үлкен коэффициенті бар транзисторлардың біреуі өзінің эмиттерлі тоғымен эмиттерлі кедергі арқылы басқа транзисторды бекітіп тастайды. Кейде схеманы теңдестіру үшін транзисторларды іріктеу орнына теңдестіруші резисторларды қолданады. Транзисторлар мен резисторларды дәл тандаған күнде де дискретті элементтегі күшейткіштегі температуралық параметрлер интегралды орындаудағы дифференциалды күшейткішке қарағанда анағұрлым нашар болады. Бір микросхемада күшейткішті көбейту үшін каскадты қосылатын бірнеше транзисторларды қолданады. Дифференциалды күшейткіштің, әсіресе интегралды орындаудағы басты артықшылығы нөлдің аз ығыуы болып табылады. Алғашқы дифференциалды күшейткіштер биологиялық зерттеулер үшін дайындалған.

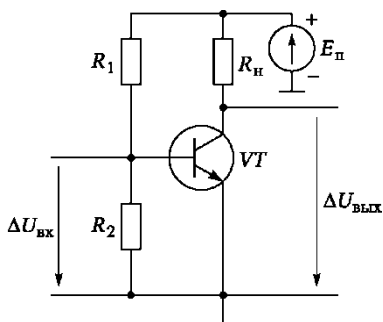
2.3. ТОҚ КҮШЕЙТКІШІ

Күшейетін сигналдардың төменгі шекаралық жиілігінің мәніне сәйкес күшейткіштерді айнымалы тоқ күшейткіштеріне және тұрақты тоқ күшейткіштеріне бөледі.

Айнымалы тоқ күшейткіштері жиіліктің белгіленген жолағында сигналдың үйлесімділігін ғана күшейтеді. Айнымалы тоқ күшейткіштері арасында төменгі жиілік күшейткіштерін, аралық жиілік күшейткіштерін, жоғары жиілік күшейткіштерін, өте жоғары жиілік күшейткіштері мен кең жолақты түрлерін ажыратады.

Тұрақты тоқ күшейткіштері деп нөлдік жиілікті қоса алғандағы ақырын өзгертін сигналдарды күшейтуге арналған құрылғыны атайды. Тұрақты тоқ күшейткішінің схемасы 2.9 сур. берілген.

Тұрақты тоқ күшейткіштері тек айнымалы кернеу мен тоқты ғана күшейтуге қабілетті емес, сонымен бірге тұрақты тоқты күшейтілген түрде бере алады. Демек, күшейткіштің төменгі шекаралық жиілігі нөлге тең, ал жоғарғысы төмен де, жоғары да болуы мүмкін, мысалы, бірнеше мегагерцге теңелуі мүмкін (($f_{гр1}$ бастап = 0 ден $f_{гр2}$ дейін = f_{max} диапазонында (2.3 сур. қара).

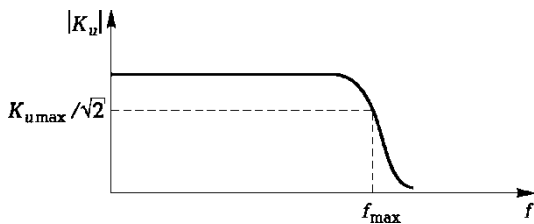


2.9 сурет. Тұрақты тоқ күшейткішінің схемасы:

E_{π} — күшейткіштің қуат көзі; R_{π} — күшейткіш жүктемесінің кедергісі; $\Delta U_{\text{кір}}$ — кіріс кернеуінің өзгеруі; $\Delta U_{\text{шығ}}$ — шығыс кернеуінің өзгеруі; R_1, R_2 — резисторлар; VT — транзистор

Тұрақты тоқ күшейткіштерінің амплитудалық-жиілік сипаты 2.10. суретінде көрсетілген.

Тұрақты тоқ күшейткіштерінің ерекшелігі - күшейткіш каскадтарды бір-бірінен, сондай-ақ тұрақты тоқтың сигнал көзі мен жүктемесінен бөлуге арналған бөлініс элементтерінің болмауы. Күшейтілетін сигналдың тұрақты түрде берілуін бөлініс конденсаторлары мен трансформаторлары байланыс арқылы бере алмағандықтан, каскадтар арасындағы тікелей байланысты қолданады. Каскадтар арасындағы тікелей байланысты айнымалы тоқ күшейткіштерінде, әсіресе оларды интегралды микросхемалар түрінде орындағанда қолданады.



2.10 сурет. Тұрақты тоқ күшейткішінің амплитудалы-жиілік сипаттамасы:

$|K_u|$ — кернеу бойынша күшейту коэффициентінің модулі; $K_{u \max}$ — кернеу бойынша күшейту коэффициентінің максималды мәні; f — жиіліктің ағымдағы мәні; $f_{\max}$ — жиіліктің максималды мәні

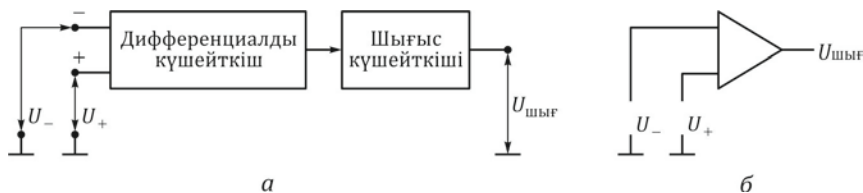
Тұрақты тоқ күшейткіштерінде жағымсыз құбылыс – нөлдің ығуы байқалады. *Нөлдің ығуы* деп кернеу немесе тоқтың өздігінен күшейткіштің үнемі кірісте тұруы кезінде шығысындағы өзгеріске түсуін атаймыз. Нөлдік ығудың себептеріне қуат көзінің тұрақсыздығы, транзистор параметрлерінің температуралық және уақытша тұрақсыздығы, төмен жиіліктегі шуылдар, кедергілер жатады. Аталған себептердің ішіндегі ең көп тұрақсыздық әкелетіні температураның өзгеруі. Температуралық өтем элементтеріне терморезисторлар, жартылай өткізгіш диодтар мен $p - n$ транзистор өткелдері жатады.

Қуат көзінің кернеуін тұрақтандыруға болады, температураны тұрақтандыру техникалық жағынан өте қиын. Күшейтілетін тұрақты кернеуді күшейткіш шығысында айнымалыға алдын-ала түрлендіруді қолдана отырып, нөлдің ығуын толығымен жоюға болады. Ол үшін айнымалы кернеу айнымалы тоқ күшейткішімен күшейтіледі және оның шығысында тұрақты тоққа айналады. Түрленуді кіріс және шығыс кернеулерін синхронды коммутациялайтын электрмеханикалық немесе электронды коммутатор көмегімен жүзеге асыруға болады. өте Жоғары жиіліктегі сигналда бұл түрлендіруді жүзеге асырудың қиындығы әдістің кемшілігі болып табылады. Айнымалы тоқ күшейткіштерінде нөлдің ығуы байқалады, бірақ олардың каскадтары бір-бірінен бөлініс элементтері арқылы бөлінгеннен кейін (мысалы, конденсатормен), бұл төменгі жиілікті ығу алдыңғы каскадтан келесіге берілмейді және күшеймейді. Сондықтан бұл күшейткіштерде нөлдік ығу өте төмен және оны есепке алмайды.

Тура күшейткіштегі тұрақты тоқтың біртақтылы күшейткіштері тікелей байланысты кәдімгі көпкаскадты күшейткіштер болып табылады. Оларды салыстырмалы түрде күшейткіштің кішкене коэффициентін алуда қолданады.

Операциялық күшейткіш деп дифференциалды кірісі және біртақтылы шығысы бар, күшейтудің жоғары коэффициенті тән, сондай-ақ үлкен кіріс пен шағын шығыс кернеуі бар тұрақты тоқ күшейткішін атау қалыптасқан. Операциялық күшейткіштердің күшейтудің үлкен коэффициенті, өткізудің кең жолағы, жоғары кіріс кердергісі, төмен шығыс кедергісі және аз нөлдік ығысуы бар.

¹ Коммутатор (*лат.commutare* — «ауыстыру», «алмастыру») — жағу, ажыратып қосу және электр тізбегі бөліктерін ажыратып қосу немесе басқа тізбекке қосуды қамтамасыз ететін электрмеханикалық, электронды немесе электронды-сәулелі құрылғы (құрал)



2.11 сурет. Операциялық күшейткіш:

a — операциялық күшейткіштің құрылымдық схемасы; $б$ — қарапайым шартты белгі; U_- — терістейтін кірудегі кернеу; U_+ — терістемейтін кірудегі кернеу; $U_{шығ}$ — шығыс кернеуі (Дифференциальный усилитель – дифференциалды күшейткіш, выходной усилитель- шығыс күшейткіші)

Операциялық күшейткіштің құрылымдық схемасы 2.11, а суретінде көрсетілген. Операциялық күшейткіштің екі кірісі бар; терістейтін («-» белгісімен таңбаланған) және терістемейтін («+» белгісімен таңбаланған)

Көпкаскадты операциялық күшейткіштер құрамына дифференциалды күшейткіштер енеді (оларды кіруде қосады). Операциялық күшейткіштің шартты таңбасы 2.11,б суретінде берілген. Олар өз атауымен аталады, себебі оларды бұрын ұқсас есептеу машиналарында қосу, көбейту, интегралдау¹, дифференциалдау² операциясын орындауда пайдаланған.

Қазіргі кезде негізгі ұқсас функциялар деп күшейту, салыстыру, шектеу, көбейтуді және сигналдардың жиілік фильтрациясын есептеу орын алған. Бұл қызметтердің әр қайсысы ұқсас интегралды схемалардың ерекше класымен орындалады. Бірақ барлық арнайы интегралды схемалар негізгі, ерекше универсалды және көпқызметті түйіндер – операциялық күшейткіштерден (ОК) пайда болады. Ұқсас құрылғылар сандармен салыстырғанда сигнал, атқаратын қызмет түрлері, сондай-ақ белгіленуі мен ішкі құрылымы бойынша әртүрлі болып сипатталады. Сондықтан ұқсас құрылымдар саласында элементтер базасын біріздендіру көпқызметті түйіндер негізінде ғана мүмкін болады.

Операциялық күшейткіштерді жартылайөткізгіш интегралды микросхемалар түрінде шығарады, оларды математикалық операцияларды орындау үшін ғана емес, сондай-ақ берілген қасиеттері бар күшейткіштерді, генераторларды, кернеу мен ток тұрақтандырғыштарын және т.б. құрастыру үшін де қолданады.

¹Интеграциялау (лат. integrare — «қалпына келтіру», «толтыру») — бөлшектерді біртұтас қылып біріктіру

²Дифференциалдау (лат. «бөлу», «құрамдас элементтерге бөіп тастау»).

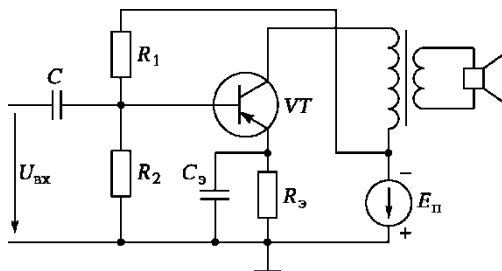
Қуат күшейткіші деп – күшейтілетін сигналдың шығу қуаты тұрақты тоқ көзінен шығатын қуатпен салыстыруға болатын күшейткішті атаймыз. Қуат күшейткішінің негізгі мақсаты жүктемеде мейлінше көп мөлшерде қуат бөлу болып табылады. Бұрмаланбаған үлкен қуатты күшейтілген сигнал күшейткіш шығысына сырттан қосылатын жүктеме кедергісінен туындайды. Ол үшін төмендететін трансформаторларды немесе трансформаторлары жоқ, арнайы кестелер пайдаланылады.

Радиожиілік тербелістерді күшейтуде транзистор немесе электр шамы жүктемесінің кедергісі ретінде күшейтілетін тербелістердің жиілігін резонансқа бағыттайтын параллель тербеліс контурын қолдануға болады. Мұндай күшейткіш *резонансты* деп аталады. Резонансты күшейткіштерде тұрақты тоқ жүктеменің кедергісіне төмендеп кетпейді, сондықтан өте жоғары жүктеме кедергісін таңдауға болады. Олар жоғары жиіліктегі тербелістердің қуатын күшейту үшін жұмыс істейді. Оларды таратушы антенна қуатына қажет жоғары жиілікті тербелісті құру үшін радиотаратушы құрылғыларды пайдаланады. Резонансты күшейткіштерді жиі сыртқы қоздырғыштары бар қуат күшейткіштері деп атайды

Әдетте қуат күшейткіштері көпкаскадты күшейткіштердің шығыс каскады болып табылады (радиоқабылдағыш, теледидар). Мұндай күшейткіштердің шығыс қуаты $P_{\text{шығ}}$ ватт үлесінен бірнеше киловат аралығына болады және тұрақты тоқ көзінен бейсызықтық (транзистор, электр шамы) белсенді элементке әкелінетін $P_{\text{пит}}$ тоқ көзі қуатымен салыстырылады. Жүктемеге берілетін пайдалы сигналдың қуаты көбірек болғанда, энергияны үнемдеу мәселесі пайда болады. Ол үшін, ең алдымен, каскадтың өзінен шығатын қуатты азайтады

Қуаттың ең қарапайым күшейткіші біртақтылы күшейткіш болып табылады, оның схемасы 2.12 суретте көрсетілген. Біртақтылы күшейткіштер бір ғана қара-ұйшылықты немесе үйлесімді сигналдың бір бөлігін ғана күшейтеді.

Екітақтылы күшейткіштерде сигналдың оң құрамдас бөлігі бір белсенді элементпен күшейеді, ал терісі – басқамен.



2.12. сурет. Қуаттың біртақтылы күшейткішінің схемасы:

$E_{\text{п}}$ — тоқ көзі; R_1 R_2 — резисторлар; VT — транзистор; $U_{\text{кİR}}$ — кіру кернеуі; R_3 — эмиттер кедергісі; C_3 — эмиттер сыйымдылығы; C — конденсатор

Жүктемеде $R_{\text{н}}$ бұл күшейтілген компоненттер сигналдың бастапқы формасы қалпына келетіндей жинақталады. Қуат күшейткішінің, шығыс кернеуі амплитудасының, тоқтың, сондай-ақ күшейтілген сигналдың шығыс қуатының жоғары энергетикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ету үшін қолданыстағы транзистордың сәйкес параметрлеріне жақын болу керек. Бұндай режімде көбінесе радиохабарын таратушы қабылдағыштардағы дыбыс жиілігі күшейткішінің шығыс каскады жұмыс істейді. Динамикалық вольт-амперлік сипаттағы сызықтық аумақ ортасындағы жұмыс нүктесі таңдалатын каскадтың жұмыс істеу режімін А сызықтық режімі анықтайды. Бұндай режім минималды бейсызықтық бұрмалануларға жол береді, бірақ үнемсіз болып табылады. Бұл каскадтағы қуат сигнал жоқ кезде де бөлінеді, сондықтан пайдалы іс-әрекеттің максималды мүмкін коэффициенті 50%-ға ғана жақындауы мүмкін. Жұмыс нүктесін күшейткіштің динамикалық вольт-амперлік сипатының басында таңдайтын жұмыс режімі (тыныштық жағдайында транзистор жабық және тоқ көзінен қуат алмайды) В режімі деп аталады. Бұл режімдегі каскад жұмысы үнемдірек болады. В режімінде жұмыс істейтін каскадта бөлінетін қуат сигнал жоқ кезде аздау болады. Бірақ бұл жағдайда каскад бір қарама-қайшылықтағы немесе үйлесімді сигналдың бір бөлігін ғана күшейтуге қабілетті. Қуат күшейтудің негізгі көрсеткішіне жүктемеге берілетін пайдалы қуат $P_{\text{н}}$, η пайдалы әрекет коэффициенті, бейсызықтық бұрмалану коэффициенті $K_{\text{Г}}$ мен амплитудалық-жиілік сипаттағы өткізу жолағы (АЖС) жатады.

2.5. КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫ КҮШЕЙТКІШТЕР

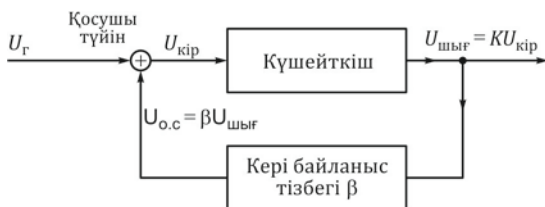
Күшейткіштің шығыс тізбегінен кіріс тізбегіне (шығыс сигналының кіріске әсері) энергияның бір бөлігін беру *кері байланыс деп аталады*. Егер күшейткіш кірісіне сыртқы берілетін сигналдан басқа, қарастырылып отырған күшейткіштің шығыс сигналы немесе оның бөлігі берілсе, күшейткіште кері байланыс жүзеге асады және бұл күшейткіштер *кері байланысты күшейткіштер* деп аталады.

Шығыс сигналы құрылғының кірісіне толықтай немесе жартылай түсуі мүмкін. Кері байланыс сигналы сол құрылғының шығысынан да, не болмаса басқа аралық каскадтан да алына береді және берілген кезде құрылғының кірісінде де, аралық каскадтағы кіріс тізбегінде де бола береді.

Бір каскадты қамтитын кері байланысты *жергілікті* деп, ал барлық көпкаскадты күшейткішті қамтитынды – *жалпы* деп атау қалыптасқан. Кері байланысты күшейткіштің құрылымдық схемасы 2.13 суретінде берілген.

Күшейткіш шығысынан сигнал өтетін пассивті электр тізбегі оның кірісіне беріледі, ол кері байланыс тізбегі деп аталады. Күшейткіш кері байланыс тізбегімен бірге тұйық шеңбер жасайды, ол кері байланыс тұзағы деп аталады. Жалпы жағдайда кері байланыс тұзағы бір немесе бірнеше каскадты қамтуы мүмкін.

Кері байланыс шығыс тізбектерінің кіріс тізбектеріне (бұндай кері байланысты паразитті деп атайды) әсерінен туындауы (көбінесе қажетсіз), ал кейде күшейткішке оның сипаты мен параметрлерін өзгерту үшін әдейілеп енуі мүмкін. Кері байланыстың екі түрі бар: сыртқы және ішкі.



2.13. сурет. Кері байланысты күшейткіштің құрылымдық схемасы:

U_{Γ} — генератордағы кернеу; $U_{\text{кпр}}$ — кіріс сигналы; $U_{\text{шығ}}$ — шығыс сигналы; K — күшейту коэффициенті; $U_{\text{о.с}}$ — кері байланыс кернеуі; β — кері байланыс коэффициенті

Ішкі кері байланыста шығыс кернеуінің немесе тоғының бөлігі күшейткіш кірісіне белсенді элементтердің ішкі тізбегі есебінен енеді. Ішкі кері байланыстарды схемаға қосымша тізбектерді енгізе отырып, арнайы түрде құрайды. Егер бұндай ішкі кері байланыс қарастырылмаса, ал сигнал күшейткіш шығысынан оның кірісіне түссе, онда ола күшейткіш каскадты монтаждау кезінде кеткен қателіктен болуы мүмкін. Осындай ішкі кері байланыстар паразитті деп аталады.

Кері байланысты күшейткіштердің жұмыс сапасы K күшейту коэффициентімен және p кері байланыс коэффициентімен бағаланады. *Кері байланыс коэффициенті* p құрылғының шығысынан кірісіне келетін кері байланыс сигналын көрсетеді. Кері байланыс F *тереңдігімен сипатталады*.

Кері байланыстар жеке каскадтардың да, сондай-ақ тұтам күшейткіштердің де сипатын жақсартады.

Кері байланыстың болуы құрылғы шығысында сигналдың және сәйкесінше күшейту коэффициентінің ұлғаюына немесе азаюына әкелуі мүмкін

Кіріс сигналы мен кері байланыс сигналында бірінші жағдайда фазалар және амплитудалар сәйкес келеді – бұндай кері байланыс *оң байланыс* деп аталады.

Күшейткіштердің көп бөлігінде оң кері байланыс қажет емес болып табылады және өте аз қолданылады. Екінші жағдайда фазалар қарама-қайшы және сигнал амплитудасы оқылады – бұндай кері байланыс *теріс байланыс* деп аталады. Теріс кері байланыс күшейту коэффициентін азайтады, бірақ бұл жағдайда жиілік және бейсызықтық бұрмаланулар азаяды және күшейткіштің сипаттамасы тұрақтанады.

Күшейткіштің кіріс тізбегіне теріс кері байланыс сигналдарын беру мен күшейткіштің шығысынан алу тәсілі бойынша ажыратылатын теріс кері байланыстың әр түрін қолданады

Егер күшейткіштің кіріс тізбегінде кері байланыс тізбегінің тоғы кіріс тоқы сигналынан шегерілетін болса, онда бұндай теріс кері байланыс *параллельді* деп аталады.

Егер кіріс тізбегінен кіріс сигналы мен кері байланыс кернеуі шегерілсе, онда бұндай теріс кері байланыс *тізбекті* деп аталады.

Күшейткіш шығысына кері байланыс тізбегін қосу тәсілі ток немесе кернеу бойынша байланыс алуға мүмкіндік береді. Кері байланыс кернеуі кіріс кернеуіне, немесе жүктемедегі токқа, немесе жүктемедегі шығыс кернеуі мен тоғын қоса алғанға тәуелді болады.

Кернеу бойынша тібектелген кері байланыста күшейткіш шығысынан кіріс тізбегінде кіріс кернеуімен $U_{\text{кпр}}$ алгебралық жақтан қосылатын шығыс кернеуінің бір бөлігі $U_{o.c}$ алынады

Кері байланыс кернеуі былайша анықталады

$$U_{o.c} = \beta U_{\text{шығ}},$$

мұндағы $U_{\text{шығ}}$ — шығыс кернеуі.

Кері байланысты қамтыған күшейткіштің кернеуі бойынша $K_{uo.c}$ күшейту коэффициенті былайша анықталады:

$$K_{uo.c} = \frac{U_{\text{шығ}}}{U_{\text{кпр}} \pm U_{o.c}} = \frac{U_{\text{шығ}}}{U_{\text{кпр}}(1 \pm \beta K_u)},$$

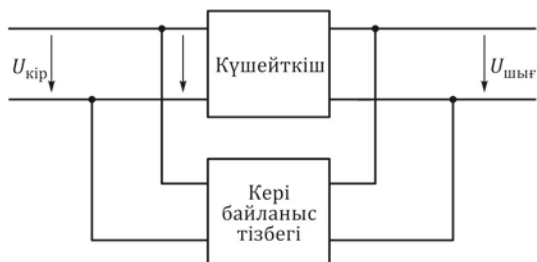
мұндағы β — кері байланыс коэффициенті; K_u — кері байланыссыз күшейткіш кернеуі бойынша күшейткіш коэффициенті, $K_u = U_{\text{шығ}}/U_{\text{кпр}}$. Кернеу бойынша кері байланыс тереңдігі F_u мына қатынаспен анықталады:

$$F_u = 1 + \beta K_u,$$

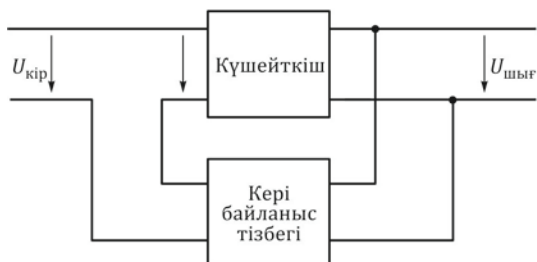
Кернеу бойынша кезекті кері теріс байланысты енгізу кернеу бойынша күшейту тұрақтылығын қамтамасыз етеді, сызықтық және бейсызықтық бұрмаланулардың төмендетеді, күшейткіштің кіріс кедергісін жоғарылатады және шығыс кедергісін азайтады.

Ток бойынша кері байланыс кернеуі (2.14,в,г) жүктеме тоғына пропорционал.

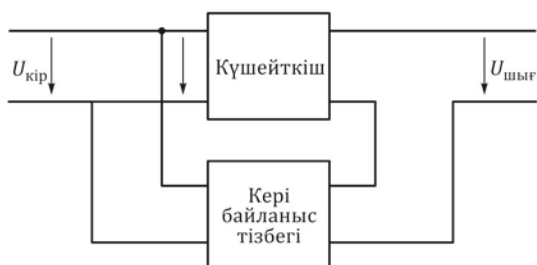
Ток бойынша тізбекті кері байланыс кернеу бойынша кері байланыстан күшейткіш шығысынан кері байланыс сигналын алу тәсілімен ерекшеленеді. Тізбекті кері байланыста күшейткіштің кіріс тізбегіне кернеудің төмендеуі кіріс тоғымен сәйкес келетін $R_{o.c}$ арнайы резисторды қосады. Сыртқы әсерлер мен транзистордың параметрлерін шашу күшейткіштің күшею коэффициентіне $K_{uo.c}$ көп әсерін тигізе қоймады. Бірақ бұндай күшейткіш жүктеме кедергілерінің өзгерісіне тым сезімтал. Ток бойынша тізбекті теріс кері байланыс күшейту коэффициентін тұрақты жүктемеде тұрақтандырады, бұрмалануды төмендетеді, күшейткіштің кіріс және шығыс кедергісін жоғарылатады.



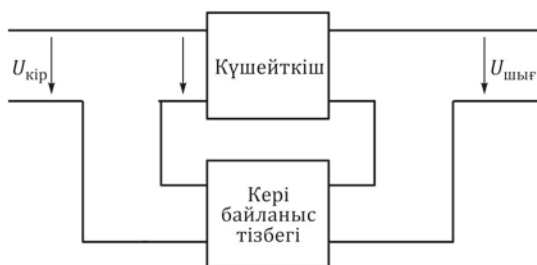
a



b



v



z

2.14. кесте: Кері байланысты күшейткіштер схемасы

a — кернеу бойынша параллель; *b* — кернеу бойынша жүйелі; *v* — тоқ бойынша параллель; *z* — тоқ бойынша жүйелі; $U_{\text{кір}}$ — кіріс сигналы; $U_{\text{шығ}}$ — шығыс сигнал (Усилитель-күшейткіш, Цепь обратной связи – кері байланыс тізбегі)

Тоқ бойынша параллель кері байланыс жүйелі кері байланыстан қосымша резистор R арқылы өтетін кернеудің $и_{0,c}$ кері байланыс тоғын құруымен ерекшеленеді (2.14, г сурет). Күшейткіштің кіріс тізбегінде кері байланыс тоғы I_0 мен кіріс сигналы тоғының алгебралық қосындысы жүреді. Аралас кері байланыс кернеуі жүктемедегі тоққа да, шығыс кернеуіне де пропорционал.

Егер жалпы теріс кері байланысымен каскадтардың көп бөлігі қамтылса, бұл байланыстың кемшілігі болып күшейткіш жұмысының тұрақсыздығын атауға болады, соның салдарынан құрылғыда өздігінен қозу туындауы мүмкін. Егер солай бола қалса, онда күшейткіш өзінің негізгі қызметін орындауды қояды (генераторға айналады). Күшейткіштің тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін жалпы теріс кері байланыспен аз мқлшердегі каскадтарды ғана қамтыған, сондай-ақ арнайы түзету тізбектерін қолданған жөн.

Кері байланыс тізбектері операциялық күшейткіштерде қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай құрылғылар күшейткіш деп аталады?
2. Күшейткіш қандай элементтерден тұрады?
3. Күшейткіш сапасының негізгі сипаты қандай?
4. Қандай күшейткіштер болады?
5. Қандай тізбекті кері байланыс деп атайды?
6. Кері байланыстың қандай түрін білесіздер?

ЭЛЕКТРЛІК ТЕРБЕЛІСТІҢ ӨНДЕЛУІ

3.1. ЭЛЕКТРЛІК ТЕРБЕЛІС ГЕНЕРАТОРЛАРЫ

Электрлік тербелісті өндіру ұғымын қуат көзі энергиясын электрлік тербеліс энергиясына айналдыру деп түсінуге болады. Электрлік тербелісті жасайтын құрылғылар *генераторлар*¹ деп аталады. Электрлік тербелісті тұрақты тоқ көзі энергиясын белсенді электронды элементтердің көмегімен қайта өндіру нәтижесінде немесе бір электрлік тербеліс энергиясын өзге қажетті жиіліктегі тербеліс энергиясына қайта өндіру нәтижесінде алуға болады. Бір электрлік тербеліс энергиясын өзге тербеліс энергиясына айналдыру үшін параметрлік² және кванттық³ генераторлар қолданылады.

Генераторларды радиоберіліс құрылғылары бар барлық радиотехникалық құрылғыларды жасау үшін қолданады. Бұдан басқа, генераторлар көптеген радиохабар қабылдағыштары құрамына енеді, олар барлық теледидарларда қолданылады.

Кейбіреулері генераторлардың жұмысын автогенераторларға (автотербеліс жүйесі) және сыртқы қозғаушы күші бар генераторларға бөледі.

Автотербеліс жүйесі деп сырттан қозғаушы күш болмаған жағдайда тоқтамайтын тербелістер іске қосылады, алайда тербелістің амплитудасы мен жиілігі жүйенің өзіне тән қасиеттерімен анықталады.

¹ Алғашқы лампалы генератор сызбасы 1913 жылы әзірленді. Ол жоғары жиіліктегі тербелісті алуға мүмкіндік беретін біршама қолайлы тәсілдермен қамтамасыз ететін өзге сызбаларды әзірлеуге бастама болды.

² Параметрлік — «параметр» деген сөзден шыққан сын есім; параметрлік тербеліс — жүйенің қандай да бір параметрінің жүйелі түрде өзгеруінің нәтижесінде пайда болған электрлік жүйедегі тербеліс үдерісі. Параметр — көрсеткіш секілді (гр. *parametron* — «өлшейтін») құрылғының, үдерістің, заттың қандай да бір қасиетін сипаттайтын физикалық шама.

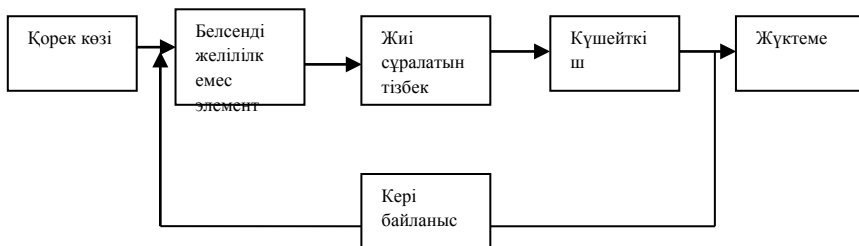
³ Кванттық генераторлар — электромагниттік толқындар генераторлары, олардың әрекеттері тиесілі сәулеленуді (мысалы, лазерлер) қолдануға негізделген.

Автотербеліске мысал ретінде сағат тілінің тербелісін, музыкалық құралдар шегін, тоқ тербелісін және электронды генераторлардағы кернеуді алуға болады. Тербеліс тоқтамас үшін автотербеліс жүйесіне одан шыққан энергияның орнын толтыратындай энергия беріліп отыруы тиіс. Тербелістің стационарлық амплитудасын қолдау үшін энергияның берілісі энергияның шығындалуына сәйкес өзгеріп отырады, сондықтан автотербеліс жүйесінде кері байланыстың және сызықсыз элементтердің болуы қажет.

Автогенератор тұрақты тоқ энергиясын қажетті түр мен жиіліктегі электрлік тербеліс энергиясына айналдыратын құрылғы болып табылады. Автогенераторларда тербелісті тудыру үшін оң кері байланысты немесе белсенді құралды қолданады.

Кез келген тербелістің автогенераторы арналуы мен техникалық қолданылуына қарамастан қоректендіру көзінен, белсенді сызбасыз элементтен, шынжырдан, күшейткіштен және оң кері байланыс шынжырынан тұрады. Автогенератордың құрылымдық сызбасы 3.1 суретте көрсетілген.

Автогенераторларда қоректендіру көзі ретінде тұрақты кернеу көзін қолданады. Белсенді элемент шынжырға қоректендіру көзінен энергияның жеткізілуін реттеп отырады және тербелістің амплитудасын анықтайды. Белсенді сызықсыз элементтер ретінде, әдеттегідей, транзисторлар немесе электровакуумды лампалар қолданылады. Жиілік беріп отыратын шынжыр негізінен автогенератордың тербеліс жиілігін анықтайды. Жиілік беріп отыратын шынжыр ретінде әдетте LC-тербеліс контуры қолданылады. Күшейткіш тербеліс контурынан шығатын дабылдың амплитудасын арттырады. Егер жиілік беріп отыратын шынжырда шығын болмаса, онда мұндай жүйеде тербеліс шексіз болар еді және сөнбес еді. Алайда барлық шынайы жүйелерде мұндай шығындар бар. Сондықтан кері байланыс шынжыры тербелісті қуаттау үшін тербеліс контурына қажетті энергияны береді.



3.1. сурет. Автогенератордың құрылымдық сызбасы

Автотербелістің пайда болу механизмі қысқартылған түрде төмендегілерден тұрады. Тербеліс жүйесінде автогенераторды жіберген сәтте баяу бос тербеліс өздігінен пайда болады, бұл тербеліс қоректендіру көзін қосқан кезде, шынжырлардың тұйықталуында, күшейткіш құралдағы тоқ пен кернеудің секіруі кезінде пайда болады. Оң кері байланыстың арнайы енгізілген шынжырының арқасында күшейткіштің шығуында пайда болатын тербеліс энергиясының бір бөлігі оның кіруіне келіп жетеді. Тар жолақты тербеліс жүйесінің бар болуының арқасында барлық үдерістер бір жиілікте (резонанстық) өтеді және өзге жиіліктерде сөнеді. Сәйкес тербелістер автогенераторында тар жолақты тербеліс жүйесі ретінде резонанстық LC-контурлары мен RC-шынжырларын біршама жиі қолданады.

Жоғары жиіліктегі сәйкес тербелістерді (жүзден жоғары килогерц) алуға арналған автогенераторлар әдетте тербеліс контуры резонансы құбылысында (LC-генераторлары) немесе пьезоэлектрлік резонаторларында қолданылатын элементтерді қолдана отырып құрылады. Төмен жиіліктегі сәйкес тербелістер (ондаған килогерц және одан төмен) автогенераторлары резисторлы-сыйымдылық сызбасы (LC-генераторлары) негізінде құрылады.

Егер автогенераторға сыртқы мерзімді белгі әсер ететін болса, онда синхрондау құбылысы пайда болады, осының арқасында автогенератор тербелісінің жиілігі сыртқы белгі жиілігіне тең болып келеді. Мұндай автогенератор *синхрондалған генератор* деп аталады.

Синхрондалу телевизиялық қабылдағыштарда маңызды рөл атқарады.

Автогенераторларға қойылатын негізгі талаптардың бірі шығарылатын тербелістер жиілігінің жоғары тұрақтылығы болып табылады. Автогенераторлар жұмысының сапасын абсолютті және жиіліктің тұрақсыздығымен бағалау қабылданған. Жиіліктердің өзгеруінің себептері автогенераторлардағы ішкі шуылдар, мысалы транзисторлы автогенераторларда транзисторлар мен резисторлардың шуылдары болуы мүмкін. Шуылдың арқасында пайда болған жиіліктің қысқа мерзімді тұрақсыздығын азайту үшін шуылы аз транзисторларды тандап алады. Жиіліктің ұзақ мерзімді тұрақсыздығын қуаттандыратын кернеу мен температурадағы өзгерістер тудыруы мүмкін. Күшейткіш элементтер параметрлеріне температураның әсерін болдырмау үшін автогенераторларды кей жағдайларда термостаттарға¹ орналастырады.

¹ Термостат (термо... + гр. statos — «қозғалыссыз») — тұрақты температура ұсталып тұратын құрылғы.

Автогенераторлардың шығарылатын тербелістер жиілігін жоғары көлемді тербелістер жүйесін қолдана отырып тұрақтандыруға болады, мысалға, диэлектрлік, кварцтық шамадан тыс артық өткізетін резонаторлар¹. Автогенераторлардан шығарылатын тербелістердің түрі мен жиілігі тек автогенератордың өзінің параметрлерімен анықталады, сонымен қатар сыртқы қозғаушы күші бар генераторларда тербеліс амплитудасы мен жиілігі өзге деп аталады.

Сыртқы күйі бар генератор генерация режиміне ауысады, электрлік тербелісті қалыптастыру немесе күшейту тек оған жіберілу белгілері түскен кезде ғана жүзеге асады. Таратқыштарда қолданылатын сыртқы күйі бар генераторлар қуат күшейткіштері деп аталады. Алайда қуат күштілігіне байланысты сыртқы күйі бар генераторлар тербелісті сүзу үшін немесе тербелістің қажетті спектралды құрастыратындарын ерекшелеу үшін не бір тербеліс контурынан, не байланысқан тербеліс контурларынан құралған. Ерекшелік, сонымен қатар, белсенді сызықсыз элементтердің жұмыс режиміне де байланысты.

Берілетін белгілерінің түрі мен жиілігіне байланысты сәйкес (синусоидалды) тербелістер генераторлары және сәйкес емес тербелістер генераторлары деп бөлінеді.

3.2. СӘЙКЕС ТЕРБЕЛІСТЕР ГЕНЕРАТОРЛАРЫ

Сәйкес тербелістер (синусоидалды), біріншіден, ақпаратты беруде тасымалдағыш тербеліс ретінде қажет. Бұдан басқа, сәйкес белгілерді радиоөлшеулерде шынжырларды зерттеу кезінде сыналатын әсер ретінде қолданады. Жоғары жиіліктегі сәйкес тербелістер көзі тербеліс контуры болып табылады, оның резонанстық жиілігі $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ қатысы арқылы анықталады. Тербеліс контуры бар тербеліс генераторларының жиілігі тербеліс контурының резонанстық жиілігіне жақын. Резонанстық контурды қолданатын автогенераторлар жоғары жиілікте жақсы жұмыс жасайды. Төмен жиілік үшін тербеліс контурын жасау қиын. Сондықтан біршама төмен жиіліктерді өндіруді соғу генераторлары немесе кері байланыс шынжырында LC-фильтрлі генераторлар көмегімен жүзеге асырады.

¹ Резонатор (лат. resonare — «жаңғырық беру») — резонанс іске асырылатын жүйе (немесе дене), (мысалы, акустикалық — шек, мембрана; электрлік — тербеліс контуры және т.б.).

LC-генераторлары. LC-генераторларында жиілік таңдау элементтері ретінде индуктивтік орамалар және конденсаторлар қолданылады. Әдетте орамалар мен конденсаторлар негізінде параллельді немесе тізбектес тербеліс контурларын қалыптастырады, олар тапсырылған f_0 жұмыс жиілігіне бағытталады. LC-генераторының негізін резонанстық күшейткіш атқара алады, онда трансформатордың көмегімен оң кері байланыс орнайды. Мұндай құрылғыда өндіру шарты f_0 тербеліс контурының резонанстық жиілігі үшін қамтамасыз етіледі.

Күшейткіш каскады шынжырында қоректендіру көзін қосқан кезде ток пен кернеу артады. Нәтижесінде LC-контурында f_0 жиілігіндегі синусоидальды тербеліс пайда болады, олар құрылғыда оң кері байланыстың көмегімен қолдауға ие болады. Тербелістің жиілігі f_0 резонанстық жиілігінен ауытқыған жағдайда тербелістің өндірілу шарты бұзылады.

LC-генераторларын трансформаторлы байланысты қолданбай орындауға болады. Бұл жағдайда кері байланыс шынжыры тербеліс контурына тікелей жалғанады, ол индуктивтіліктің бірнеше секциясынан құралған. Бұндай генераторларда LC-контуры күшейткіш каскадымен үш жерден (үш нүктеде) жалғанады, сондықтан олар үш нүктелі деп аталады.

Үш нүктелі байланыс көлемімен генераторды жүзеге асыруда тербеліс контурына индуктивтік орамасына параллельді түрде екі конденсаторды кезекпен қосады. Бұл жағдайда кері байланыс шынжыры аталған конденсаторлардың ортақ нүктесіне қосылады.

Қарастырылғандардан басқа біршама өзге де LC-генераторлар бар. LC-генераторлары тек резонанстық емес, сонымен қатар операциялық күшейткіштер негізінде де орындалады.

Өндіру жиілігінің жоғары тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қарапайым LC-генераторының кері байланыс шынжырына шынытас резонаторын қосады. Тербелістің өндірілуі LC-контурын шынытас резонаторының резонанстық жиілігі күйіне келтіру кезінде жүзеге асырылады.

Соғу генераторлары. Соғу генераторлары екі аз қуатты LC-автогенераторларынан тұрады. Генератор тербелісінің берілген жиілігін аз қуатты LC-автогенераторы арқылы берілетін екі жоғары жиіліктегі тербелістің айырымы ретінде алады. Сонымен қатар автогенераторлардың бірі f_1 қойылған жиілікте жұмыс жасайды, ал екінші f_2 автогенераторының жиілігі аз шамаға өзгереді.

Төмен жиіліктердің сүзгіші көмегімен қайта жасау шығарылымында төмен жиіліктің пайдалы белгісін ерекшелейді, ол жиіліктердің $F = f_j - f_2$ айырымына тең. f_j и f_2 жиіліктері F пайдалы белгісі жиілігіне қарағанда біршама артық болса да, f_2 реттеуші жиілігі шамалы өзгергеннің өзінде F генераторының пайдалы жиілігі кең шамада өзгереді. Осының арқасында төмен жиіліктегі генераторларда соғу арқылы қайта құрудың жоғары диапазонына оңай қол жеткізуге болады. Осындай жағдайда алынатын төмен жиіліктегі кернеудің шығарылым түрі сәйкес тербелістер түріне жақын.

Осындай генераторлардың кемшілігі F пайдалы жиілігінің шамалы тұрақтылығы болып табылады.

Мындай жағдайларда, яғни шамалы герц жиілігінде ондаған килогерц сәйкес тербелісін алу қажет болған жағдайда LC-генераторларын қолдану жөнсіз болып табылады. Бұл LC-генераторларында жиілігі бойынша қайта құрудың қиынға түсуіне және тербеліс контурының элементтері массасы мен көлемінің біршама артуына байланысты болып келеді. Осы себептерге байланысты төмен жиіліктегі автогенераторларды әдетте RC-элементтері негізінде құрады.

RC-генераторлары. RC-генераторларында жиілік таңдау шынжырлары ретінде конденсаторлар мен резисторлардан тұратын кері байланыс шынжырларын қолданады. Бұндай генераторларда күшейткіш каскадтары және белгілер қолданылады. Мүмкін деген RC-генераторларының маңызды саны RC-шынжырларының үлкен сызбалы техникалық мүмкіншіліктерімен анықталады.

RC-генераторлары Вин көпірімен бірге сызба элементтерін сәйкесінше таңдаған жағдайда жиіліктің жоғары диапазонында: бірліктер герцінен жүздеген килогерцке дейін тербелісті өндеуге мүмкіншілігі бар. Вин көпірі кері байланыс шынжыры болып табылады және жиілікті таңдайтын RC-шынжырын сипаттайды, екі сыйымдылықтан (Ω и C_2) және қосарланып біріккен R_1C_1 , R_2C_2 екі кедергіден (R_j и R_2) тұрады. Осы генераторларда жиіліктерді қайта құруды бір уақытта өзгерген жағдайда не C_1 и C_2 конденсаторлары сыйымдылығы, не R_j и R_2 резисторларының кедергісі жүзеге асырады.

Автогенератордың өздігінен іске қосылуы күшейткіштің $|k| = R_2 / R_j \gg 3$ коэффициенті күшеюі кезінде жүзеге асырылады.

Сәйкес тербелістер генераторлары біршама таралған өлшеу генераторлары қатарына жатады. Сәйкес тербелістің өлшеу генераторлары сапаны бағалау үшін радиобайланыс жүйесінің кейбір құрылғыларын қолданады.

Оларды қолданады:

- радиожүйесі қабылдағыштарын тексерген кезде;
- сызықтық шынжырларды (күшейткіштерді, фильтрларды) зерттеу, бақылау, реттеу үдерісінде амплитудалы-жиілік және фазалы-жиілік сипаттамаларын беруде;

- Олардың параметрлерін өлшеу кезінде беріліс сызығын қоректендіру үшін. Әдетте төмен жиіліктегі өлшеу генераторлары қолданылады:

- Радиожиіліктегі генераторлар мен қарқынды генераторларды модуляциялау үшін кернеудің сыртқы көздері ретінде;

- радиоқабылдағыш және радиоберіліс құрылғыларының төмен жиіліктегі тракттары, түйіндері мен элементтерінің техникалық сипаттамаларын анықтау үшін.

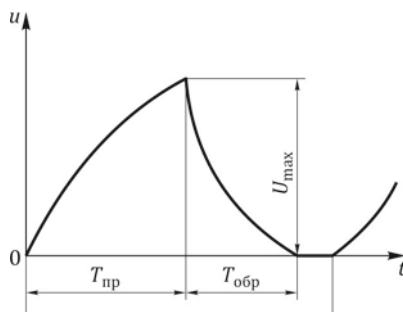
Радиоқабылдағыш құрылғыларының түрлі сипаттамалары мен сезгіштігін өлшеу кезінде антеннадан қабылдағышқа берілетін жоғары жиіліктегі кернеуді жоғары жиіліктегі белгілер генераторынан алынатын кернеумен ауыстырады. Ультразоғары жиілік генераторлары УКВ-қабылдағыштарын, радионавигация жүйесін, телевиденияны және т.б. реттеуге арналған.

3.3. СӘЙКЕС ЕМЕС ТЕРБЕЛІСТЕР ГЕНЕРАТОРЛАРЫ

Импульстерді кодтау түрінде ақпаратты беру үшін, түрлі құрылғыларды бір уақытта жіберу үшін, белгілі бір уақыт аралығында түрлі шынжырларды кезекпен қосу үшін синусоидальді емес түрдегі электрлік тербелістер генераторлары қолданылады. Мұндай тербелістер *релаксациялық* деп аталады.

Релаксациялық тербелістер мерзімді өшпейтін тербелістер болып табылады, олардың синусоидальді түрдегі тербелістерден ерекшелігі қарқынды өзгеру түрінің барлығымен сипатталады. Релаксациялық тербелістер генераторы болып релаксациялық генератор-релаксатор табылады.

Сәйкес емес тербелістердің генераторлары T орамымен күрделі түрдегі мерзімді емес тербелістерді өндіреді. Бұл тербелістер $\omega_0 = 2\pi/T$ негізгі жиілігінің үйлесімділігіне ғана емес, сонымен қатар $p\omega$ ($p = 2, 3, \dots$). жоғары үйлесімділікке де ие. Бұл сызықтық емес элементтерге ие барлық құрылғыларға сәйкес, ал әр генератор міндетті түрде сызықтық емес белсенді элементтерге ие.



3.2. сурет. Ара тәріздес күш-қуат:

T — кезектесу мерзімі; $T_{пр}$ — тура жүріс ұзақтығы; $T_{обр}$ — кері жүріс ұзақтығы; U_{max} — күш-қуаттың максималды амплитудасы; u — кернеу; t — уақыттың ағымдағы мағынасы

Генераторлар өндіретін серпіндерінің түрлеріне байланысты тікбұрышты, ара тәрізді, экспоненциалды және қарқындардың басқа түрлері генераторларына бөлінеді.

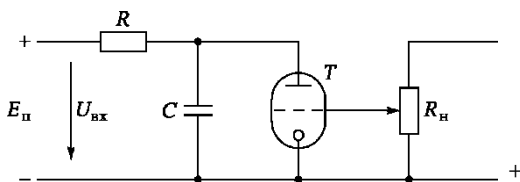
Автоматика, өлшеу техникасы, телевидения құрылғылары сызбасында ара тәрізді түрдегі (3.2. сурет) кернеу (ток) серпіндерін қолданады. Ара тәрізді түрдегі серпіндер U_{max} амплитудалы мағынамен, $T_{пр}$ тура жүрістің ұзақтығымен және $T_{обр}$ кері жүріс ұзақтығымен сипатталады. Ара тәрізді түрдегі серпінді ара тәрізді белгілердің генераторлары көмегімен алады.

Ара тәрізді белгілер генераторы. Ол қарапайым релаксациялық генератор болып табылады, оны бұрындары осциллографтарда генератор ретінде қолданған. Тиратрондағы ара тәрізді белгілер генераторы сызбасы 3.3. суретте көрсетілген.

Ара тәрізді белгілер генераторы R кедергісіне, C конденсаторына және VL тиратронына ие.

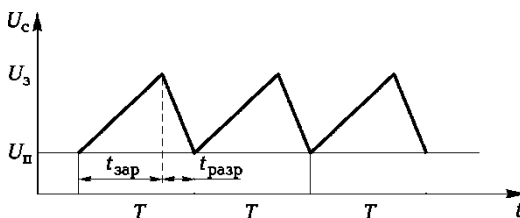
$U_{кпр}$ кернеуін қосқан кезде C конденсаторы қуаттала бастайды және ондағы u_c кернеуі заң бойынша $t_{зар}$ уақыт аралығында өседі. U_c кернеуі U_z тиратроны кернеуіне жеткен кезде (жүздеген вольт) тиратронда заряд пайда болады, ал конденсатор $t_{зар}$ уақыт аралығында тиратронның U_n кернеуіне дейін қуатталады. Кейін конденсатордың қуатталу үдерісі қайталанады. (3.4. сурет).

¹ Тиратрон (от гр. thyra — есік, кіре беріс) — катодпен, анодпен және сеткамен жабдықталған газбен қуатталатын құрал, газ толтырылған арнайы баллон.



3.3. сурет. Ара тәрізді белгілер генераторының тиратрондағы сызбасы:

T — тиратрон; C — конденсатор; R — резистор; U_{BX} — кіріс кернеуі; E_n — қоректендіру көзі; R_K — жүктеме кедергісі



3.4. сурет. Ара тәрізді белгілер:

U_c — конденсатордағы кернеу; U_3 — от алдыру кернеуі; U_n — өшу кернеуі; $t_{зар}$ — қуаттау уақыты; $t_{разр}$ — разряд уақыты; T — серпін ұзақтығы; t — уақыттың ағымдағы мағынасы

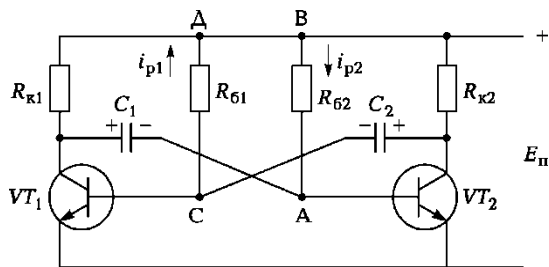
Тиратрондағы кернеуді басқара отырып, тербелісті алу үдерісін басқаруға болады.

Мультивибратор. Мультивибратор¹ қажетті жиіліктегі тік бұрышты серпіндер генераторы ретінде қолданылады, оның ұзақтығы олардың арасындағы айырмашылыққа тең. Ол автотербеліс режимінде және күту режимінде жұмыс жасай алады.

Мультивибратордың транзистордағы сызбасы 3.5. суретте көрсетілген. Мультивибратор екі R -күшейткіштен тұрады. Сол жақ күшейткіштен шығатын кернеу VT_1 транзисторы коллекторынан алынады және оң жақ күшейткішке беріледі, ал оң жақ күшейткіштен шығатын кернеу VT_2 транзисторы коллекторынан алынады және сол жақ күшейткішке беріледі.

Алғашқыда n — p — n — түріндегі екі транзистор арқылы $I_{\partial n}$ базасының тыныштықтағы және $I_{кп}$ коллекторының тоғы жүреді. Осындайда базада тыныштықтағы кернеу шамамен 0,8 В тең, ал коллекторда бірнеше вольтқа тең.

¹ Мультивибратор, яғни көптеген тербелістер генераторы



3.5. сурет. Мультивибратор сызбасы:

VT_1 , VT_2 — транзисторлар; C_1 и C_2 — конденсаторлар; $R_{к1}$ — VT_1 транзисторы коллекторының кедергісі; $R_{к2}$ — VT_2 транзисторы коллекторының кедергісі; $R_{б1}$ — VT_1 транзисторы базасының кедергісі; $R_{б2}$ — VT_2 транзисторы базасының кедергісі; $E_{п}$ — коректендіру көзі; $i_{п1}$ — $R_{б1}$ транзисторы базасы кедергісі арқылы разрядты ток; $i_{п2}$ — $R_{б2}$ транзисторы базасы кедергісі арқылы разрядты ток.

C_1 и C_2 конденсаторлары зарядталған. Бірінші транзистор коллекторының тоғы артқан кезде $R_{к1}$ коллекторы кедергісінің кернеуі төмендеуі артады, транзисторда екі аралық ашылады. C_1 конденсаторының оң пластинасының күш-қуаты азаяды, және де бұл VT_2 транзисторының $R_{б2}$ кедергі базасы арқылы жүретін $i_{п2}$ разрядты тоғының пайда болуына әкеледі. А нүктесінің күш-қуаты азаяды және VT_2 транзисторы жабылады.

VT_1 транзисторы коллекторындағы кернеудің азаюы C_1 конденсаторының оң пластинасындағы күш-қуаттың одан әрі азаюына әкеледі. C_1 конденсаторының оң пластинасындағы күш-қуат нөлге жеткен кезде, $R_{б2}$ кедергі базасы арқылы жүріп өтетін токтың арқасында C_1 конденсаторының оң пластинасының күш-қуаты арта бастайды, нәтижесінде VT_2 транзисторы ашылады да, VT_1 транзисторы жабылады. Осылайша, C_1 и C_2 конденсаторларындағы кернеу белгілерін өзгертеді.

Белсенді сызықсыз элементтердің (транзисторлардың) барлығы және сүзгіш шынжырлардың жоқтығы сәйкес емес мерзімді тербелістер мультивибраторының өңделуіне әкеледі.

Мультивибраторларды микросызбалар негізінде де жинайды.

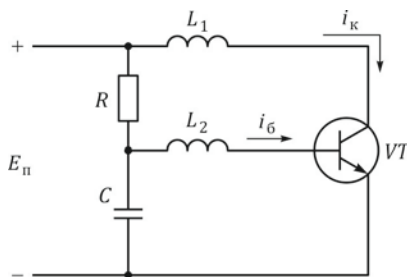
Блокинг-генераторы. Блокинг-генераторы – бұл кең жолақты оң кері байланыстың релаксациялық генераторы. Осы үшін көптеген гармониктарды қамтитын күш-қуатты бойынан өткізе алатын күш-қуатты трансформаторлар қолданылады. Блокинг-генераторын қысқа және қуатты күш-қуаты бар генератор ретінде қолданады, қайталау ұзақтығы және жиілігі салыстырмалы түрде қарапайым және кең шамада өзгере алады.

Блокинг-генератор сызбасы 3.6. суретте көрсетілген. Блокинг-генераторы сырттан күш-қуат берілген жағдайда автогенератор режимінде және күту режимінде жұмыс жасай алады. Оларды телевизиялық қабылдағыштар генераторларында кең түрде қолданады.

Күш-қуат генераторы. Күш-қуат генераторы – бұл тік бұрышты немесе өзге түрдегі күш-қуатты қалыптастыратын өлшегіш құралдар, сонымен қатар белгілі түрі, ұзақтығы, қайталау жиілігі және биіктігі бар күрделі күш-қуатты бірізділіктер.

Күш-қуатты белгілер генераторлары жалпы қолданыстағы күш-қуат генераторлары, күш-қуаттың метрологиялық генераторлары және автоматтандырылған генераторлар деп бөлінеді.

Жалпы қолданыстағы күш-қуатты белгілер генераторлары радиотехникалық құрылғыларды қосқанда, интегралды сызбалар мен жартылай сымды құралдардың күш-қуатын өлшегенде, күш-қуатты модуляторлардың, кең жолақты күш-қуат күшейткіштерін өңдеп тексергенде қолданылады. Осы топтағы генераторлар күш-қуат түріне қарай (тік бұрышты, ара тәрізді және т.б.), ұзақтығына қарай (наносекундты, микросекундты, миллисекундты және т.б.) болып бөлінеді.



3.6. сурет. Блокинг-генераторы сызбасы:

VT — транзистор; C — конденсатор; R — резистор; L_1, L_2 — индуктивтік орамасы; E_n — коекстендіру көзі; i_b — база тоғы; i_k — коллектор тоғы.

Күш-қуаттың метрологиялық генераторлары аппаратураны өлшеу техникасында бақылау және мөлшерлеу үшін, сонымен қатар эксперименталды техникасындағы үлгілік өлшеу құралдары ретінде қолданылады.

Автоматтандырылған генераторларды және күш-қуаттың кодталған пакет генераторларын автоматтандырылған өлшеу жүйесі құрамында басқару параметрлерімен белгі көздері ретінде қолданады. Күш-қуаттың кодталған пакет генераторлары есептеу техникасында; байланыс техникасында; интегралды сызба жұмысын тексеру стендтерінде; радиоэлектронды аппаратураның түрлі құрылғыларын реттеу мен сынауда қолданылады.

Сандық генераторларда ақпарат (жиілік немесе амплитуда) сандар түрінде есептеледі.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай құрылғы генератор деп аталады?
2. Автотербелістің пайда болуымен ықшамдалған механизмі қандай?
3. Автогенератор қандай негізгі элементтерден тұрады?
4. Қандай құрылғы ішкі қозғаушы күші бар генератор деп аталады?
5. Релаксациялық тербеліс дегеніміз не?
6. Ара тәрізді белгілері бар генератор қандай негізгі элементтерден тұрады?
7. Мультивибраторлар мен блокинг-генераторлар қайда пайдаланылады?

ЭЛЕКТР ТЕРБЕЛІСТЕРІНІҢ ТҮРЛЕНУІ

4.1. МОДУЛЯЦИЯ

Сигналдарды беруге арналған жоғары жиілікті тербелістерді қолдану үшін оларға кез келген тәсілмен, яғни оларды белгілі бір уақыт ішіндегі импульстерді беру арқылы, немесе олардың амплитудасын, фазасын не жиілігін берілетін сигналға сәйкес өзгерту арқылы әсер ету керек. Осы тербелістерді қабылдаған кезде жоғары жиілікті тербелістердің, немесе импульстердің ұзақтығы параметрлерінің біреуін өзгерту негізінде берілетін сигналды қайта қалпына келтіру қажет. Осы уақытта пайда болатын пішіні, жиілігі немесе фазасының өзгеру процесстері *тербелістердің түрленуі* деп аталады. Барлық түрленулердің түрлері сызықты және сызықты емес болып бөлінеді.

Сызықты түрленулер *Ом заңына бағынады.* Осы түрленулердің нәтижесінде күрделі сигнал спектрінде тек амплитуда мен фазалық қатынастары ғана өзгере алады. Сызықты түрленулер сызықты тізбектерде жүзеге асады. Сызықты түрленулерге параметрлері ондағы белсенді токтар мен кернеулерден тәуелсіз тізбектері жатады.

Сызықты емес тізбектерде сигнал спектрінің өзін өзгертуге әкелетін, яғни кірісте болмаған құрамалардың пайда болуына әкеп соқтыратын күрделірек түрленулер орын алады. Сызықты емес тізбектерде токтар мен кернеулердің өзгеруі активті және реактивті кедергілердің өзгеруіне әкеп соқтырады, соның нәтижесінде кернеулер мен токтар бір-біріне пропорционалды емес, керісінше одан да күрделі тәуелділікпен байланыста болып өзгереді.

Ақпарат көзінен тұтынушыға ақпаратты беру кезінде басқарушы сигналдар мен радиосигналдар түрлі түрленулерге ұшырайды: модульденген түрленулердің пайда болуы, радиосигналдардың детекторлануы, радиосигналдар жиілігінің түрленуі, жиіліктің ұлғаюы, тербелістер амплитудасының шектелуі, сигналдардың дифференциялануы мен интегралдануы.

Дыбыстық жиіліктегі хабарламаларды (сөз сөйлеу, музыка, сурет) жіберу үшін сигналдар электрлік пішінге ауысады. Мұндай пішінде аталмыш сигналдар антенна қабылдағышы арқылы тиімді түрде сәуле шығаруға және бос кеңістікте таратуға әрдайым жарамды емес, өйткені олар тез өшіп қалатын төмен жиілікті тербелістерді білдіреді. Үлкен арақашықтыққа төмен жиілікті тербелістерді жіберу үшін үлкен арақашықтыққа жібере алатын қасиеттері бар жоғары жиілікті тербелістерді қолданады. Хабарламасы бар төмен жиіліктегі тербелісті жоғары жиілікті тербеліске қосқандай болып жібереді, нәтижесінде ол жіберілетін хабарламаның заңы бойынша өзгереді.

Жоғары жиіліктегі тербелістер тасымалдаушы сигнал деп, ал жіберілетін хабарлама басқарушы (модуляциялау) сигналы деп аталады. Нәтижесінде тасымалдаушы жоғары жиілікті тербелістер параметрлерінің біреуі, немесе бірнешеуі жіберілетін хабарламаның заңы бойынша өзгеру процессін модуляция¹ деп атайды.

Модульденген жоғары жиілікті тербелісті екінші реттегі сигналдарға жатқызады, ол *радиосигнал деп аталады*. Әр тасымалдаушы тербеліске арналған ықтимал модуляция түрлерінің саны оның параметрлерінің санына тең.

Үйлесімді тербеліс A_0 амплитудасымен, ω_0 жиілігімен және ω_0 фазасымен сипатталады. Модуляцияланған сигналдың тасымалдаушы жоғары жиілікті тербелістің амплитудасына, жиілігіне немесе фазасына әсер ету-етпеуіне байланысты сәйкесінше амплитудалық, жиіліктік, немесе фазалық модуляцияны анықтайды. Модуляция мен детекторлау кезіндегі пішіні, жиілігі, немесе фазасының ауысу процесстері тербеліс-тердің ауысуы деп аталады.

Модуляция бейнесигнал спектрін радио, немесе оптикалық жиіліктер аймағына ауыстыруға мүмкіндік береді, осының арқасында ол сәуле шашу арқылы қашықтыққа жіберілуі мүмкін.

Модуляцияны арнайы құрылғыларда – модуляторларда жүзеге асырады (4.1 сурет). Модулятордың екі кірісіне басқарушы (төмен жиілікті) сигналды $U_{\text{упр}}$ береді және үйлесімді тасымалдаушы (жоғары жиілікті) тербелісін береді $U_{\text{нес}}$, ал шығыста модуляцияланған (жоғары жиілікті) тербеліс $U_{\text{мод}}$ пайда болады.

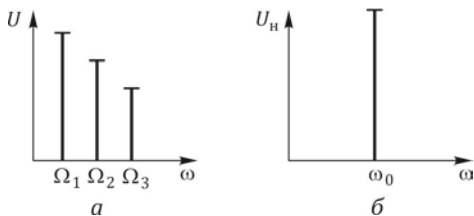
Басқарушы сигналдың спектрі тек төмен жиілікті құрамаларды (мысалы $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$) (4.2. сурет) құрайды.

¹ Модуляция (лат. modulation — «өлшем», «өлшемділік») — жоғары жиіліктегі қайталмалы параметрінің біреуін басқа едәуір төмен (модуляциялаушы) жиілікпен әрекет етуі арқылы өзгеруі.



4.1 сурет. Модулятор құрылымы:

$U_{тас}$ — тасымалдаушы тербеліс; $U_{басқ}$ — басқарушы сигнал; $U_{мод}$ — модуляцияланған тербеліс



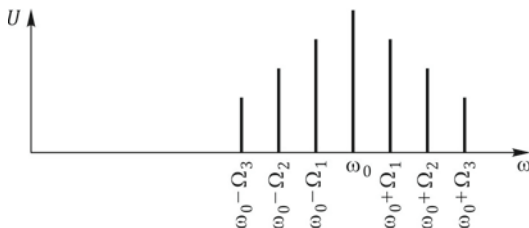
4.2 сурет. Сигналдардың спектрлері:

a — басқарушы сигналдың; $б$ — тасымалдаушы сигналдың; $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ — төмен жиіліктегі құрамалар; U_n — басқарушы сигналдың кернеу амплитудасы; ω_0 — тасымалдаушы жиілік; ω — жиіліктің ағымдағы мәні.

Тасымалдаушы сигналдардың спектрлері тасымалдаушы жиіліктегі бір құраманы құрайды ω_0 (4.2 сурет, б). Модуляторда бүйірлі құрамалар пайда болып және төмен жиіліктегі құрамалар жойылады.

Модуляцияланған ауытқудың спектрінде төмен жиілікті құрамалар жоқ, бірақ тасымалдаушы жиілікке жақын бүйір құрамалары пайда болады ($\omega_0 \pm \Omega_1$; $\omega_0 \pm \Omega_2$; $\omega_0 \pm \Omega_3$), яғни ол тасымалдаушы тербелістің спектрінен әлдеқайда күрделірек (4.3 сурет).

Дыбыстық жиіліктің сигналы аралас тасымалдаушы жиілікпен жоғары жиілік арқылы беріледі ω_0 . Осының арқасында бір желі арқылы хабарламаларды көпканалды түрде жіберуге мүмкіндік бар.



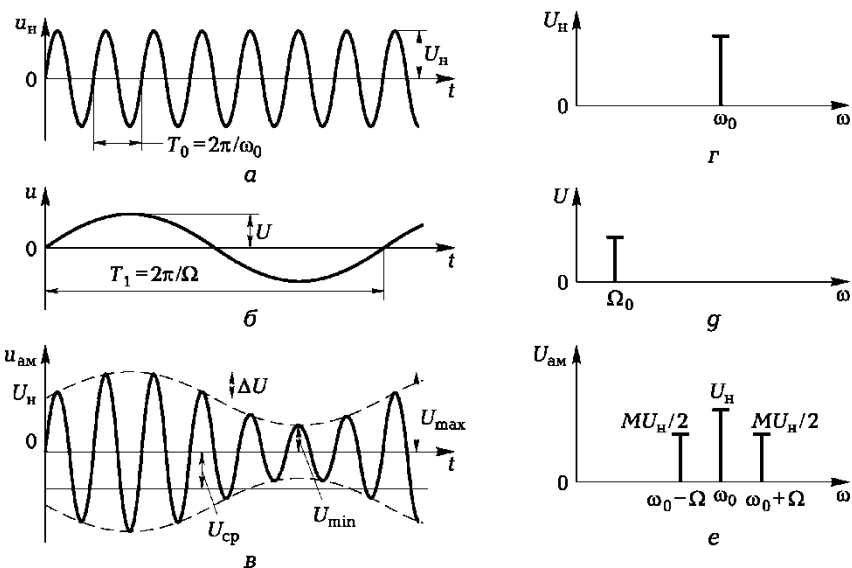
4.3 сурет. Амплитудалық-модуляцияланған тербелістің спектрі:

ω_0 — тасымалдаушы жиілік; U — кернеу амплитудасы; ω — жиіліктің ағымдағы мәні; $\omega_0 - \Omega_3 \dots \omega_0 + \Omega_3$ — спектрдің бүйір құрамалары.

Бұл жадайда әртүрлі хабарламалар әртүрлі жиіліктегі тасымалдаушы тербелістерді пайдаланады. Қабылдау кезінде сигналдардың әрбіреуі өзінің жиілігіне теңшеленген сүзгіштердің көмегімен бөлінеді. Әр сүзгіштің шығысында тек бір сигналды қабылдайды. Әр радио станцияға өзінің тасымалдаушы жиілігі тағайындалады, оны радиоқабылдағышта өзгерту арқылы қажетті сигналды қабылдауға болады. Мысалы, Санкт-Петербург 801 кГц жиілігінде жұмыс істейді.

Амплитудалық модуляция. Амплитудалық модуляция кезінде жіберілетін хабарламаның заңы бойынша тек тасымалдаушы жоғары жиіліктегі тербелістің амплитудасы ғана өзгереді A_0 .

Тасымалдаушы тербеліс ретінде радиотехникада әрдайым жоғары жиіліктегі гармониялық сигналды қолданады u_n (4.4 сурет, а). Жіберілетін хабарламаны үзіліссіз функция ретінде сигнал арқылы көрсетеді (4.4 сурет, б).



4.4 сурет. Гармониялық сигналдағы амплитудалық модуляция:

а — жоғары жиіліктегі тасымалдаушы тербеліс; б — модуляциялау сигналы; в — амплитудалық-модуляцияланған сигнал; г, д және е — тасымалдаушы, модуляциялау және модуляцияланған тербелістерге сәйкес спектрлер; u_n — модуляция болмаған жағдайдағы тасымалдаушы тербелістің амплитудасы (синусоидтың максималды биіктігі); T_0 — тасымалдаушы тербелістің кезеңі; T_1 — жіберілетін сигналдың кезеңі; $U_{\max}$ — модуляцияланған сигналдың максималды амплитудасы; $U_{\min}$ — модуляцияланған сигналдың минималды амплитудасы; Ω — модуляциялау тербелістің жиілігі; ω — тасымалдаушы тербелістің жиілігі.

Амплитудалық модуляция кезінде амплитудалық-модуляцияланған сигналдың иегіші модуляциялау сигналына, яғни жіберілетін хабарламаға сәйкес келеді (4.4 сурет, в).

Модулятордың сызықты емес элементінің кірісіне (диодтың) басқарушы және тасымалдаушы тербелістердің кернеу қосындысын берсе, онда ток сызықты емес элемент арқылы бүйір құрамаларын құрайтын болады (4.4 сурет, е). Тасымалдаушы жиіліктің тербелісіне қатысты ω_0 біркелкі орналасқан бүйір құрамалары бір-біріне тең, яғни бүйір құрамаларының спектрі тасымалдаушы жиілікке қатысты біркелкі симметриялы болып келеді.

Модуляцияның дәрежесі *модуляция коэффициентімен, немесе модуляция тереңдігінің коэффициентімен* M мінезделеді, ол жоғары жиіліктегі тербелістер амплитудасының максималды өзгеруін қатысты түрде көрсетеді және модуляцияланған сигнал амплитудасының ΔU оның орташа мәніне $U_{\text{орт}}$ қатысты максималды ұлғаю қатынасына тең.

Модуляция тереңдігінің өлшеусіз коэффициентін M әдетте пайыз ретінде көрсетеді, %:

$$M = \frac{\Delta U}{U_{\text{орт}}} 100; U_{\text{орт}} + \Delta U = U_{\text{max}}; U_{\text{орт}} - \Delta U = U_{\text{min}};$$

$$M = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{max}} + U_{\text{min}}} 100.$$

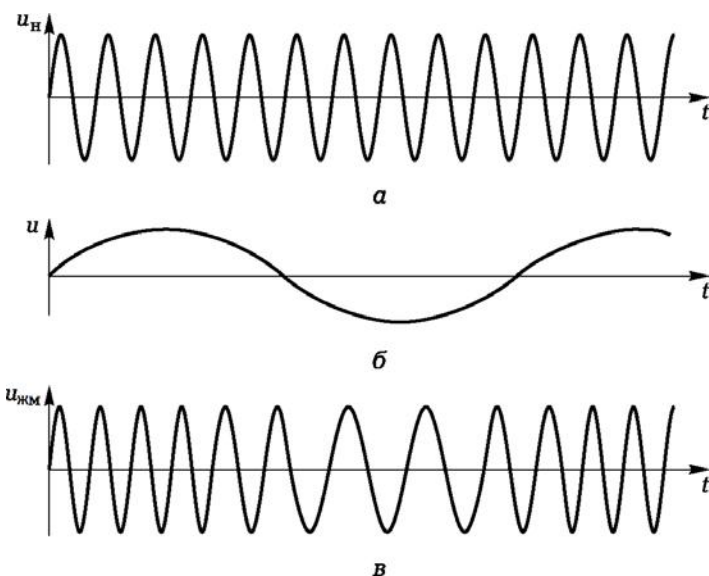
Модуляцияланған тербеліс тасымалдаушы тербелістің амплитудасына u_n (ол модуляция кезеңіндегі орташа мәннің иілу мағынасын білдіреді T_1), модуляция тереңдігінің коэффициентіне M , модуляция жиіктілігіне F_0 , тасымалдаушы жиілікке ω_0 тәуелді болады.

Жиілікті модуляция. УҚТ диапазонындағы радиохабарларда телевизиялық және музыкалық бағдарламалардың дыбысын бергенде жиілікті модуляцияны қолданады. Жиілікті модуляция кезінде тасымалдаушы жоғары жиілікті тербелістердің амплитудасы бірқалыпты болып қалады, ал тасымалдаушы жиілік ω_0 модуляциялау сигналының заңы бойынша уақыт ішінде өзгереді (4.5 сурет).

Жиілікті модуляцияда модуляцияланатын негіз ретінде үйлесімді тербелістің ω_0 жиілігі есептеледі, оның ұлғаюы $\Delta\omega$ уақытқа тәуелді және модуляциялау сигналының U бірден мәніне пропорционалды. Үйлесімді тербеліс кезіндегі жылдам жиілік ω уақыт ішінде өзгермейді, ол тасымалдаушы жиілікке ω_0 тең.

Жиілік модуляция кезіндегі тасымалдаушы тербелістер ω тәуелді модуляциялау сигналына U байланысты

$$\omega = \omega_0 + K_u U,$$



4.5 сурет. Жиілік модуляциясы:

a — тасымалдаушы тербеліс; $б$ — модуляциялау сигналы; $в$ — жиілікті-модуляцияланған сигнал; U_k — тасымалдаушы тербелістің кернеуі; U — модуляциялау сигналының кернеуі; $U_{\text{чм}}$ — жиілікті-модуляцияланған кернеу; t — уақыт.

ω_0 — тасымалдаушы тербелістің тасымалдаушы жиілігі; k_f — жиілік пен кернеу арасындағы пропорционалдаудың өлшемді коэффициенті, рад/(В • с).

Жиіліктің орташа мәнінен модуляцияланған тербелістің жылдам жиілігінің ω_0 максималды тербеліс жиілігінің девиациясы¹ ω_d деп аталады,

$$\omega_d = \omega m_f = \frac{k_f U}{\omega},$$

ω — айналмалы жиіліктің бірден мәні; m_f — тасымалдаушы тербеліс фазасының девиациясы (жиілікті модуляцияның индексі); U — модуляциялау сигналының амплитудасы.

Тасымалдаушы тербелістің жиілікті модуляциясын оңтайлы түрде көп жағдайда автогенератордың тербеліс контурының резонансты жиілігін қайта құрау жолы арқылы жасауға болады.

¹ Жиіліктің девиациясы (лат. deviatio — «тербеліс»; de — «тербеліс» + via — «жолдан») — жиілікті модуляция кезіндегі электр жиіліктері тербелісінің орташа мәнінен максималды тербелісі.

Тәжірибелік радиоэлектрондық сызбаларда бұл сызықты емес орташа өткізгішті элемент – варикап¹ арқылы жүзеге асырылады.

Фазалық модуляция. Тасымалдаушы жоғары жиілікті тербелістегі бастапқы фазадағы φ_0 өзгерістер *фазалық модуляция* деп аталады. Фазалық модуляцияланған кернеуде тасымалдаушы жиіліктің тербеліс фазасы модуляциялау сигналына пропорционалды өзгереді.

$$\psi(t) = \omega_0 t + k_\phi U,$$

k_ϕ — пропорционалдықтың өлшемдік коэффициенті, рад/В.

Тасымалдаушы тербеліс фазасының бастапқы фазадан максималды тербелісі m_ϕ *фазалық модуляцияның индексмен* сипатталады.

$$m_\phi = k_\phi U.$$

ω_d фазалық модуляциядағы жиіліктің тасымалдаушы жиіліктен ω_0 максималды тербелісі *жиіліктің девиациясы* деп аталады

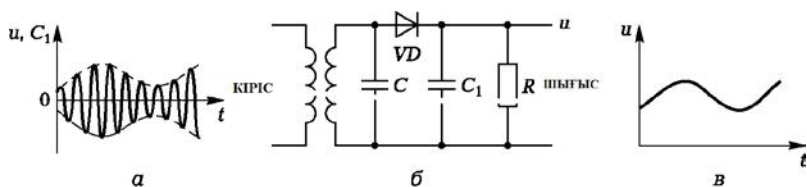
$$\omega_d = m_\phi \omega = k_\phi U \omega.$$

Жиілікті және фазалық модуляция бұрыштық модуляцияның бір түрі болып табылады.

4.2. ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ ТЕРБЕЛІСТІ ДЕТЕКТОРЛАУ

Радиотехникалық құрал-жабдықтардағы электр тербелістерінің екінші маңызды өзгеру түрі болып модуляциялауға теріс үрдісі есептеледі. Адамның тербелістерді қабылдауы, немесе құрал-жабдықтармен тіркелуі үшін амплитудасы, жиілігі, не фазасы бойынша модульденген қабылданушы жоғары жиілікті тербелістерді радиоқабылдағыш құралда қайтадан төмен жиілікті тербелістерге өзгерту қажет. Модульденген жоғары жиілікті сигналдың пішіні төмен жиілікті модульденген сигналды ойнататын тербеліске өзгеру процессі детекторлау (демодуляциялау) деп аталады. Көп жағдайда оңтайлы түрде амплитудалық-жиілікті тербелістердің детекторлануы жүзеге асырылады. Демодуляциялау үшін детекторды, немесе қабылданған, күшейтілген және өзгертілген жоғары жиілікті модульденген тербелістен жіберілетін пайдалы сигналды айқындайтын демодуляторды қолданады (4.6 сурет).

¹ Варикап (*ағыл.* varicap, vari(able) — «өзгермелі» + cap(aciti) — «сыйымдылық») — орташа өткізгішті құрал, радиоэлектронды жабдықтарда қолданатын кернеуді азайтып-көбейткенде өзгертін сыйымдылық.



4.6 сурет. Амплитудалық-модульденген қарапайым детектор:

a — модульденген сигнал; b — детектор; $в$ — пайдалы сигнал; u — кернеу; C, C_1 — конденсаторлар; R — резистор; VD — диод; t — уақыт

Детектор төмен жиіліктегі сигналды шығаруға арналған сызықты емес элемент пен фильтрден құралады. Сызықты емес элемент ретінде диодтар мен транзисторларды, төмен жиіліктердің фильтрі ретінде — қарапайым RC-тізбегінде қолданады. Детекторға қойылатын негізгі талап — берілетін сигналды дәлме-дәл ойнату. Амплитудалық-модульденген сигналдардың детекторын амплитудалық детектор деп те атайды.

Қандай сигналдың детекторланатынына байланысты оларды амплитудалық, жиіліктік және тағы басқа детекторларға бөледі.

Жиілікті-модульденген және фазалық-модульденген тербелістерді екі кезеңде өндіреді: алдымен оларды терең емес амплитудалық модуляцияға өзгертеді, ал содан соң амплитудалық детекормен детекторлайды. Бұл ретте жиілікті-модульденген сигнал амплитудасының барлық өзгерістерін пайдалы сигнал қатарында детекторлайды, сол себептен детектордың алдында амплитудалық тежегішті қояды. Ең оңтайлы жағдайда жиілікті-модульденген тербелістердің амплитудалық-модульденген тербелістерге өзгеруін тербеліс контурларын пайдалану арқылы жүзеге асырады, оларды жиілікті-модульденген тербелістердің тасымалдаушы жиілікке қатысты орналастырады.

Көп жағдайда жиілікті детектордың *дискриминатор* деп аталатын бірдей симметриялық сызбасын қолданады.

4.3. ЖИІЛІКТІ ТҮРЛЕНДІРУ

Көп жағдайда өңделуші сигналдың спектралды құрамын өзгерту, немесе жиілік бойынша оның спектрін жылжыту қажет болады,

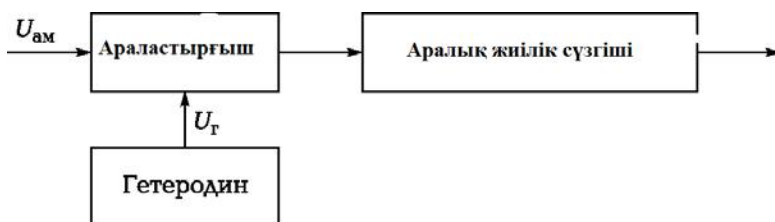
яғни радиолектронды сызбаның шығысындағы сигналдың спектралды құрамын кірістегі сигналдың спектралды құрамымен салыстырғанда өзгерту. Үшінші жиілікті алу үшін әр-түрлі жиіліктегі екі сигналды сызықты емес, немесе параметрикалық түрде араластыру процесі *жиіліктің түрлену (гетеродинациялау)* деп аталады.

Қандай да бір модульденген сигналдың спектрі осылай түрленгенде (сонымен бірге кез-келген радиосигналды) тасымалдаушы жиілік аймағынан аралық жиілік аймағына модуляция түрі мен қалпын өзгертпей ауысады (немесе бір тасымалдаушы жиіліктен басқасына, сонымен бірге жоғарғысына да). Жиіліктің түрлену процесі модуляциядан айырмашылығы мынада: жиілікті түрлендіруді пайдалы әрекет коэффициентін өндіру аса маңызды емес қуаты аз құралдарда жүзеге асырылады, бұл орайда маңызды талап ретінде анодтық тізбекте аралас жиіліктер мен жоғары тәртіптердің үйлесуі болып табылады. Сонымен бірге модуляция кезінде модульденген сигналдың жиілігі модульденген жиіліктен бірнеше рез көп болуы ықтимал. Ал сигналдардың араласуы кезінде жиіліктердің арақатынасы әр-түрлі болуы мүмкін.

Жиілікті түрлендіруді сигналды ары-қарай өңдеу мен оны күшейту үшін жүзеге асырады. Көп жағдайда сигналды өңдеу де, күшейту де тасымалдаушы жиіліктің төмен болуына байланысты оңайырақ. Осы себептен аралық жиілік сигналдың жиілігінен басым жағдайда азырақ.

Жиіліктің түрлену процесі жүзеге асырылатын құрал – *жиілікті түрлендіргіш* деп аталады.

Жиілікті түрлендіргіш гетеродин араластырушыдан және аралық жиілік сүзгішінен тұрады (көп жағдайда аралық жиілік күшейткішінің ауысу контурынан, немесе жоғары жиіліктің күшейткішінен) (4.7 сурет).



4.7. сурет. Жиілікті түрлендіргіштің құрамалық сызбасы:

$U_{ам}$ — амплитудалық-модульденген сигналдың кернеуі; $U_г$ — гетеродиннің кернеуі.

Араластырғыш пен гетеродин өзара жиілікті түрлендіргішті құрайды.

Араластырғыш сызықты емес элемент, онда сигналдарды күшейту жүзеге асырылады. Араластырғыш ретінде далалық транзистор, МДТ-транзистор, варикап, немесе шаршылық сипаттамасы бар қарапайым диод қолданылуы мүмкін.

Гетеродин араластырғышты параметрлік түрде басқару үшін қолданылады; ол қосалқы генератор ретінде пайдаланылады және өздігінен көп жағдайда гетеродин жиілігінің ω_r үйлесімді тербелістерінің қуаты аз генератор ретінде әрекет етеді.

Қажетті спектралды құраманы анықтау үшін араластырғыштың шығысында жиілікті таңдайтын элементті қосады (**аралық жиіліктің сүзгісі**), мысалы жалғыз тербелістік контурды алуға болады.

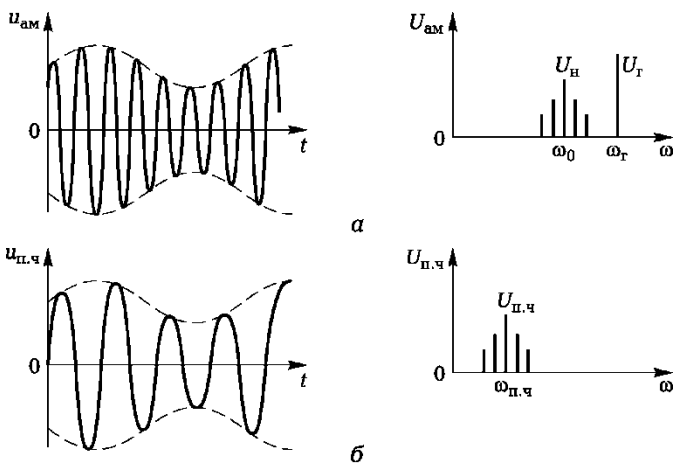
Радиосигналдардың жиілігін түрлендіру кезінде түрлендіргіштің екі кірісіне тасымалдаушы жиілігі ω_0 және гетеродинің юг жиілікті үйлесімді тербелісі бар кірістік модульденген тербелісті береді, ал шығысында тасымалдаушы жиілігі юг — ω_0 , немесе юг + ω_0 тербелісін алады, және модуляцияның кірістегі модульденген тербеліс заңымен бірдей алып отырады.

Кірістеді амплитудалық-модульденген тербелістің спектрі, гетеродин жиілігі юг үйлесімді тербелістің спектралды құрамасы және түрленген тербелістердің спектрлары 4.8. суретте көрсетілген. Түрлендіргіштің шығысында бізге қажетті тербелістің басқасынан барлық құрамалар басылуы қажет, мысалы, ω_1 — ω_0 .

Амплитудалық-модульденген тербелістерге кейіннен сүзілетін тербелістердің көбеюі сонымен бірге жиілікті түрлендіруге мүмкіндік береді (гетеродинациялау). Мысалы, сызықты емес вольтамперлік сипаттамалы құралдың кірісіне бір уақытта әр-түрлі ю1 және ю2 жиіліктері бар екі үйлесімді тербелістерді берсек (мұнда ю1 > ю2), онда шығыстағы токтың спектрінде бастапқы тербелістердің гармониктерінен басқа $\omega_1 + \omega_2$ и $\omega_1 - \omega_2$ жиіліктегі құрамалар пайда болады.

Бұл орайда аталған тербелістердің амплитудалары бірдей, яғни сызықты емес құралда кіріске берілген сигналдардың ұлғаюы пайда болады. Қажет болғанда кез-келген спектралды құраманы бір-бірінен тәуелсіз етіп бөлуге болады.

Ұқсас ұлғайтқыштарда жиілікті түрлендіру. Жоғары, немесе төмен Бір жиіліктегі бтербелістерді басқа жиіліктің тербелісіне түрлендіру қажет болған жағдайда қазіргі заманауи параметрикалық резистивті тізбектерден тұратын жиілікті түрлендіргіштерде араластырғыштардың орнына ұқсас ұлғайтқыштарды қолданады.



4.8 сурет. Тербелістердің жиілікті түрлендірудегі спектрлары:
 a — кірістегі модульденген тербелістің; b — түрленген тербелістің; ω_0 — амплитудалық-модульденген тербелістің тасымалдаушы жиілігі; $u_{ам}$ — амплитудалық-модульденген тербеліс кернеуінің бірден мәні; ω — жиілік; $u_{п.ч}$ — аралық жиілік сигналының кернеуі; t — уақыт; $\omega_{п.ч}$ — аралық жиілік; $u_{н}$ — тасымалдаушы жиіліктегі кернеу; U_T — гетеродин кернеуі.

Жиілікті көбейткіш — шығысында синусоидалды кернеу тудыратын құрал, оның жиілігі кірістегі ауыспалы кернеудің жиілігінен бірнеше рет асады (4.9 сурет).

Жиілікті көбейткіштер өзара резонансты ұлғайтқыштарды білдіреді, олардың жүктеме контурлары қоздыратын кернеудің бірден-бір жоғары гармонигына теңшеледі (берілетін тербелістің белгілі-бір гармонигінің жиілігіне). Қабылдағышта гетеродинның болған жағдайында әр-түрлі радиостанцияларды қабылдағанда аралық жиіліктің күшейткішін қайта теңшеу қажет емес, тек радиоқабылдағыштың гетеродин жиілігі мен резонансты контуры ғана теңшеледі.



4.9 сурет. Жиілікті көбейткіштің сызбасы:
 $U_{кп}$ — кіріс сигналы; $U_{шығ}$ — шығыс сигналы

Аналогты көбейткіштің кірістеріне екі гармоникалық тербелісті берсе (мысалға модульденген сигнал мен гетеродиннің тіреуіш кернеуі), онда оның шығыстағы кернеуі екі спектралды құраманы құрайтын болады.

Әрбеткей жиіліктегі спектралды құрама $\omega_{п.ч} = |\omega_r + + \omega_0|$ аралық жиілікті ұлғайтқыштың жіңішке сызықты сүзгішімен және түрленген сигналдың юпч аралық жиілігі ретінде байқалады.

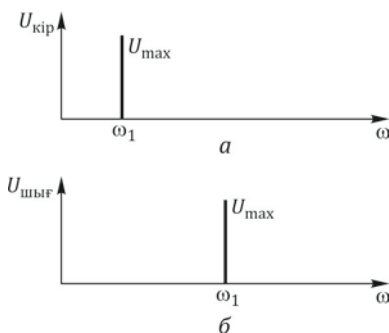
4.10, *а* суретінде гармоникалық тербелістің спектрі көрсетілген, ол ю1 жиілігіндегі жиілікті көбейткіштің кірісінде көрсетілген. Көбейткіштің шығысында ω_1 жиілігіндегі үйлесімді тербеліс пайда болады (4.10, *б суреті*), барлық басқа спектралды құрамалар, сонымен бірге ю1 жиілігі тербелісіндегі кіріс жиілігі де басылады (4.10, *б суретін кара*).

Барлық қарастырылған түрленген сигналдарға: модуляцияға, детекторлауға, жиілікті түрлендіру мен көбейтуге – кірістегі сигналдардың спектрында болмаған жаңа спектралды сигналдардың құрамаларында пайда болуы мінезделеді.

Тербелістің спектралды құрылымының осындай күрделенуін диодтар мен транзисторлардың сызықты емес элементтерінің көмегімен алуға болады.

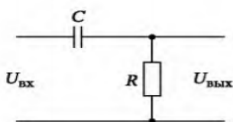
Шығысында аралас кернеуді кірістегі кернеу жиілігінен бірнеше есе артатын жиілікпен алатын құралды *кернеуді бөлуші* деп атайды.

Қабылдағышта гетеродинді генератордың болса, онда әр-түрлі радиостанцияларды қабылдаған уақытта аралық жиілікті ұлғайтқышты теңшеу қажет болмайды, тек гетеродиннің жиілігі мен радиоқабылдағыштың резонансты контуры ғана теңшеледі.



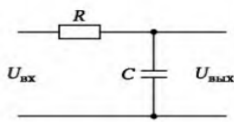
4.10 сурет. Үйлесімді тербелістердің спектрлары:

а — жиілікті ұлғайтқыштың кірісінде; *б* — жиілікті ұлғайтқыштың шығысында; ω — жиіліктің ағымдағы мәні; ω_1 — үйлесімді тербелістердің жиілігі.



4.11 сурет. Дифференциялаушы тізбек:

$U_{\text{кр}}$ — кіріс сигналы; $U_{\text{шығ}}$ — шығыс сигналы



4.12 суреті. Интеграциялау тізбегі:

$U_{\text{кр}}$ — кіріс сигналы; $U_{\text{шығ}}$ — шығыс сигналы; C — конденсатор; R — резистор

Тербелістер амплитудасын тежеу. Тегіштер кейбір жоғары немесе төмен жатқан белгіленген деңгейдегі сигналдардың бір бөлігін басып тастайды. Егер кейбір деңгейден жоғары сигнал басылып тасталса, онда мұндай құрал – *максимум бойынша тежегіш* деп аталады, егер кейбір деңгейден төмен сигнал басылып тасталса, онда мұндай құрал – *минимум бойынша тежегіш* деп аталады. Сонымен бірге сигналдарды жоғарыдан да, төменнен де басып тастайтын тежегіштер бар.

Тежегішті алудың ең қолайлы тәсілі болып диод арқылы алу есептеледі, оның анодтағы тоқтың кернеуі нөлден төмен болғанда тоқты өткізбеу құрылысын пайдалану арқылы қолдану.

Дифференциялау. Көп жағдайда импульсті құрылғыларда кіріске берілген сигналды ондағы тоқ, немесе кернеу шығысында кіріс сигналына пропорционалды емес, керісінше оның өзгеру жылдамдығына пропорционалды етіп түрлендіру қажеттілігі туындайды. Мұндай түрленудің операциясы кіріс сигналын *дифференциялау* деп аталады, ал оларды жүзеге асыратын тізбектерді *дифференциялаушы* деп атайды.

Оңтайлы дифференциялау тізбегі болып резистор мен конденсаторды бірінен соң бірін қосу есептеледі (4.11 сурет).

Интеграциялау. Көп жағдайда тізбектердегі тоқ уақыт ішінде өзгеріп жатады, осындай кезде тізбек арқылы белгілі уақыт ішінде өткен зарядқа пропорционалды кернеуді алу қажеттілігі туындайды. Осы зарядты анықтау үшін барлық уақыт аралығын кішігірім уақыт бөлшектеріне бөлу қажет, және осы аралықта белгіленген дәлділік арқылы тоқты үздіксіз деп есептеп, осы кішігірім уақыт бөлшектеріне бөлінген зарядтардың қосындысын санауға болады.

Бұл операцияны *интеграциялау* деп атайды. Интеграциялау тізбегі 4.12 суретінде көрсетілген.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ:

1. Сигналдарды қандай мақсатпен түрлендіреді?
2. Модуляциялаудың қандай түрлерін білесіз?
3. Детекторлау дегеніміз не?
4. Жиілікті тежегіштер қандай функцияларды атқарады?
5. Қандай кездерде дифференциялауды қолданады?
6. Қандай операция интеграциялау деп аталады?

ЭЛЕКТРЛІК ҚОРЕКТЕНДІРУ КӨЗДЕРІ

5.1. БАСТАПҚЫ ЭЛЕКТРЛІК ҚОРЕКТЕНДІРУ КӨЗДЕРІ

Радиоэлектронды құрылғылар өзінің функцияларын орындау үшін электрлік қоректендіру көздерінің бар болуын талап етеді. Стационарлық радиоқабылдағыштар мен теледидарлар өнеркәсіптік жиілік электржелісімен тұтынады. Еуропа елдерінде желідегі ток жиілігі 50 Гц, ал Америка Құрама Штаттарында ол 60 Гц тең. Кернеуді жаппай 220 В орнатуға тырысады, бірақ әлі 127 кернеуімен және 240 В желісі бар. Ықшам транзисторлық радиоқабылдағыштарды қоректендіру үшін 4,5... 9 В кернеуін құрайтын батареялары қолданылады.

Электрлік қоректендіру көзі – берілген жүктеме кезінде қажетті ток пен кернеумен қамтамасыз ететін құрылғы болып табылады.

Электрлік қоректендіру көздерінің сериялық шығарылымын жасап шығаратын кәсіпорындар бар, сондықтан тұтынушы өзіне қажеттісін таңдай алады. Егер пайдалану, құрылма немесе басқа ойлар бойынша сериялық жасап шығарылатын электрлік қоректендіру көздері тұтынушы талабына сәйкес келмеген жағдайда, электронды құралдың осы түріне тән, барлық ережелер мен шектеулерді есепке алып, жеке қолданыс үшін қоректендіру көздері өңделеді.

Электрлік қоректендіру көздері бастапқы және екіншілік болып екіге бөлінеді.

Бастапқы деп, химиялық реакцияның (мысалы, гальваникалық батареясы¹), жарық энергиясының жұтылуының (күн батареялары), немесе жылу энергиясының (термоэлементтер) нәтижесінде электр энергиясы алынған электрлік қоректендіру көзі есептеледі. Бастапқы электрлік қоректендіру көздеріне электрстанциялар, электрмашиналық генераторлар, аккумуляторлар, қоректендіру химиялық көздері, күн және атомдық батареяларын жатқызады.

¹ Батарея – ортақ әрекеті үшін бірыңғай жүйесіне бірнеше біртүрлі құралдарды, аппараттарды және т.б. біріктіру.

Химиялық электрлік қоректендіру көздері. Химиялық электрлік қоректендіру көздерінде белсенді бастапқы материалдардың энергиясы тікелей электрлік энергиясына түрлендіріледі. Химиялық электрлік қоректендіру көздеріне бірреттік пайдаланылатын (электролиттер¹ және электродтар²) белсенді материалдары бар гальваникалық элементтерін жатқызады.

Гальваникалық элемент тұрақты электрлік кернеу көзін білдіреді. *Гальваникалық элементінен* алынатын электрлік энергиясы тұйықталған электр тізбегіндегі элемент ішіндегі химиялық реакциясының нәтижесінде құрылады.

Гальваникалық элементі мен батареяларын сипаттайтын негізгі параметрлері электр қозғаушы күш³ (ЭҚК) (кернеу), элементтің сыйымдылығы мен сақталуы болып табылады.

Электрқозғаушы күш (кернеу) гальваникалық элементінде қолданылатын электролит және электродтардың химиялық материалдардың қасиеттеріне байланысты, және олардың мөлшеріне байланысты емес. (ЭҚК) (кернеу) вольтпен өлшенеді (В). *Гальваникалық элементінің* (ЭҚК) (кернеуін) өлшеу үшін, ажыратылған сыртқы тізбектерінде вольтметрді оның қысқыштарына қосады.

Элемент сыйымдылығы (батарея) разрядтың айтылған шарттарында (разряд соңында жүктеме кедергісі, температурасы және кернеуі) элемент бере алатын электр санымен анықтайды. *Элемент сыйымдылығы* ампер-сағатпен өлшенеді (А - с). Үлкен сыйымдылығымен батареялар ұзақ жұмыс қабілеттілігімен қамтамасыз етеді, шығу қуатын ұлғайту мүмкіндігін береді (мысалы, күшейткіш).

Элементтің немесе батареяның сақталуы, элементтің немесе батареяның барлық көрсеткіштері ескертілген техникалық шарттарға

¹ Электролиттер (электро + «бөлшектеу») - химиялық заттар мен жүйелер, оларда, ток көздері электрондар болып табылатын металдарға қарағанда, электр ауыстыруы иондарды көшіруімен жүзеге асырылады.

² Электрод (электро + гр. hodos - «жол», «бағыт») - электрхимиялық реакцияларына, оның материалы тікелей қатысатын гальваникалық элементінің құрамдас бөлігі; электролитке жүктелмеген электрод бөлігі, сыртқы электр тізбектеріне қосылу үшін қызмет етеді.

³ Электрқозғаушы күш (ЭҚК). Тізбектің бойымен ұзақ уақыт электр тогы өту үшін, кернеу көздерінің полюстарында потенциалдар айырмасын үздіксіз ұстап тұру керек. Потенциалдар айырмасын белгілейтін және қолданатын, сыртқы және ішкі кедергісінен өтіп, тізбекте ток туғызатын күшті электрқозғаушы күш деп атайды (электр энергиясының химия көздеріндегі химиялық реакция нәтижесінде ЭҚК пайда болады).

(ТШ)¹ сәйкес уақытпен сипатталады. Тіпті ажыратылған жүктеме кезінде болатын өздігінен қуатсыздану сақталуына байланысты.

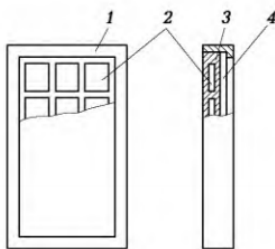
Гальваникалық элементтерді, олардың пайдалану мәліметтерін сипаттайтын әріппен және цифрлермен таңбалайды. Мысалы, 13АМГ-У-0,5 - анодты марганецті-мырыш электрохимиялық жүйесімен, әмбебап, 13В кернеуімен, 0,5 А-ч бастапқы сыйымдылығымен. Сонымен қатар, кеңінен қолданылатын батареялардың аталған жүйесімен таңбасында мынадай атауы бар болуы мүмкін (мысалы, «Крона», «Сатурн») және цифрлік - элементтер 373 («Марс»), 332 (ФБС-0,25) және т.б. Элементтер мен батареяларды окшауланған қаптамаларында (бөліктерде) сақтайды. Бұл металл бөліктерінің ықтимал коррозиясын немесе сұйықтықтың қарқынды жүктемесі кезінде (электролиттің), элементтердің (батареялардың) бөлу салдарынан монтаждау сымдарының тұйықталуын ескертеді.

Ең кең тараған құрғақ элементтер - марганецті-мырыш гальваникалық элементтер болып табылады. Олар температуралардың кең диапазонында жұмыс істейді, және шағын ішкі кедергісі бар, ол разрядтың дәрежесі мен сыйымдылығына байланысты 0,1... 10 Ом диапазонында орналасқан.

Сынап-мырышты элементтерінде герметикалық конструкция нысанында дискі бар. Олар электрқозғаушы күшінің жоғары тұрақтылығымен ерекшеленеді, ол бір жыл ішінде 0,2% өзгереді. Сынап-мырыш элементтердің ішкі кедергісі, марганецті-мырышты элементтерінен айтарлықтай жоғары. Сынап-мырышты элементтері, токтың басқа да көздерінен, көлем бірлігімен алғанда ең үлкен үлестік сыйымдылықпен ерекшеленеді. Олардың кемшіліктеріне теріс температура кезінде төмен жұмыс істеу қабілеттілігі жатады.

Күн батареясындағы электрэнергиясының шағын көздері. Күн батареялары күн сәулесінің энергиясын электрлік энергиясына түрлендіру үшін пайдаланылады. **Көлеңке мен түнде күн** батареяларын жасап шығармайды. Тұтынушыларды электр энергиясымен үздіксіз қамтамасыз ету үшін, жарықтандыру кезеңінде күн батареясымен өндірілетін энергияның бөлігі қорландырып алады, содан кейін тәуліктің қараңғы уақытында пайдаланады. Сондықтан электрмен жабдықтау шағын жүйесінде күн батареяларынан басқа тәуліктің қараңғы уақытында

¹ Техникалық шарттар (ТШ) құралдың нақты бір типіне шығарылады. Оларда қызметін, электрлік параметрлерін, пайдалану сипаттамаларын, барынша рұқсат етілген жұмыс режимін белгілейді және сынақ кезінде жарамдылығы критерийлерін, сондай-ақ электр өлшемдерінің схемалары мен режимдерін белгілейді, механикалық және климаттық жүктемелер мәндерін көрсетеді.



Сур.5.1. Күн батарея панелінің конструкциясы:
1 – метал жиектемесі; 2 – кремний пластинасы; 3 – герметик; 4 - шыны

зарядталатын аккумуляторлық батареясы бар.

Күн элементтері кристалдық немесе аморфты кремний негізінде орындалған жартылай өткізгіш аспаптар болып саналады. Күн элементтерін модульдерге біріктіреді, модуль - панельдерге. Күн элементтерін орналастыру үшін негіз ретінде 2...3 мм қалыңдығымен беттік кварцты шыны пайдаланады. Ультракүлгін сәулелердің әсеріне тұрақты желіммен күн элементтері шыныға бекітіледі. Күн элементтері арасындағы байланыс ток алмалы шина көмегімен жүзеге асырылады. Күн элементтері орнатылған шыныны бейіндік металл рамкасына бекітіп, алынған конструкциясы климат төзімді полимерлік термоқоспамен герметикалады. Термоқоспамен кремний пластиналар мен шыны толтырылады (сур. 5.1).

Пайдалы әрекет коэффициенті 12... 14 % күн элементтерін құрайды.

5.2. ЕКІНШІЛІК ЭЛЕКТРЛІК ҚОРЕКТЕНДІРУ КӨЗДЕРІ

Электр энергиясы тұтынатын құралы ретінде, электрондық құрал жалпы түрде электрмен қоректендіру көзден және жүктемеден (тұтынушы) тұрады. Электрондық құралдардың әр түрлері үшін схемотехникалық және конструктивтік шешімдерімен электр қоректендіру көздері талап етіледі. Кейбір радиоэлектрондық құралдары үшін (ЭЕМ, тұрмыстық-электрондық техника және т. б.) өнеркәсіппен бір сериямен шығарылған электрмен қоректендіру жүйесін немесе көздерін таңдауға болады, басқалардың сапалы жұмыс үшін арнайы әзірленген электрмен қоректендіру жүйесі талап етіледі.

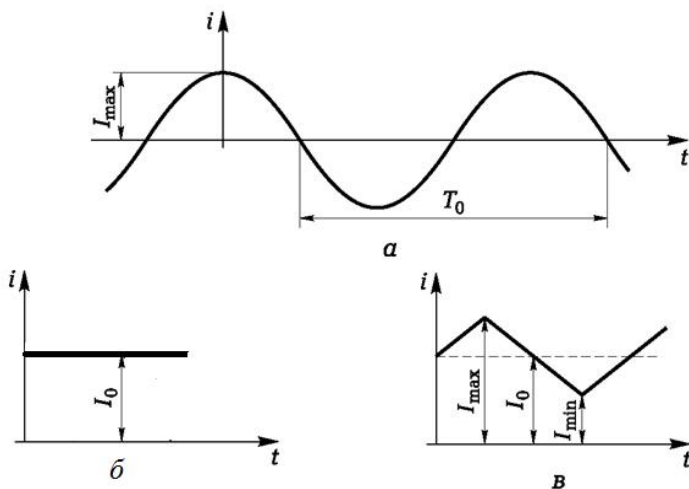
Күшейткіш құрылғылардың, сондай-ақ кез келген басқа да электрондық тораптар мен жүйелердің ажырамас бөлігі электр қоректенудің екіншілік көздері болып табылады, оларды сапа мен түрмен талап ететін электр энергиясымен қамтамасыз етеді. Бұл электр энергиясы бастапқы электрлік қоректендіру көздерімен өндіріледі. Электрлік қоректендіру бастапқы көздері, оларға әр түрлі электрондық аппаратурамен қойылатын талаптарға әрқашан да қанағаттандырмау мүмкін. Сондықтан, электрлік қоректендіру бастапқы көзі мен электрондық жүйесі арасында электрлік қоректендіру екіншілік көзі деп аталатын арнайы түрлендіргіш құрылғысын қосады.

Электрлік қоректендіру көзі *екіншілік* деп аталады, егер электрлік қоректендіру көзінде бір тектес электр кернеуі басқа тектес электр кернеуіне түрлендірілетін болса.

Электрлік қоректендіру екіншілік көздерінде ауыспалы, тұрақты және жүріп тұратын токтар түрлендіріледі (сур. 5.2).

Ток ауыспалы деп аталады, ол шама мен белгі бойынша уақытпен өлшенеді (сур. 5.2, а). Ауыспалы ток I_{max} амплитудасымен, ω (немесе f) жиілігімен, I_{cp} токтың орта мәнімен және I ток қолданыстағы мәнімен сипатталады.

Тұрақты токты деп айтамыз, ол уақытпен өзгерілмейді (сур. 5.2, б). Тұрақты ток I_0 тұрақты ток мәнімен сипатталады.



Сур. 5.2. Ток өзгерісінің графигі:

a — ауыспалы; $б$ — тұрақты; $в$ — жүріп тұратын; t — уақыт; T_0 — кезең; I_0 — токтың тұрақты құрамы; I_{max} — токтың максималды амплитудасы; I_{min} — токтың минималды амплитудасы

Жүріп тұратын ток деп айтамыз, өзінің шамасын өзгертетін, бірақ бағытын өзгерте алмайтынды (сур. 5.2, в). *Жүріп тұратын* ток орта мәнімен сипатталады, ол электрлік қоректендіру екіншілік көздерінде қолданылады, әдетте I_0 түзетілген ток тұрақты құрамдас, k_n пульсация коэффициенті және пульсация жиілігі деп аталады. Электрлік қоректендіру екіншілік көздерінің шығу кернеуінің k_n пульсация коэффициентінің мәні кең шектерінде өзгеруі мүмкін.

Әдетте электрлік қоректендіру екіншілік көздерінде ауыспалы кернеудің тұрақты кернеуіне түрлендіруі болады. Кейде бір шаманың тұрақты кернеуін басқа шаманың кернеуіне түрлендіруі талап етіледі. Осы амалдар үшін, сондай-ақ электрлік қоректендіру екіншілік көздері пайдаланылады. Алайда, кернеудің қарапайым бөлгішін мен трансформаторды электрлік қоректендіру екіншілік көздері деп санауға болмайды, өйткені осы құрылғыларда қандай да бір аралық түрлендіргішсіз қарапайым кернеудің «масштабауы»¹ жүреді. Көпшілік жағдайда, электрлік қоректендіру екіншілік көздері үшін энергия көзі болып 50 Гц жиілігімен ауыспалы ток желісі қызмет етеді. Электрлік қоректендіру екіншілік көзі, осы электрлік қоректендіру көзімен қоректенетін құрылғымен бір корпуста бірігу мүмкін (мысалы, теледидарларда), немесе жеке стационарлық немесе жылжымалы блок арқылы бөліну мүмкін.

Электрлік қоректендіру екіншілік көздеріне аккумуляторлар мен қоректендіру блоктары жатады.

Аккумуляторлар. Аккумуляторлар, бір-бірінен бөлек оң және теріс пластиналар орналасқан электролитпен толтырылған ыдыс құрылғысы болып табылады. Гальваникалық элементтерінен айырмашылығы, аккумулятор бірнеше рет пайдаланылуы мүмкін, электр тогының өткізу бағытымен, разряд кезінде ток кері бағытымен заттың химиялық энергиясының қалпына келтіру есебінен. Аккумуляторды зарядтау дегеніміз, оны тұрақты кернеу көзіне қосу. Электролиз² үрдісінің нәтижесінде аккумулятор пластиналарының химиялық жағдайы өзгереді және потенциалдардың анықталған айырмасы орнатылады. Жақсы пайдаланған жағдайында олар 500 циклдер заряд-разрядты жіберу мүмкін.

¹Масштабау — өзгеріс (ұлғайту немесе азайту).

²Электролиз — электр тогының әсерінен электролиттердің таралуы. Сұйық өткізгіштері бойынша ток өтіп, олардың құрамдас бөліктеріне таратады. Сондықтан, бірінші текті өткізгіштер деп аталатын металл өткізгіштерінен айырмашылығы, сұйық өткізгіштер екінші текті өткізгіштер деп аталады.

Аккумуляторлардың мынадай түрлері қолдануды табады және олардан жасалған аккумуляторлық батареялардан құрылған:

- қорғасын-қышқылды (ҚҚ);
- никель-кадмийлі (НК);
- никель-темір (НТ);
- күміс-мырышты (КМ);
- никель-мырыш (НМ);
- никель-сутегі (НС).

Аккумуляторлардың кейбір типтерінің параметрлері кесте 5.1. келтірілген.

Қоректендіру блогы. Электронды құрылғыларда кернеу мен ток көздері қолданылады. Кернеу көзі, оларға қосылған жүктеме шамасына тәуелсіз, өзінің шығу бөліктеріне қарамастан, кернеудің тұрақтылығымен қамтамасыз етеді. Нақты кернеу көзінде нөлден бастап, бірақ өте аз шығыс (ішкі) кедергісі бар. Ток көзі оның параметрлеріне қарамастан, қолдауға бағытталған тұрақты ток жүктемесімен қамтамасыз етеді.

Токтың нақты көзіндегі ішкі кедергісі, шексіз үлкен болмаса да, бірақ зор. Осындай көздердің практикалық іске асыруы электрондық тізбектер көмегімен жүзеге асырылады. Неғұрлым кеңінен электрлік қоректенудің екіншілік көздері қолданады, өнеркәсіптік және арнайы желілерінің электрлік қоректендірудің ауыспалы кернеуді тұрақтыға түрлендіреді. Қоректендіру көздерінде ауыспалы ток энергиясын тұрақты ток энергиясына түрлендіруді түзеткіштер жүзеге асырады, тұрақты токтың энергиясын ауыспалы ток энергиясына түрлендіру – инверторлар жүзеге асырады.

Кесте 5.1

<i>Аккумулятордың типi</i>	<i>Ажыратылған тізбек кернеуі</i>	<i>Жұмыс кернеуі, В</i>	<i>Жұмысы, цикл</i>	<i>Қызмет мерзімі, жыл</i>	<i>Өзгарад, % айына</i>
ҚҚ	1,80	1,4... 1,5	30...1 000	0,5...2,0	2,0...4,0
НМ	1,83	1,6... 1,7	100...300	3,0...5,0	10,0...15,0
НК	1,36	1,0.1,2	300...700	8,0...10,0	30
КМ	2,00	1,6.2,0	150...200	2,0...4,0	30

Электрлік қоректендіру екіншілік көздері шығу қуатының шамасы бойынша бөлінеді:

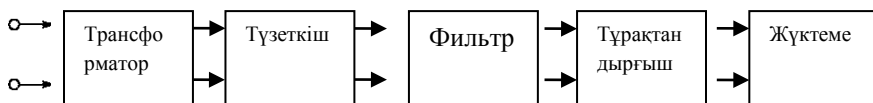
- аз қуатты — 100 Вт дейін;
- орташа қуатты — 10 кВт дейін;
- үлкен қуатты — 10 кВт жоғары.

Қазіргі уақытта электрлік қоректендіру екіншілік көздері олардың функциядары мен қызметіне қарамастан, екі құрылымды схемалар бойынша құрылады. Тұрақты қарапайым электрлік қоректендіру екіншілік көздерінің функционалды схемасы сур. 5.3. көрсетілген.

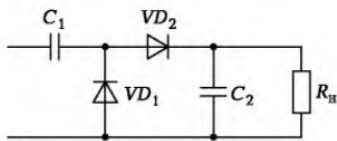
Электрлік қоректендіру екіншілік көздерінің негізгі элементтері күш трансформатор, түзеткіш, тегістеу сүзгі және стабилизатор болып табылады.

Трансформаторлар оның екінші реттік орамасындағы қажетті кернеуді алу үшін электрлік қоректендіру екіншілік көздерінің схемасында қолданылады. Трансформатор ауыспалы кернеудің шығу шамасын арттыру немесе азайту үшін қызмет етеді. Қоректендіру блогындағы кернеу шығысы кіріс синусоидалы кернеудің максималды мәнімен шектелген. Жоғары тұрақты кернеу қажет болған жағдайда ұлғайтатын трансформатор пайдаланылады. Өнеркәсіппен шығаратын Трансформаторлар номенклатурасы, жеткілікті кең және егер қандай да бір ерекше талаптар болса, тізімде берілген трансформаторлар пайдалану мүмкін.

Бірақ жоғары тұрақты кернеу ұлғайтылмаған трансформатор арқылы алынуы мүмкін. Трансформаторсыз жоғары тұрақты кернеуді алуға қабілетті тізбектерді *кернеу көбейткіші* деп аталады. Жиі кернеу еселігіш мен үштік көбейткіштері қолданады. Бір жартылайкезеңдік еселігіш сур. 5.4. көрсетілген. Ол тұрақты кернеуді шығарады, онда ауыспалы кернеудің кіріс максималды мәні екі есе артық. Бір жартылайкезеңдік еселігіш алынған кернеу қиын сүзіледі, себебі пульсация жиілігі 50 Гц. Басқа бір кемшілігі, онда конденсатор C_2 есептелген болуы тиіс, ауыспалы кернеудің кіріс максималды мәні кем дегенде екі есе артық болу керек.



Сур. 5.3. Электрлік қоректендіру екіншілік көздерінің функционалы схемасы



Сур. 5.4. Кернеудің біржартылайкезеңдік еселігіш электрлік схемасы:
 C_1 және C_2 — конденсаторлар; VD_1 және VD_2 — диодтар; R_H — жүктеме кедергісі

Кернеудің екілік жартылайкезеңдік еселігіш кернеудің біржартылайкезеңдік еселігіштен бос.

Түзеткіш электрондық түрлендіргіштердің көмегімен ауыспалы ток жүріп-тұратын вольтамперлік сипаттамасын өзгертілетін құрылғыны білдіреді. Электрондық түрлендіргіштері ретінде жие күш жартылай өткізгіш диодтар пайдаланылады. Түзеткіштер ауыспалы кернеуді тұрақты кернеуге түрлендіру үшін қызмет етеді. Ең кең тараған түзеткіштің *біржартылайкезеңдік*, *екілікжартылайкезеңдік* және *көпірлік схемалар*.

Қазіргі заманғы түзеткіштерде *біржартылайкезеңдік* схемасы өте сирек пайдаланады, өйткені, трансформатордың екіншілік орауы тек жартылай кезеңінде жұмыс істейді. Сонымен қатар, осындай схема арқылы түзетілген, кернеуде өте жоғары пульсация коэффициенті (k_n), оның тегістеуін қиындатады. Тәжірибеде жиі *екілікжартылайкезеңдік* схемасы пайдаланады. *Екілікжартылайкезеңдік* схемасында трансформатор екінші реттік орамасының жартысынан кернеу алынады. Әрбір диода енгізілген мұндай схемасында, ток *біржартылайкезеңдік* қарағанда екі есе аз өтеді. *Екілікжартылайкезеңдік* схемасындағы пульсация коэффициенті айтарлықтай төмен. Оның кемшілігі трансформаторының екінші реттік орамасының кернеу ортасынан бөлу болып табылады және трансформаторының екінші реттік орамасының кернеу толық пайдаланылмайды.

Бұл кемшіліктер *көпір схемасында* жойылған. *Көпірлік* сызбасының ерекшелігі трансформатордың екіншілік орамасындағы ортасының жоқтығы болып табылады, сондықтан *көпірлік* схемасында түзетілген кернеудің бір мәнін алу үшін (екіншілік реттік орамасының ортасынан кендік бөлумен салыстырғанда) екі есе аз саны бар ораммен алу. Пульсация жиілігі және пульсация коэффициенті түзетілген кернеудің *көпірлік* схемасы кендік бөлумен ортасынан екіншілік реттік орамасының схемасы сияқты.

Қарастырылған ауыспалы тоқты түзету схемалары түзетілген, жүріп-тұратын кернеуді алуға мүмкіндік береді. Электрондық құралдарды қоректендіру үшін жүріп-тұрушы кернеу жарамсыз, ол ауыспалы токтың фонын туғызады, бұрмалау сигналдарына әкеп соғады және құралдың тұрақсыз жұмысын көрсетеді. Түзетілген кернеудің құрамында пульсациялар деп аталатын айнымалылар бар. Пульсациядан тегістеу сүзгілер көмегімен өшіріледі.

Сүзгіні k_n пульсация коэффициентін төмендету үшін кейін қояды, өйткені түзеткіштің шығысында пульсация коэффициентінің мәні неғұрлым жоғары. Тегістеу сүзгілерін түзетілген кернеу құраушысын (пульсациясын) төмендету үшін қолданады. Олар тұрады реактивтік элементтерінен (конденсаторлар, индуктивтілік шарғылар (дроссели ¹) құралады (сур. 5.5).

I_0 түзетілген тұрақты ток құрамы жүктемеге бағытталады, ал қажетсіз i_n айнымалы құрамы, жүктемеге қарамай, конденсатор арқылы тұйықталады. Конденсатордың және дроссель сүзгі жұмысының физикалық мәнінің құрамында, яғни, конденсатор (әдетте сыйымдылығы үлкен) жүктемеге параллель қосылған, түзетілген кернеу импульстің өсуіне байланысты зарядталады, және олардың кемуіне байланысты разрядталады, сонымен қоса оның пульсациясы арқылы тегістейді.

Дроссель, керісінше, түзетілген ток импульстары өскен сайын, өзіндік индукцияның электрқозғаушы күш әрекетінің нәтижесінде ток өсуіне бөгет жасайды, ал егер импульстар кему жағдайында, оның кемуіне бөгет жасап, жүктеме тізбегінде ток пульсациясын тегістейді. Екінші жағынан, конденсатор және дроссель энергия резервуарлары болып табылады. Олар оны жинақтайды, жүктеме тізбегінде токтың орташа мәніне келгенде, және ток орташа мәнінен төмен болған жағдайды оны жібереді. Бұл пульсация тегістеуіне әкеледі.

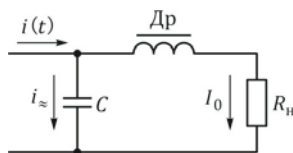
Ең кең тараған тегістеу сүзгілерінің электрлік схемалары сур.5.6. көрсетілген.

Тегістелген П-бейнелі LC-сүзгілер (сур. 5.6, а) I_0 тұрақты ток тегістеу құраушысы, Др дроссель арқылы еркін өтіп, сосын жүктемеге түсіп, трансформатор арқылы тұйықталады

¹ Дроссель арнайы магниттік материалдан құралған ортасы бар индуктивтілік шарғыдан тұрады.

Сур. 5.5. Тегістеу сүзгінің электрлік схемасы:

C — конденсатор; Dp — дроссель; R_H — жүктеме кедергісі; $i(t)$ — жүріп-тұратын ток; I_0 — тұрақты ток құраушысы; i^* — ток ауыспалы құраушысы



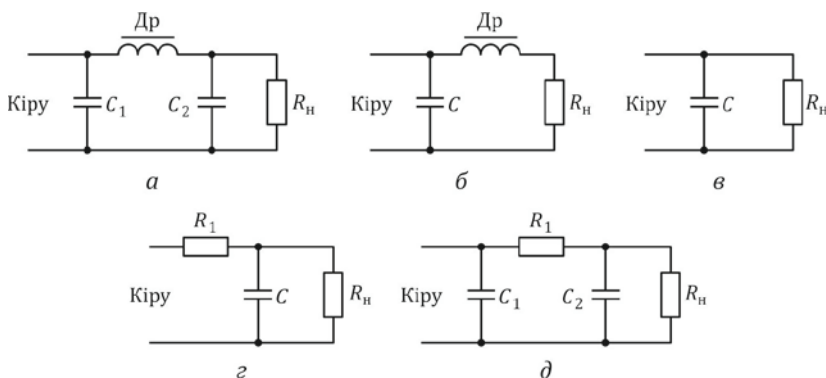
Ауыспалы құраушылар, C_1 және C_2 үлкен сыйымдылықтар арқылы тұйықталып, жүктемеге өтпейді.

Жүктеменің шағын токтарында Г-бейнелі сүзгілер жұмыс жасайды (сур. 5.6, б). Жүктеменің аз токтарында тегістеу сүзгілері ретінде конденсатор (RC-сүзгілер) қосу мүмкін (сур. 5.6, в), осыны тасымалы радиоқабылдағыштар мен магнитолаларда жасайды. Кейде, дроссельді резистормен алмастырады, сүзгілеу сапасы төмендейді, бірақ сүзгі арзанға түседі (сур. 5.6, з, д).

Ең жауапты жағдайларда көпбөлікті тегістеу сүзгілері пайдаланылады, олар бірнеше П-бейнелі, немесе Г-бейнелі LC- және RC-сүзгілерден тұрады.

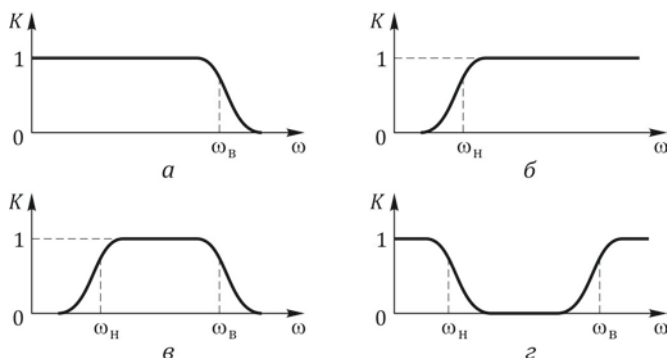
Тегістеу сүзгілерін түзеткішпен сүзгі арасына қосады. Сүзгі теориясында шектік жиіліктерді кесу жиілігі деп атауға болады және оны ω_c деп белгілейміз.

Сүзгілердің амплитудалы-жиілік сипаттамасы сур.5.7. көрсетілген.



Сур. 5.6. Сүзгілердің электрлік схемалары:

a — П-бейнелі LC-сүзгісі; $б$ — Г-бейнелі сүзгісі; $в$ — конденсатормен тегістеу сүзгісі; $г, д$ — дроссельдердің орнына резисторды пайдаланатын тегістеу сүзгісі; R_K — жүктеме кедергісі; R_1 — дроссельді алмастыратын кедергісі; C, C_1, C_2 — конденсаторлар; Dp — дроссель (Вход-кіріс)



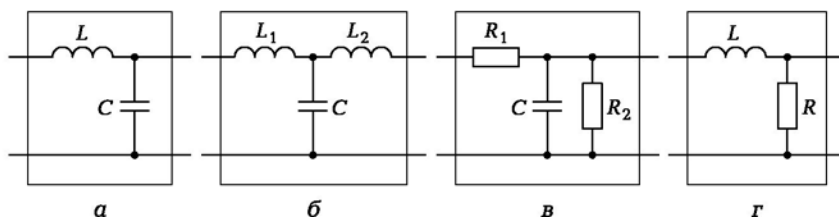
Сур. 5.7. Сүзгінің амплитудалы-жиілік сипаттамасы:

a — төменгі жиілік; $б$ — жоғарғы жиілік; $в$ — жолақ; $г$ — режекторлық; ω — жиілік ағымды мәні; ω_H — төменгі жиілік; ω_B — жоғарғы жиілік; K — күшейту коэффициенті

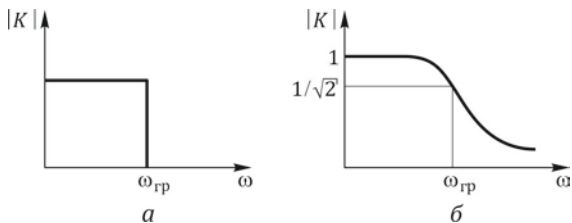
Төменгі жиілікті сүзгілер төменгі жиілік тербелістерін бөледі және жоғары жиілікті тербелістерін төмендетеді. Тербеліс тізбекті контурлары бар төменгі жиілікті сүзгілердің көптеген схемалары бар (сур. 5.8). LC-сүзгінің реактивті элементтер санының ұлғаюы амплитудалы-жиіліктік сипаттамасын кемшіліксіз сүзгіге жақындатуға мүмкіндік береді.

Төменгі жиілікті сүзгінің амплитудалы-жиіліктік сипаттамалары сур. 5.9 көрсетіледі.

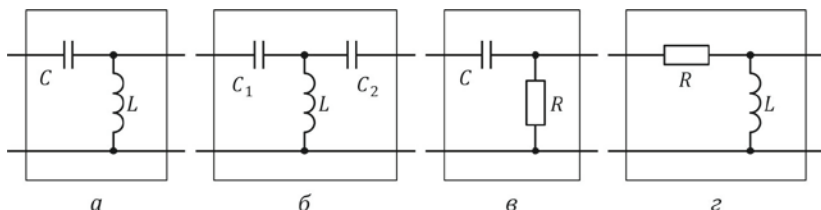
Жоғарғы жиілікті сүзгілер жоғары жиілікті тербелістерге әкеп соғады және төменгі жиілікті тербелістерді жояды. Жоғарғы жиілікті сүзгілер схемалары сур. 5.10 көрсетіледі. LC-сүзгінің реактивті элементтер санының ұлғаюы амплитудалы-жиіліктік сипаттамасын кемшіліксіз сүзгіге жақындатуға мүмкіндік береді.



Сур. 5.8. Тербеліс тізбекті контурлары бар төменгі жиілікті сүзгілердің схемалары: C — конденсатор; R, R_1, R_2 — резисторлар; L, L_1, L_2 — индуктивтілік шарғылар



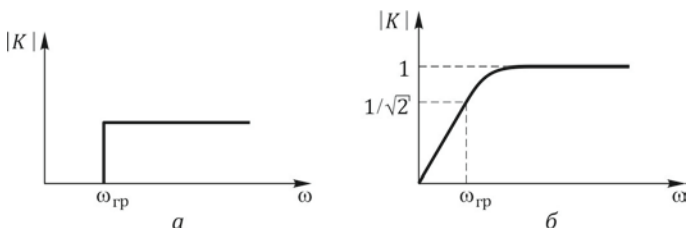
Сур. 5.9. Төменгі жиілікті сүзгінің амплитудалы-жиіліктік сипаттамалары: a — кемшіліксіз; $б$ — нақты; $|K|$ — жіберу коэффициент модулі; $\omega_{гр}$ — шектік жиілігі; ω — жиіліктің ағымды мәні



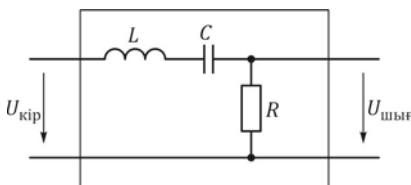
Сур. 5.10. Жоғарғы жиілікті сүзгілер схемалары: C — конденсатор; R — резистор; L — шарғы индуктивности

Жоғарғы жиілікті сүзгінің амплитудалы-жиіліктік сипаттамалары сур. 5.11 көрсетіледі.

Жолақ-жіберу (жолақ) сүзгілер жиіліктің нақты жолағында жібереді $\omega_{гр1} = \omega_{min}$ бастап $\omega = \omega_{max}$, ал басқа жиіліктегі тербелістер — бұдан жоғары, бөдан төмен — нашарлайды.



Сур. 5.11. Жоғарғы жиілікті сүзгінің амплитудалы-жиіліктік сипаттамалары: a — кемшіліксіз; $б$ — нақты; $|K|$ — жіберу коэффициент модулі; $\omega_{гр}$ — шектік жиілігі; ω — жиіліктің ағымды мәні



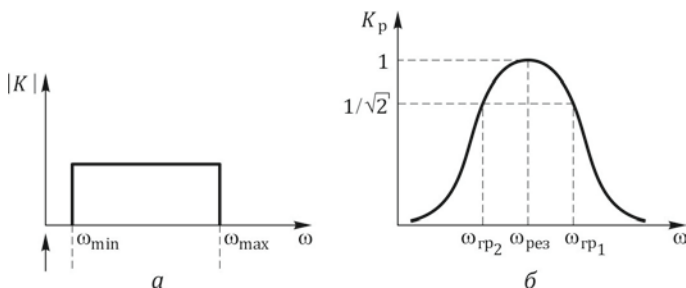
Сур. 5.12. Тізбекті тербеліс контурымен
 C — конденсатор; R — резистор; L — индуктивтілік шарғысы; U_{BX} — кіріс кернеуі; $U_{BЫX}$ — шығыс кернеуі

Осы жолақтан тыс сүзгі қажет емес сигналдар мен кедергілерді өткізуге тыйм. Нақты жағдайда амплитудалы-жиілік сипаттамасы қажет жолақта жиіліктің өзгеруі төмен. Жіберу коэффициенті жіберу жолағында $\sqrt{2}$ есе төмендейді. П-бейнелі амплитудалы-жиілік сипаттамасының жуықтау дәрежесі сүзгінің сапасын сипаттайды.

Белсенді элементінен шығыс сигналын алғанда, L , C , R тізбекті тербеліс контуры бар жолақ сүзгісі сур.5.12 көрсетілген.

Жолақ сүзгінің амплитудалы-жиілік сипаттамасы сур.5.13 көрсетіледі.

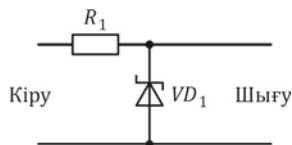
Стабилизатор (тұрақтандырғыш) кернеу жүктемесінде немесе ток жүктемесінде өзгерген кезде кернеуді қоректендіретін тізбектер тұрақтылығын немесе жүктеменің өзгеруімен қамтамасыз етеді. Шығу кернеуі тізбегінің өзгеруі мүмкін, бұл кіріс кернеудің өзгеруі мүмкін. Өзгеруі мүмкін, сондай-ақ жүктеме кедергісі, тұтынатын электр тогының өзгертілу мүмкін.



Сур. 5.13. Жолақ сүзгінің амплитудалы-жиілік сипаттамасы:

a — кемшіліксіз; b — нақты; ω — жиілік; ω_{min} — минималды жиілігі; ω_{max} — максималды жиілігі; K_p — жібері резонанс коэффициенті

Сур. 5.14. Стабилитрон қолдануымен параллель стабилизатордың электрлік схемасы:
Rj — резистор; VD₁ — стабилитрон



Көптеген электрлік тізбектер анықталған кернеумен жұмысына есептелген. Кернеудің өзгерісі тізбек жұмысына байланысты. Сондықтан қоректендіру блогы кіріс кернеу немесе жүктеме өзгерісіне қарамай тұрақты шаманың шығыс кернеуімен қамтамасыз ету керек.

Шығыс кернеудің өзгермейтін шамамен қамтамасыз ету үшін кернеу стабилизаторы қолданылады. Кернеу стабилизаторы тұрақты деңгейде шығыс кернеуді ұстап тұрады.

Кернеу стабилизаторының екі негізгі типі бар:

- параллель;
- тізбекті.

Параллель стабилизаторын параллель түрінде жүктемесіне қосады (сур. 5.14). VD₁ стабилитроны¹ R₁ резисторымен тізбекті түрде қосылған.

Кіріс тұрақты кернеу стабилитрон мен резисторға салынады және стабилитронды кері бағытта ауыстырады. Кіріс кернеуі стабилитрон тұрақтандыру кернеуінен қарағанда жоғары болуы тиіс.

Резистор шағын ток өтуіне мүмкіндік береді және ойық саласындағы стабилитронмен қамтамасыз етеді.

Сур. 5.14. тізбек кіріс кернеу өзгерген кезде тұрақты шығыс кернеуімен қамтамасыз етеді. Шығыс кернеуі стабилитронды және R₁ тізбектей қосылған резистордың ауыстыруына байланысты көбейтілуі немесе азайтылуы мүмкін. R₁ тізбектей қосылған резисторы арқылы ток жүктемесі мен стабилитрон сомасы өтеді. Бұл резисторды іріктеп алады, сондықтан ток стабилитрон арқылы оны тұрақтандыру облысында ұстап қалады. Жүктеме арқылы ток артылған жағдайда, ток стабилитрон арқылы азаяды және осы токтардың сомасы кернеуді тұрақты ұстап тұрады. Бұл шығыс ток өзгерген кезде, сонымен қатар, кіріс кернеу өзгерген кезде, тұрақты шығыс кернеуімен қамтамасыз етеді.

¹ Стабилитрон (лат. stabilis — «тұрақты») — бұл қоректендіруші желілерінде олардың тербелісінен және жүктемеге рұқсат етілген өзгерістерінен тәуелсіз берілген шектерде кернеуді, жиілікті немесе ток күшінің автоматты түрде ұстап тұратын құрылғы.

VT_1 транзисторы қолданылатын параллель реттеуші тізбек сур.5.15 көрсетілген. VT_1 транзисторы жүктемеге параллель қосылған.

Бұл стабилизаторды жүктемеде қысқаша тұйықталу жағдайында қорғайды.

Күрделі параллель стабилизаторлары бар, олар бір стабилизатордан көп қолданады.

Тізбекті стабилизаторларда параллельге қарағанда, кең қолданысы бар, өйткені олар тиімді жән кішігірім қуатты таратады. Тізбекті стабилизаторды жүктемеге тізбектеп қосады. Сонымен қатар, тізбекті стабилизатор басқару құрылғысы ретінде жұмыс жасайды, жүктемеде қысқаша тұйықталудан элетрлік қоректендіру көзін сақтайды.

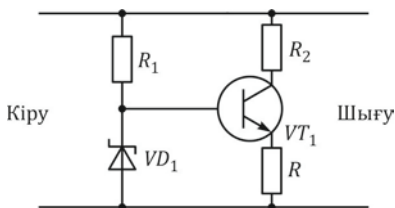
Қарапайым тізбекті стабилизатор сур.5.16 көрсетілген. Оның кірісіне тұрақтандырылмаған тұрақты кернеу беріледі, ал шығуында кіріс кернеу шамасынан аз тұрақтандырылған тұрақты кернеу алынады.

Соңғы жылдары стабилизаторлардың орнына, дискретті компоненттерінде, жие интегралды микросхемалар негізіндегі стабилизаторлар пайдаланылады.

Олар арзан және қолданыста қарапайым болып келеді.

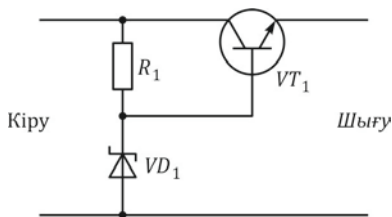
Интегралды микросхемалар негізіндегі стабилизаторлардың көбінде үш шығысы (кіру, шығу және жер) бар және түзеткіш сүзгінің шығысына тікелей қосылуы мүмкін.

Интегралды микросхемалар негізіндегі стабилизаторлар оң, не теріс полярлы шығыс кернеудің кең диапазонын алады.



Сур. 5.15. Транзистор қолдануымен параллель стабилизатордың электрлік схемасы:

R_1 және R_2 — резисторлар; VD_1 — стабилитрон; VT_1 — транзистор



Сур. 5.16. Тізбекті стабилизатордың электрлік схемасы:

R_1 — резистор; VD_1 — стабилитрон; VT_1 — транзистор

Сонымен қатар, екіполярлы кернеу стабилизаторлары бар. Егер стандартты микросхемалар арасында қажет кернеуімен стабилизатор болмаса, онда реттелетін кернеуімен микросхеманы пайдалануға болады.

Кернеу стабилизаторын сүзгіден кейін қосады.

Екіншілік электрлік қоректендіру жүйесі ауыспалы және тұрақты ток тұрақтандырылған кернеуімен радиоэлектронды құрылғыларды қамтамасыз етеді, сондай-ақ желілік және коммутациялық кедергі сүзгімен, басқаруымен, бақылау және қорғауымен жүзеге асырады.

Автономды объектілерді қоректендіру үшін пайда болған анықтаушы түрі ретінде интегралдық кернеу стабилизаторы болып табылатын, бірліктен ондыққа дейін ватт жұмыс қуатымен бірыңғай электронды құралдың түріндегі күштік интегралды микросхемаларды пайдаланады, оларды электр энергиясын тұтынушыларына тікелей жақын орналастыруға мүмкіндік берді, сонымен екіншілік электрлік қоректендіру жүйелерін құру жаңа тәсілдерін ашты. Пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК) арттыру үшін кернеуді импульсті реттеуімен, екіншілік электрлік қоректендіру көздері пайдаланады.

Шығыс кернеудің сапасына байланысты электрлік қоректендіру көздерін тұрақтандырылатын және де тұрақтандырылмайтын деп ажыратады.

Электрлік қоректендірудің тұрақтандырылатын көздері берілген деңгейде әсер еткен жағдайда, мысалы, кіріс кернеудің, шығу токтың, қоршаған ортаның температурасының өзгерістері кезіндегі, шығыс кернеуінің тұрақтылығымен қамтамасыз етеді. Олардың құрамында шығыс кернеу тұрақтандыруын жүзеге асыратын функционалдық торабы бар.

Электрлік қоректендірудің тұрақтандырылмайтын көздерінде кернеу тұрақтандыруын жүзеге асыратын функционалдық торабы жоқ.

Екіншілік электрлік қоректендіру көздерін сипаттайтын негізгі электрлік көрсеткіштеріне келесі жатады:

- екіншілік электрлік қоректендіру көзі шығысындағы тұрақты кернеу шамасы – түзетілген кернеу немесе жүктемедегі кернеу, E_0 ;
- шығыс ток тұрақты құраушысы – номиналды орташа түзетілген ток, I_0 ;
- шығыс кернеу пульсацияның коэффициенті (ток), k_n ;
- ауыспалы ток үшін екіншілік электрлік қоректендіру көзінің шығыс кедергісі, $L_{\text{вых}}$.

k_n *пульсация коэффициенті* дегеніміз түзетілген кернеудің бірінші гармоника амплитудасының түзетілген кернеудің орташа мәніне қатынасы.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Бастапқы мен екіншілік қоректендіру көздерінің айырмашылығы неде?
2. Бастапқы қоректендіру көздерінің жұмысының негізіне қойылған қандай химиялық процесстер бар?
3. Аккумуляторлар нені білдіреді?
4. Қандай мақсатпен трансформаторлар пайдаланылады?
5. Түзеткіштер қандай қызмет жасайды?
6. Сүзгіні қай жерде пайдаланады?
7. Стабилизаторлардың қандай түрлерін сіз білесіз?

ШОҒЫРЛАНҒАН ПАРАМЕТРЛЕРІМЕН ТІЗБЕКТЕР

6.1.

РАДИОТЕХНИКАЛЫҚ ТІЗБЕКТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

Электрлік тізбектер электррадиоэлементтерден (резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік шарғылар, жартылайөткізгіш құралдар, электронды шамдар) және біріктіру сымдарынан құрылған. Сигнал тізбегіндегі әсер ететін энергияны ұлғайта алмайтын электрлік тізбектердің элементтері *пассивті деп аталады. Пассивті элементтеріне* резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік шарғылар, трансформаторлар мен сымдар жатады.

Резисторлар. Егер үлкен белсенді кедергісімен элементтер қажет болған жағдайда, резисторлар¹ пайдаланылады. *Резистор* — бұл оның электрлік кедергісін қолдану үшін арналған электрлік тізбектің элементі. Резистордың негізгі ерекшелігі, ондағы электрлік энергиясы жылу энергиясына түрлендіріліп, таратылады. Резисторлар дискреттік² элементтер жалпы санының 30... 50% құрайды.

Резисторлардың негізгі түрлерінің сыртқы түрі сур. 6.1 көрсетіледі.

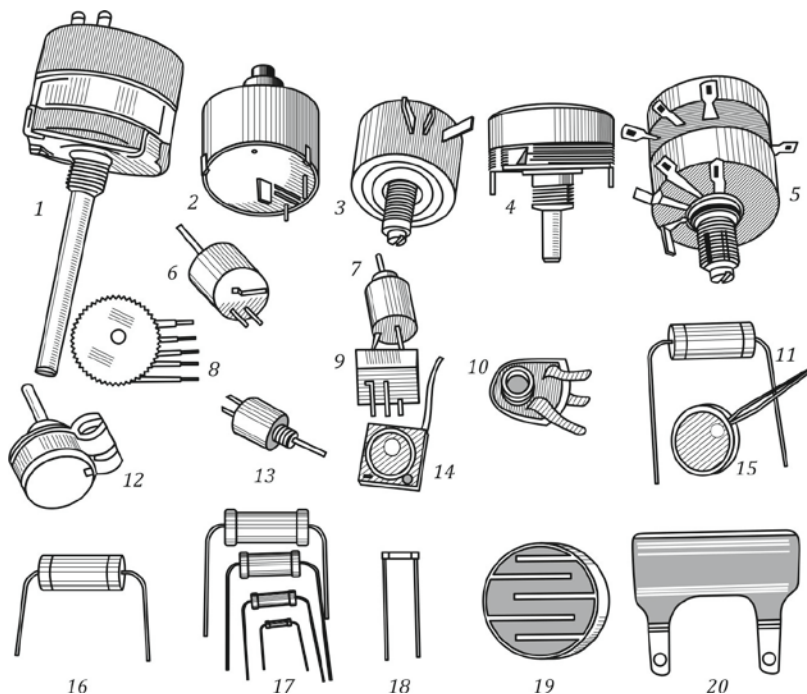
Резисторлардың негізгі параметрлеріне номиналды кедергі, номиналды қуат және тұрақтылық жатады. Резистордың *номиналды кедергісі* $R_{\text{ном}}$ және оның мүмкін ауытқуын корпуста белгілейді. *Номиналды қуат* — бұл рұқсат етілген шектері параметрлердің ауытқысыз ең жоғары таратылатын қуат. *Тұрақтандыру* — қоршаған орта параметрлерінің, пайдалану шарттарының өзгерісі кезінде уақытпен кедергінің шамасын сақтау және т.с.с.

Резисторлардың тізбекті және параллель біріктіруін кең пайдаланады.

Резисторлардың тізбекті қосылуының мысалы болып көрсетілмейтін тізбек болып келетін кернеудің бөлгіштері (сур.6.2) табыпалы

¹ Резистор (*лат. resisto* — «қарсыласпын»).

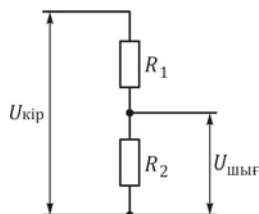
² Дискретті элемент (*лат. discretus* — «жеке элемент»).



Сур. 6.1. Резисторлардың негізгі түрлерінің сыртқы түрі:

14, 15, 16, 17 — тұрақты резисторлар; 2, 3, 4, 6, 8, 11 — ауыспалы резисторлар; 5 — ауыспалы екілік резистор; 1 — сәндірігішпен ауыспалы резистор; 7, 9, 10, 12, 13 — өзгертпелі резисторлар

Екі резистор R_1 және R_2 тізбектеп қосылады. Шығыс кернеуі $U_{\text{ВЫХ}}$ кіріс кернеуі арқылы $U_{\text{ВХ}}$ анықтайды $U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} R_2 / (R_1 + R_2)$. Кернеу бөлгіштерін егер кіріс кернеуі үлкен болған жағдайда берілген тұрақты немесе ауыспалы кернеуді алуға мүмкіндік береді. Мұндай бұрмалайтын бөлгіш тізбекке қосылатын осциллограф кабелінің тұйықтауыш сыйымдылығының әсерін төмендету үшін электрондысәуелілік осциллографты жоғарғы жиілік радиотехникалық схемаларға қосқанда қолданылады.



Сур. 6.2. Кернеу бөлгішінің схемасы:

R_1 және R_2 резисторлар; $U_{\text{ВХ}}$ кіріс кернеуі, $U_{\text{ВЫХ}}$ шығыс кернеуі

Резисторларды тізбекте электр тоқты шектеу, кернеу мен тоқты сүзгіден өткізу, жекелеген учаскелерінде тізбекте кернеуді қажетті құру және т. б. үшін пайдаланады.

Резистивті элемент конструкциясына байланысты резисторлар сымды және сымсыз екіге бөлінеді. Сымсыз резисторлар неғұрлым кеңінен қолданады.

Сым резисторлары. Сым резисторларында резистивті элемент жоғары үлестік кедергісі бар сымнан дайындалады.

Сымсыз резисторлар. Сымсыз резисторларында меншікті сыйымдылығы мен индуктивтілігі бар, оларды кең жиілік диапазонында пайдалануға болады. Сонымен қатар, шағын меншікті сыйымдылық және индуктивтіліктің арқасында олардың конструкциялары шағын габаритті резисторлар кең диапазонында номиналды кедергісін жүргізеді. Сымсыз резисторлар көлемді және қабыршақ болу мүмкін.

Көлемді резистор тіректе немесе қаңқада бекітілетін резистивті элементінен тұрады. Көлемді резисторларда резистивті қасиеттерін құру үшін жоғары меншікті кедергісі бар көлемді композициялар қолданылады, олар оқшаулау материалдарымен өзара механикалық қоспасын өткізетін элементтерден тұрады. Өткізгіш элементтері ретінде, мысалы, көміртек түрінде күйе, және графит ретінде оқшаулау материалдар — синтетикалық шайырлар пайдаланылады. Қаңқа механикалық беріктігі мен қаттылығы барлық конструкцияларымен қамтамасыз етеді. Резистивті элементіне сенімді электр байланысымен қамтамасыз ететін өткізгіштер және электр схемаларын құрастыру кезінде монтаждау мүмкіндіктері қосылады. Өткізгіш пен резистивті элемент үйлесімі, резистордың мұндай сипаттамаларын белгілейді, яғни, рұқсат етілген таратылатын қуат, механикалық әсерлерге төзімділігі, технологиялылығы және сенімділігі. Резисторды ылғалдың әсерінен және механикалық зақымданудан қорғау үшін резистивті элемент мен өткізгіш бөлігін қорғаныш қабыршақпен жабады немесе қаңқаға орналастырады. Резисторлардың көлемді өлшемдері және салмағы стандарттар мен анықтамаларда келтіріледі.

Қабыршақ резисторлардағы резистивті элементі болып жұқа қабыршақ табылады, оны қуыс немесе тұтас цилиндр түрінде оқшауланған негізіне жағады.

Резисторларда кедергінің тұрақты мәні немесе айнымалысына байланысты кедергі (тұрақты) тіркелген мәнді резисторлар және кедергі (ауыспалы) өзгертін мәнді резисторлар болып екіге бөлінеді.

Тұрақты резисторлар. Тұрақты резисторлар қызметіне байланысты жалып қолданыс резисторлар, нақты, дәлдікті, жоғарыжиілікті, жоғарывольтті, жоғарымегомды болып бөлінеді.

Тұрақты резисторлардың ерекше тобын арнайы резисторлар құрайды. Арнайы резисторлардың кедергісі сыртқы факторлардың әсеріне байланысты. Өтіпжатқан ток шамасы немесе келтірілген кернеу өзгерісіне байланысты кедергісі өзгертін резисторлар *варисторлар* деп аталады. Егер резистор кедергісі температура әсерінен өзгертін болса, ондай резисторлар *терморезисторлар* деп аталады. Кедергісіне жарық әсер ететін резисторлар *фоторезисторлар* деп аталады.

Резистор арқылы электр тогы өткен жағдайда электрлік қуаты бөлінеді. Ұзақ уақыт резистор сенімді жұмыс жасай алатын ең үлкен қуатты *таратылудың номиналды қуаты* деп аталады. 0,05; 0,125; 0,25; 0,5; 1 Вт және одан көп таратылудың номиналды қуатымен резисторлар шығарылады.

Радиоаппаратурада ең көп металлды лақталған жылутөзімді (МЛЖ) және металлқышқылды жылутөзімді (МҚЖ) резисторлар пайдаланылады.

Ауыспалы резисторлар. Ауыспалы резисторлар қызметіне байланысты өзгертпелі және реттелетін резисторлар болып бөлінеді. *Өзгертпелі резисторларын* радиоэлектронды құралын кезеңдеп құру үшін қолданады. *Реттелетін резисторлардың* пайдалану уақытында радиоэлектронды құралын реттеуді жүзеге асырады.

Жылжымалы жүйесінің бұрылу бұрыш кедергісіне байланысты сипатымен ауыспалы резисторлар *сызықты* және *сызықты емес* бөлінеді.

Резисторларды кедергінің стандартталған түрлі номиналымен шығарады. Кедергінің мәні рұқсат шектерінде номиналды кедергі мәнінен басқа болу мүмкін. Кедергінің рұқсат ауытқу реті норма болу керек. Мысалы, ± 5 , ± 10 , $\pm 20\%$ ауытқуымен номиналды кедергілер кесте 6.1. көрсетілген сандарына сәйкес болу керек.

$\pm 5\%$ жоғары ауытқуымен резисторлар үшін кедергінің номиналды мәндер ретін құру қағидасы ұқсас, аралық мәндер саны өсу мүмкін.

Кесте 6.1. $\pm 5\%$ жоғары ауытқуымен резисторлар кедергінің номиналды мәндер

Рет индексі	10 басқа, кез келген санға көбейтілетін сандық коэффициенттер						Рұқсат, %
E6	1,0	1,5	2,4	3,3	4,7	6,8	± 20
E12	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 10
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,1	
E24	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 5
	1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5	
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	
	1,3	2,0	3,0	4,3	6,2	9,1	

Конденсаторлар. Элект энергиясын жинау үшін, конденсаторлар деп аталатын, құралдар пайдаланылады. *Конденсатор* — бұл диэлектриктің жұқа қабатымен қапталған екі немесе одан көп электродтардың (астар) жүйесі. Олардағы электрді жинақтау, бұл қарама-қарсы зарядтар, ережелеріне бағынбай жақын орналасқан өткізгіш пластиналар бөлінген диэлектрикпен пластиналарға тартатын қосымша зарядтарына негізделген. Зарядтау кезінде конденсатордың арасындағы астарларына энергия түріндегі электр өрісі жиналады. Разрядтау кезде конденсатор тізбекке қайтадан алдында шоғырланған энергиясын береді. Конденсатордың кедергісі электр энергиясын қыздыру шығындарына әкелмейді, сондықтан, конденсатордың кедергісі *реактивті* деп аталады.

Конденсаторлар кеңінен ауыспалы ток тізбектерінде қолданады. Конденсатордағы ағатын ток, ондағы кернеу өзгерту жылдамдығына тәуелді.

Конденсаторлардың негізгі параметрлері болып табылады:

- номиналды сыйымдылығы және оның рұқсат ауытқуы;
- сыйымдылық температуралық коэффициенті (СТК);
- жұмыс қуаты;
- меншікті жұмыс жиілігі;
- айыру бұрыш тангенсі.

Конденсаторлардың номиналды сыйымдылығының шамасы корпуста көрсетіледі. Пикофарда бөлігінен бастап 10 000 мкФ (микрофард) дейін сыйымдылықпен конденсаторлар шығарылады.

Конденсаторлардың дәлдік классы номиналды шамадан пайызбен сыйымдылық рұқсат ауытқысын көрсетеді:

- I дәлдік классы — $\pm 5\%$ номиналынан сыйымдылық ауытқысымен конденсаторлар;
- II дәлдік классы — 10% номиналынан сыйымдылық ауытқысымен конденсаторлар;
- III дәлдік классы — 20% номиналынан сыйымдылық ауытқысымен конденсаторлар.

Кейбір конденсаторларда (мысалы, электролиттік) 50% және одан көп номиналынан сыйымдылық ауытқысымен конденсаторлар мүмкін.

Жұмыс кернеуі деп тұрақты кернеу шамасын түсінеді, онда конденсатор ұзақ уақыт бойы сипаттамаларын өзгертпей жұмыс істейді. Конденсатордың жұмыс кернеуі шамасы диэлектрик қасиеттері мен қалыңдығы байланысты белгіленеді. Кернеу жұмысының арттыруы диэлектрикке әкеледі.

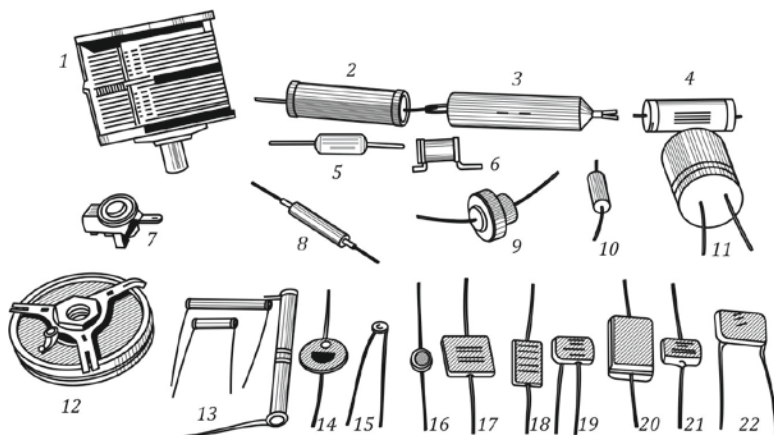
Сыйымдылық температуралық коэффициенті (СТК) конденсатордың сыйымдылығын өзгерту кезінде температураны 1°C көрсетеді.

Конденсатордың түріне байланысты СТК оң болған кезде, жоғары температурада конденсатор сыйымдылығы артады, немесе теріс, ол кезде жоғарғы температурада конденсатор сыйымдылығы азаяды. Шама бойынша конденсаторлар СТК топтарға бөлінеді, олар береді тиісті сандық және әріптік символдар, сондай-ақ корпусты түсті бояу немесе таңбалау сызығының нүктелері.

Диэлектрик болып конденсаторларда газдар, сұйықтықтар, қатты органикалық немесе органикалық емес заттар қолданылады. Электролиттік конденсаторлар ерекше топты құрайды, диэлектрик ретінде оксидті қабыршық қызмет етеді. Оларды төмен жиілікті тізбектеріндегі тұрақты және жүріп-тұратын токта және астардағы кернеудің анықталған полярында қолданылады.

Конденсаторлардың негізгі түрлерінің сыртқы түрі сур.6.3 көрсетілген.

Электрондық құрылғыларда резистор және конденсатордың тізбекті және параллель қосылысы кеңінен таралған. Бірнеше конденсаторлардың параллель қосылысы кезінде тізбектің жалпы сыйымдылығы олардың сыйымдылығының сомасына тең. Конденсатор мен резисторен құрылған электр тізбегі, әдетте *RC-тізбегі* деп атайды, оны тұрақты және ауыспалы сигналдарды бөлу үшін қолданады, импульстік сигналдардың кешіктіруін жүзеге асыру және т. б.



Сур. 6.3. Конденсаторлардың сыртқы түрі:

2... 6; 13... 22 — тұрақты сыйымдылығымен конденсаторлар; 7, 12 — баптаушы конденсаторлар; 1 — ауыспалы сыйымдылығымен конденсатор; 10, 11 — полярлы электролиттік конденсаторлар; 8, 9 — полярлы емес электролиттік конденсаторлар; 1 — ауа диэлектригімен конденсатор

RC-тізбегінің негізгі параметрі болып табылады *уақыт тұрақтысы* $t = RC$, с.

Индуктивтілік шарғысы. Кейбір жағдайда жиілік-таңдау тізбегі үшін резисторлардың орнына индуктивтілік шарғысын пайдаланады. *Индуктивтілік шарғысы* — электрлік тізбегінің элементі, ол өзінің индуктивтілігін және (немесе) магниттік өрісін қолдану үшін арналған. Индуктивтілік шарғысындағы кернеу ондағы ток өзгеріс жылдамдығына үйлесімді. L индуктивтілігі генримен өлшенеді (Гн).

Әдетте индуктивтілік шарғысы қаңқасын білдіреді, оған механикалық берік сым байланып, бір-бірінен оқшаулау орамдар оратылады. Қаңқасы шарғының негізі болып табылады және элемент конструкциясын береді. Шарғы өткізгіштері ұштарын қосады және берік бекітіп қаркасында болдырмау үшін үзілу кезінде монтаждау жасайды. Барлық конструкция элементтері шарғы электр параметрлеріне әсер етеді, сенімділік, технологиялылық, габариттері мен салмағы. Жиі жоғары магниттік өткізгішімен материалынан жасалған ортасымен индуктивтілік шарғысы қолданылады.

Конденсатормен индуктивтілік шарғысымен шыққан электрлік тізбегі LC-тізбегі деп аталады.

Трансформаторлар. Екі немесе одан көп индуктивтілік шарғысын пайдаланғанда электромагнитті трансформатор іске асырылады. *Трансформатор* — екі немесе одан көп индуктивті байланысқан және бір немесе бірнеше жүйелер ауыспалы ток орамдарды түрлендіру үшін тағайындалған электромагниттік индукциясы статикалық электромагнитті құрылғы.

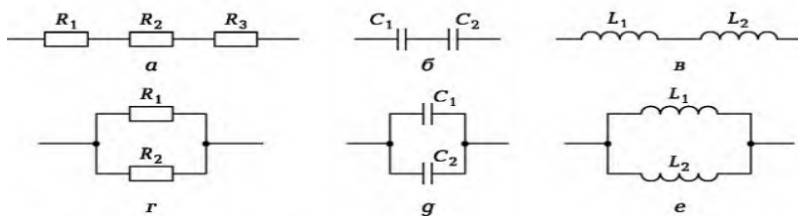
Трансформаторының екіншілік реттік орамасынан алынатын, ауыспалы кернеу амплитудасының бірінші реттік орамасына кернеудің амплитуда мәнісіне қатынасын трансформация коэффициенті K_t деп аталады. Екіншілік орамасындағы ток бастапқы орамадағы токтан ерекшеленеді. Трансформатордың жоғарғы кернеуінде $K_t > 1$, ал төмендетілгенде $K_t < 1$. Әртүрлі типті трансформаторлар түрлі жиілік ауқымында жұмыс істей алады және әр түрлі функцияларды орындайды. Трансформаторларды неғұрлым кеңінен екіншілік қоректендіру көздерінде пайдаланады.

Сигнал таратылатын толқын ұзындығынан аз геометриялық өлшемдес электр тізбегін шоғырланған параметрлермен тізбектері деп аталады. Мұндай тізбектегі электромагниттік энергия индуктивтілік шарғы және конденсаторларда жиналады. Сонымен қатар, пайдалану кезінде төмен жиілікті электр тербеліс параметрлері осы тізбектердің (кедергі, сыйымдылық, индуктивтілік) шоғырланған тиісті элементтері: резистор, конденсаторларда, индуктивтілік шарғыда бағытталған.

Тіпті жалғағыш сым, оның барлық ұзындығы бойынша бөліну электр қасиеттері, бұл жағдайда, шоғырланған кедергі, сыйымдылық немесе индуктивтілік түрінде көруге болады. Егер толқын ұзындығын, электр тербеліс ұзындығымен салыстырсақ, жалғастыратын сымдар, оны бөлінген параметрлері шоғырланған параметрлермен ұсынуға болмайды.

Элементтерді тізбекті және параллель қосуға болады. Элементтердің тізбекті және параллель қосылысының мысалы сур.6.4 көрсетіледі.

Тізбекті қосылыс — электрлік қосылыс, мұнда, электр тізбегінің қарастырылатын учаскілерінде бір-ақ электр тогы ғана бар. Бұл жағдайда, барлық элементтер бойынша ток кезектеп өтеді, сонымен тізбекті құрайды. Резисторларды тізбектеп қосқанда (сур. 6.4, а), тізбек кедергісі резисторлар кедергілер сомасынан құралады ($R = R_1 + R_2$), ал индуктивтілік шарғылар тізбекті қосылыс кезінде (сур. 6.4, б), тізбектің индуктивтілігі барлық шарғылар сомасымен анықталады ($L = L_1 + L_2$). Тізбекті қосылған конденсаторлардың тізбек сыйымдылығы келесі қатынас арқылы табылады (сур. 6.4, в),



Сур. 6.4. Компоненттерді қосу мысалдары:

а, б, в — тізбекті; *г, д, е* — параллель; R_1, R_2, R_3 — резисторлар; C_1, C_2 — конденсаторлар; L_1, L_2 — индуктивтілік шарғылар

мұндағы C — Тізбекті қосылған конденсаторлардың тізбек сыйымдылығы; C_1 и C_2 — конденсаторлардың сыйымдылығы.

Тізбектеліп жалғанған конденсаторлардың жиынтық сыйымдылығы олардың әр сыйымдылығынан аз.

Параллель жалғау — электр, ондағы бір жұптан жалғанатын учаскелері бар электр тізбектері. Бұл жағдайда ток, барлық құрама элементтеріне бір мезгілде тармақталып, өтеді.

Резисторлардың параллель жалғауында (сур. 6.4, г) тізбек өткізгіші ($1/R$) жалғанған резисторлар өткізу сомасын тең, ол анықталады

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

мұндағы R — резисторлардың параллель жалғауындағы тізбек кедергісі, R_1 және R_2 — резисторлар кедергісі.

Конденсаторлардың параллель жалғанғанда (сур.6.4 д) тізбек сыйымдылығы барлық конденсаторлардың сыймдылық сомасымен анықталады ($C = C_1 + C_2$). Екі параллель жалғанған индуктивтілік шарғыларында (сур.6.4 е) жалпы индуктивтілігі бар, оны келесі формула арқылы есептейді

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

мұндағы L — параллель жалғанған индуктивтілік шарғыларының жалпы индуктивтілігі; L_1 және L_2 — индуктивтілік шарғылар индуктивтілігі

6.2. ТЕРБЕЛІСТІ ЖҮЙЕЛЕР

Радиотехникалық тізбектер элементтерінің жалғанған кезде (индуктивтілік шарғылар, резисторлар, конденсаторлар) жаңа қасиеттеріне ие құрылғылары құрылады. Мысалы, конденсаторлар мен резисторлар жалғау, индуктивтілік шарғылар мен резисторларды құрайды байланысты шынжырлар, олар тербеліс контур деп аталады.

Резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік шарғылардан, кейде және тербелмелі контурдан жасалған тізбек, электр сүзгілері болып табылады, бір жиілік токтар токтарының басқа жиіліктерге сүзгілеу мүмкіндік береді.

Резонанс құбылысына тән барлық тізбектерінің реактивті элементтері енгізілген. Реактивті элементтері қабілетіне энергиясы тән, демек, тербеліс процестерін құра алады. Осындай элементтерге мыналар жатады индуктивтілік шарғылар мен конденсаторлар.

Барлық жерде тербеліс контуры қолданылады, онда бар электр тербелістер, ал контур тиіс осы тербелістерге ие. Оларды жоғары жиілікті деп аталатын күшейткіштер пайдаланады. Мұндай күшейткіштер күшейтеді ғана ауытқуы сол жиілік, олардың тербеліс контурының негізінде құрылған. Әдетте, тербеліс контурына жақын олардың меншікті жиіліктер жұмыс істейді.

Тербелмелі контур толық кедергісі тұрады: белсенді кедергі және реактивті кедергісі, индуктивтілік және сыйымдылық.

Резонанстық жиіліктегі индуктивтілік немесе сыйымдылықтың реактивті кедергісі p тербеліс контурдың сипаттама кедергісі деп аталады оның мәні келесі арақатынасына қарай анықталады

$$p = \omega_0 L = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{\omega_0 C},$$

мұндағы ω_0 — контур өздік тербелісінің шеңбер жиілігі

RC-тізбектің негізгі параметрі *уақыт тұрақтысы* $t = RC$ болып табылады, (с) секундпен өлшенеді.

Төзімділік ¹ негізгі параметрі болып табылатын тербеліс контурымен сипаттайды, Ω әріпімен белгіленеді. Төзімділік реактивті элементтердегі шоғырланған арақатынасын сипаттайды және энергиясымен жойылатын кезеңде, бұл сан олардың сөну үрдісінде резонаторымен жасалатын тербеліс санына тең.

Мүлдем қатаң емес анықтамасында төзімділік олардың сөну процессінде резонаторымен жасалатын тербеліс санына тең. Егер қатаң болса, онда төзімділік амплитудасы 1/10 дейін бастапқы мәні шамамен азайғанша тербеліс санына тең. Мысалы, егер маятник 15 рет шайқалса, онда оның төзімділігі беріктік 15 тең. Механикалық маятниктердің төзімділігі, әдетте (10-200-ге дейін) құрайды. Қарапайым радиожиілік тербелмелі LC-контурда 50-ден 300-ге дейін төзімділік бар. Тербелмелі контурдың барлық жойылымдары төзімділікпен ескеріледі. Төзімділік артық болған сайын, контурдағы меншікті тербелістер бірдей жиілігімен еркін тербелістер баяу өшіріледі.

Төзімділік ең жалпы анықтамасы келесі арақатынасымен анықтайды

$$Q = 2\pi \frac{W_p}{A} = \frac{\rho}{R}$$

мұндағы Q — тербелмелі контур төзімділігі; W_p — резонанстық жиілігінде реактивті элементтерінде жиналатын энергия; A — кезең бойынша энергия жойылымы; ρ — сипаттамалық кедергісі; R — жойылым кедергісі.

Төзімділікке қарсы шаманы *тербелмелі контурдың жойылуы* $\delta, \delta = 1/Q$ деп аталады.

Контур жағдайында, яғни индуктивтілік реактивті кедергісі және сыйымдылық өзара өтеледі (кедергісінің реактивті кіріс құраушысы нөлге тең) және оның толық кедергісі белсенді болып, *резонанс* деп аталады, ал жиілігі бар орында, — ω_0 контурдың резонанстық жиілігі:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f_0$$

мұндағы f_0 — циклдік резонанстық жиілік

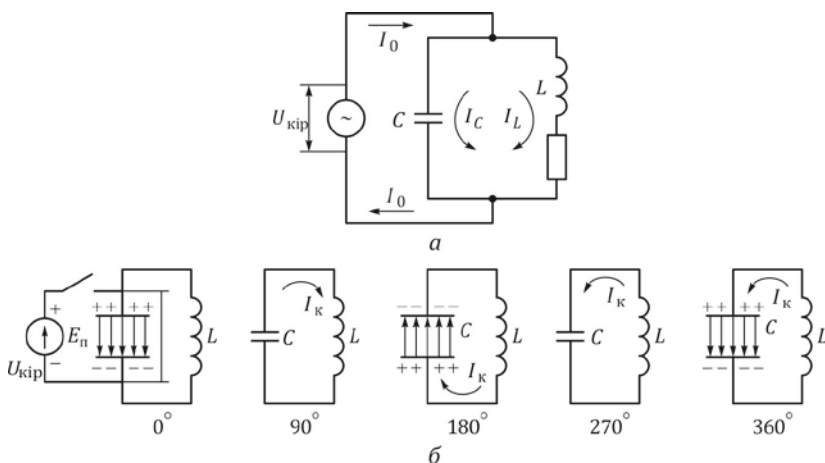
¹ Төзімділік (ағыл. Quality — «сапа»).

Резонанс кезінде ауыспалы ток көзінің шеңбер жиілігі $\omega_{\text{ист}}$ өздік тербеліс жиілігіне $\omega_{\text{соб}}$ тең.

Параллель тербелмелі контурлар. Индуктивтілік шарғы мен конденсаторда екі өткізгіштен бар. Осы өткізгіштердің жалғауы өздерінің арасында параллель тербелмелі контурды құрайды. Параллель жалғанған индуктивтілік L пен оның жойылымы R кедергі индуктивтілік тізбегінде қосылуымен C сыйымдылықтан құрылған тербелмелі контур сур.6.5, а көрсетіледі.

Егер тұрақты ток көзінен конденсаторды зарядтаса, онда конденсатор индуктивтілік арқылы разрядталуды бастайды (сур. 6.5, б, орыны 0°). Шарғылар орам айналасында магнит өрісі туындайды. Шарғыда өздік индукция тогы құрылады, ол бірте-бірте нөлдік мәндерімен артып келеді, ал конденсатордағы кернеу азаяды. Сонымен, конденсатордың электр өрісінің шоғырланған энергиясы азаяды, ал шарғының магнит өрісінде шоғырланған энергиясы артады.

Конденсатордағы кернеу нөлге дейін төмендегенде (сур. 6.5, б, орыны 90° қараңыз), конденсатордың электр өрісінің барлық энергиясы шарғы магнит өрісінің энергиясына ауысады, сонымен бірге максималды мәніне дейін жетеді. Конденсатор өзінің бүкіл зарядын берген уақытында, шарғыдағы ток максималды мәніне дейін жетеді.



Сур. 6.5. Параллель тербелмелі контур:

a — схема; b — еркін тербеліс пайда болған процессінің бейнесі колебаний; I_k — тербелмелі контурдағы ток; I_0 — тізбектің коректендіру көзіндегі ток; R — резистор; I_C — конденсатор арқылы өтетін ток; I_L — индуктивтілік шарғы арқылы өтетін ток; $u_{\text{кп}}$ — кіріс кернеуі; L — индуктивтілік шарғы; C — конденсатор; R — жойылым кедергісі

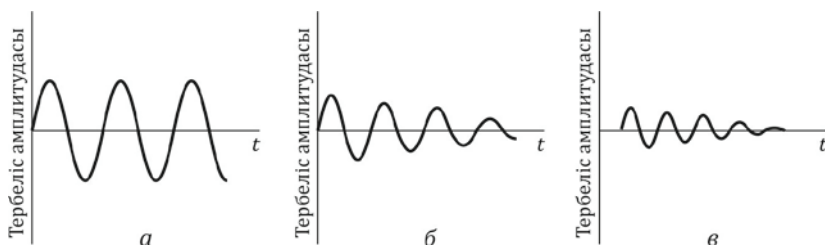
Осыдан кейін шарғы конденсаторға энергиясын қайтарады және бұдан бұрын қанша шарғыға берген энергияны жинақтайды (сур. 6.5, *б* қараңыз, орыны 180°).

Қайта зарядтаған кейін конденсатор екінші жартылай тербелістерін қалыптастыра отырып, шарғыға қайтадан разрядталады. Осылайша конденсатордың электр өрісінің энергиясы шарғының магнит өрісіне кезектеп көшумен электрлік тербелістері құрылады, және керісінше. Сондықтан, конденсатор мен шарғылардан тұратын тізбек тербелмелі контуры деп аталады. Тербеліс контурдағы бұл үрдіс *еркін тербелістер* деп аталады, өйткені сыртқы қозғаушы күшсіз тізбектің бір элементінде шоғырланған энергиясында өтеді.

Алайда тербелістер өшірулі болады, өйткені шарғылар сымдағы, жалғанған өткізгіштер, конденсатордың диэлектриктегінде және шарғы қаңқасы жасалған материалындағы белсенді кедергісінде энергия жойылады (сур. 6.6).

Бұл электр тербелістер амплитудасының біртіндеп азайтуына әкеледі, яғни олардың жойылуы. Жойылуы өсуімен (ұлғайту кезінде кедергі жойылымы R) еркін тербелісінің жиілігі $\omega_{\text{св}}$ азаяды, ал жойылым кедергісі сипаттамалық кедергісінен екі есе артық болады ($R \gg 2\rho$), контурдағы үрдіс тербелмелі болып табылмайды.

Тербелмелі контурдағы шарғымен конденсаторды қайта зарядтау жылдамдығы олардың сыйымдылығы және индуктивтілігімен анықталады, сондықтан тербеліс кезеңі тек осы шамаларға байланысты. Контурдағы тербеліс кезеңі Томсон формулсыа бойынша анықталады



Сур. 6.6. Тербелмелі контурдағы тербелістер түрлері

a — кемшіліксіз тербелмелі контурдағы сөнуі; *б* — шағын жойылымымен тербелмелі контурдағы сөнуі (жоғарғы төзімділік); *в* — үлкен жойылымымен тербелмелі контурдағы сөнуі (төмеңгі төзімділік); 109

$$T = 2\pi/\sqrt{LC} = 1/f,$$

мұндағы T — тербеліс кезеңі; $\pi = 3,14$; L — шарғы индуктивтілігі; C — конденсатор сыйымдылығы; f — циклдік жиілігі.

Тербелмелі контурдың меншікті тербеліс жиілігі тербеліс кезеңіне кері пропорционалды:

$$f = 1/T.$$

Тербелмелі контурдың жиілігін, L индуктивтілік шарғы және C конденсатор сыйымдылығын өзгерте отырып, өзгертуге болады. Ауыспалы сыйымдылығының конденсаторы кез келген радиоқабылдағышта бар. Конденсатордың ауыспалы сыйымдылық екілік блогын жиілік бойынша бір мезгілде екі тербелмелі контур арқылы қайта құруға болады. Индуктивтілікті баптау негізінен сирек қолданады, өйткені кең шегінде индуктивтілікті қиын өзгертіледі.

Резонанстық жиілігі кезінде тербелмелі контурдың кіріс кедергісі белсенді болады. Параллель контурдағы ток өсу құбылысы резонанстық жиілігімен токтар резонансы деп аталады.

Параллель контурдың төзімділік формуламен анықталады

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = \omega_0 RC$$

мұндағы R — жойылым кедергісі; ω_0 — резонанс жиілігі; L — индуктивтілік; C — сыйымдылық.

Төзімділік, резонанс кезінде параллель контурында электрлік қоректендіру көзі тізбегіндегі ток нешеге ұлғайтылатын көрсетеді.

Тізбекті (резонанстық) тербелмелі контурлар. Осындай контур R кедергісі, L индуктивтілігі мен C сыйымдылығының тізбектеп жалғанғаннан тұрады (сур. 6.7).

Ереже бойынша, контур индуктивтілігі орындалатын R резисторы сым омикалық жойылым кедергісімен анықталады. Сыйымдылық жойылым кедергісі аз және іс-тәжіребесінде қарастырылмайды.

Резонанстық жиілігіндегі кіріс кедергісі белсенді (омикалық жойылым анықталады), ол R тең. Резонанска контурды орналастырған кезінде конденсатордағы немесе индуктивтіліктегі кернеу амплитудасы тез арада ұлғайтылады (кіріс кернеу амплитудасынан Ω есе көп). Сондықтан тізбекті контурдағы резонансты *кернеу резонансы* деп атаймыз.

Егер шарғы мен конденсатордан тұратын тербелмелі контурға тізбектеп ауыспалы кернеу көзін қосса, онда контурдағы меншікті тербеліс жиілігімен сәйкес келмейтін ток өтеді.

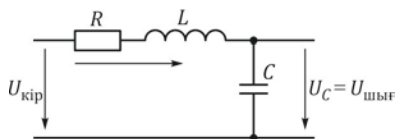


Рис. 6.7. Схема последовательного колебательного контура:

R — резистор; L — катушка индуктивности; C — конденсатор; $U_{\text{вх}}$ — входное напряжение; U_c — напряжение, снимаемое с конденсатора; $U_{\text{вых}}$ — выходное напряжение ($U_c = U_{\text{вых}}$)

Сонымен қатар, контурда еркін емес, ал қажетті тербелістер өтеді.

Ток көзнің жиілігі мен резонанстық жиілік айырмасын әдетте *жиілік бойынша абсолют істен шығушы* деп аталады:

$$\Delta\omega = \omega_{\text{ист}} - \omega_p$$

Тізбекті контур үшін төзімділік келесі формула арқылы анықталады

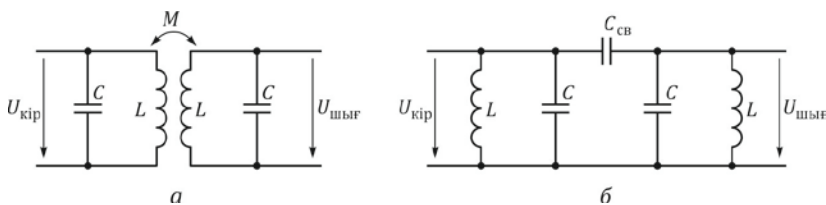
$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$$

Мұндағы ω_0 — резонанстық жиілік; L — индуктивтілік; R — жойылым кедергісі; C — сыйымдылық.

Байланысқан тербеліс контурлары. Егер радиотехникалық құрылғылардың жиілік таңдауын айтарлықтай арттыруға талап қойылса, онда көп контурлы сызықты тізбектері пайдаланылады, олардың қолынан кемшіліксіз жақын (тік бұрышты) нысаны амплитудалы-жиіліктік сипаттамаларын алуға болатын жағдайда. Қарапайым көп контурлы жиіліктік-таңдау тізбектері болып екі байланысты тербелмелі контур табылады. Контур *бастапқы* деп аталады, егер ондағы тербелістер сыртқы көзі әсерінен қозғалады, ал сол бастапқы контурынан алынған энергияның бір бөлігі — *екіншілік* деп аталады.

Қолайлығы үшін байланысты контурларын бірдей элементтерден құрайды, ал олардың арасындағы байланыс көбінесе индуктивті немесе сыйымдылықты болады (сур. 6.8).

Индуктивтілік шарғы арасындағы индуктивті байланыс кезінде, M өзара индуктивтілік коэффициентімен айқындалатын өзара индуктивтілік пайда болады.



Сур. 6.8. Байланыс тербелмелі контурдағы байланыстардың түрлері:

a — индуктивті; $б$ — сыйымдылықты; $U_{кiр}$ — кіріс кернеуі; C — конденсатор; L — индуктивтілік; $U_{шығ}$ — шығыс кернеуі; $C_{св}$ — байланыс конденсаторы; M — өзара индуктивтілік коэффициенті

Байланыс тербелмелі контурдың негізгі параметрі $k_{св}$ байланыс коэффициенті болып табылады. Индуктивті байланысымен контурлар үшін $k_{св} = M/L$, ал сыйымдылықты байланысымен контурлар үшін $k_{св} = C/(C + C_{св})$.

Еі басты параметр байланыс факторы болып табылады $A_{св} = k_{св} \Omega$. Егер байланыс факторы бірден кіші болса ($A_{св} < 1$), онда байланыс әлсіз деп аталады, ал егер байланыс факторы бірден үлкен болса ($A_{св} > 1$), онда байланыс қатты деп есептелінеді.

Байланыс контурларының көп санынан алынған тербеліс жүйелері шоғырланған селекция сүзгі деп аталады. Олардың көмегімен амплитудалы-жиіліктік сипаттамасын алуға мүмкін, оданда тікбұрышты нысанға жуықтап алуға болады.

Шоғырланған селекция сүзгілер радиотехникалық жүйелердің аналогты (жоғары жиілікті) әртүрлі схемаларында кеңінен қолданыс табады

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай элементтерден радиотехникалық тізбектер тұрады?
2. Электрлік тізбектің қандай элементтерін пассивті деп аталады?
3. Сіз электрлік тізбектің қандай элементтер жалғауын
4. Қандай параметрлерімен пассивті элементтер сипатталады (резисторлар, конденсаторлар,
5. Элементтердің қандай жалғауы тербелмелі контур деп аталады?
6. Тербелмелі контурда тербелістер қалай пайда болады?
7. Қандай параметрлерімен тербеліс контурлар
8. Қандай тербелмелі контурларды білесіз?

ЭЛЕКТРВАКУУМДЫ ҚҰРАЛДАР

Қазіргі заманғы элементтік база негізінен жоғары сапалы жартылай өткізгіш аспаптар мен интегралдық схемалардан тұрады. Бірақ бірқатар спецификалық облыстарында электрвакуумдық және газразрядтық аспаптар қолдануын табады.

Электрвакуумдық құралдар — бұл жоғары сиретілу (вакуум) немесе газдардың белгілі бір қысым қатысуына қажет құралдар. Электрвакуумдық құралдары жоғары жартылай өткізгіш құру кезінде мегаватты қуат (10^6 Вт), ал бір жартылай өткізгіш құралдың көмегімен шамамен 1 000 есе аз тербелістер қуатын алуға болады.

Ереже бойынша, теледидармен жіберілетін және қабылданатын электронды-сәуелілік түтіктері электрвакуумдық құралдары болып табылады. Теледидармен жіберілетін электрондық-сәуелілік түтік көмегімен - оптикалық кескін электр бейнесиналына түрлендіріледі, айналуға, сөйтіп біріктіреді, ал қабылдау теледидармен жіберілетін электрондық-сәуелілік түтік (кинескоп) арқылы электр бейнесигналы кескінге түрлендіріледі.

Функционалдық мақсатына қарамастан барлық электрвакуумдық құралдар газразрядтық (иондық) және электрондық болып бөлінеді.

Газразрядты құралдар. Газразрядты құралдарда газдағы электр разрядтарының қасиеттері пайдаланылады. Осындай құралдардың жұмыс көлемі инертті газ немесе сынап буларымен қысыммен толтырылады. Газ атомдары екпінді иондану нәтижесінде пайда болатын зарядтар жинақтағышы болып электрондар мен иондар табылады. Катодпен эмиттирленетін¹ электрондар газ атмосферасында қозғалады. Газ атомдарымен бетпе-бет келген, электрондар күш-қуатын беріп, қоздыруды өндіреді немесе атомдардың ионизациясын береді.

¹ Эмиттирленетін (эмиссия) — катодпен шығарылған. 1883 ж. Т. Эдисон термоэлектронды эмиссия құбылысын байқады.

Соңғы жағдайда жаңа электрондар мен оң иондар пайда болады.

Газдағы разрядтар дербес және дербес емес болып бөлінеді. Дербес емес ұзақ уақыт бойы болуы мүмкін, егер энергиясын сырттан шығарылған жағдайда, мысалы, катодты қыздыру, радиоактивтік сәулелену, ғарыш сәулелері. Дербес разряды кезінде электрондар мен иондар өріс энергиясы және өзін-разрядты есебінен құрылады.

Электронды құралдар. Электрондық құралдардың барлық процестері, өте жоғары вакуумда орын алады. Ең көп тараған электровакуумдық құралы болып электрондық шам табылады, баллон ішіндегі монтаждalған, қызметшімен қапталған бірнеше электродтардан (катодты, анодты, торлар) тұрады.

Электрондық шамдарына электрондық эмиссия құбылысын пайдаланады, яғни вакуум бетінен электрондардың шығуы. Электродтар сыртқы электрондары әлсіз ядросы бар және оңай бөлшектенетін диэлектриктен айырмашылығы бар, металдан дайындайды. Сонымен қатар, атомдары кристалдық тордың оң иондарымен айналысады, ал бөлшектенген электрондар метал ішіндегі хаостық қозғалысын жасайды. Металлдың жалпы заряды нөлге тең қалады, өйткені иондар зарядтары мен электрондардың сомасына тең.

Эмиссия арқылы иеленетін электрондарды өткізетін шамдар электроды, теріс потенциалы бар, *катод* деп аталады. Катодты жұмыс температурасына дейін қыздыру үшін тізбек жылыту (арпалысын) пайдаланады. Катодты кейде вольфрамнан жасайды, бірақ, әдетте, оксидтік катоды жабылған тотықтарымен сілтілі жер металдар пайдаланылады. Оксидті катоды неғұрлым экономды және төмен температурасымен жұмыс істейді ($T = 1\ 000\ K$), таза вольфрамнан жасалған катодына қарағанда ($T = 2\ 400\ K$).

Катодты қыздыру үшін, әдетте, арнайы вольфрамдық өткізгіш пайдаланылады — цилиндрлік катодты ішіндегі орналасқан жіп арпалысы. Ұшып кеткен электрондарды қабылдайтын және оң потенциалға ие электродты *анод* деп аталады.

Электрондық шамдар. Электрондық шам — бұл электрвакуумдық құрал, онда электрондардың ағыны, катод бетінен шыққан электродтар болып табылады. Қарапайым электрондық шам болып диод¹ табылады, ток тек бір бағытта, яғни болып тегістейтін (вентиль) элементі болады.

¹ Диод — бірінші электрвакуумдық құрал термокатодымен (диод), 1904 ж. Ұлыбританияда Д.А. Флемингпен жасап шығарылды. Бұл оқиғаны электроника тарихының басы деп есептейді.

Бұл қасиеті диодтың қолдану облысын анықтайды. Триод болып табылады белсенді күшейткіш элементі, ол қолдану қуатты жоғары жиілікті тұрақты генераторларды табады. Басқа да күшейткіш шамдар (тетрод, пентол, гексод) басқа күшейту және генерациялау орындай алады және әр түрлі электр шамаларын түрлендіреді.

Диод — бұл шыны, металл немесе керамикалық баллон ішіндегі құрылған вакуум, екі электрод орналастырады: катод К және анод А. Екіэлектродты шамдарды қосу схемасы сур. 7.1 көрсетіледі.

Электр тоғымен сыртқы көзінен кернеу катод қызады, температураны реттеуге дейін мұндай температура кезінде электрондар жібіп бастайды. Бұл тікелей жібу шамдарында $2\ 000\ ^\circ\text{C}$ дейін температураға катод жібейді, ал жанама жібу катоды электрондарды $800\ldots 900\ ^\circ\text{C}$ температурасында шығарады.

Қоректендірудің сыртқы көзі әсерімен катодпен электрондарды жіберу процессі электронды эмиссия деп аталады. Бұл электрондар катод айналасында электронды бұлтты құрайды, ол теріс көлемдік заряд. Қосқан кезде мұндай катодты - теріс полюс көзінің кернеуі, анодты — оң полюс әсерінен электр өрісінің көзі кернеу ішіндегі шамдар құрылады. Бұл ток *анодты* деп аталады.

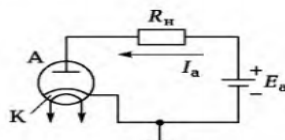
Нәтижесінде сыртқы тізбекте электр тогы құрылады. Мұндағы, анод және катодпен арасындағы кернеуі жоғары болған сайын, катод соғұрлым электрондарды шығарады.

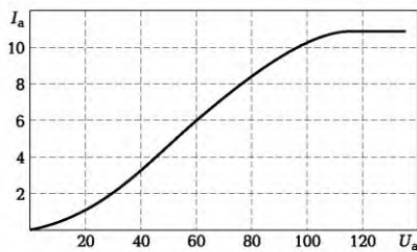
Алайда, анод тоғының ұлғайту мүмкін емес. Егер катодтағы кернеуді ұлғайтса, онда анодты ток, бұл жағдайда ең жоғары болады. Ең жоғары анодты ток *эмиссия тогы* деп аталады. Эмиссия тогы құрылған шамдар жұмыс режимі *қанықтыру режимі* деп аталады.

Сур. 7.1. Екіэлектродты шамдарды қосу схемасы:

А — анод; К — катод; I_a — анодты ток;

E_a — қоректендіру көзі; R_H — жүктеме кедергісі





Сур. 7.2. Анод пен катод арасындағы кернеудің өзгерісіне тәуелсіз анодты токтың өзгерісі:

I_a — анодты ток; U_a — анодты кернеу

Қанықтыруға жеткеннен кейін болады анодтын потенциалын арттыруға болады, бірақ ток артылмайды (сур. 7.2). Алайда жұмыс режимінде шамдардың анодты тогы қанығу тогына аз.

Егер кей жерлерде батареялар полюсін және оң полюс катодпен өзгертсе, ал теріс полюс — анодпен, онда электрондар шегінен катодты шығуға болмайды, ал теріс зарядталған анод қабылданады. Бұл жағдайда шам арқылы ток өтпейді. Демек, екіэлектродты шам (диод) қасиеті бар бір жақты өткізгіштік, яғни түзетілген электр вентильдер¹ болып табылады.

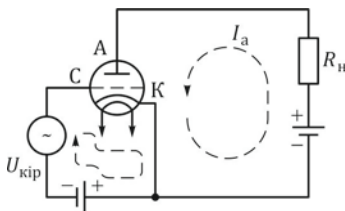
Диодтан біржақты өткізгіштік қасиеті кеңінен қолданады, электрондық техникада, атап айтқанда, ауыспалы токты тұрақтыға түзету үшін. Диод үшін арналған ауыспалы токты тұрақтыға түзеткіші *кенотрон* деп аталады. Электр тізбегіне кенотронды енгізу кезінде ауыспалы ток (қосу катод теріс мекені қорек көзі, ал анод — оң мекені), ол ток ауысу мүмкін. Кері қосылған жағдайда, шамнан ток өтпейді, яғни шам «жабық» болады.

Диодтар айнымалы ток түзету үшін ғана пайдаланылмайды, сонымен қатар, жоғары жиілікті тербелістерді детекторлау үшін қолданылады және басқа да мақсаттар үшін.

¹ Вентиль (ауд. нем. — «клапан») — бір бағытта ғана ток өтуін қамтамасыз ететін электронды құрал

Сур. 7.3. Триод қосылуының схемасы:

A — анод; K — катод; C — басқару торы;
 R_H — жүктеме кедергісі; I_a — анодты ток; $U_{вх}$ —
 кіріс кернеуі



*Триод*¹ анод пен катод арасындағы C_1 метал торын білдіретін электронды шам. Триод қосылуының схемасы сур. 7.3 көрсетіледі.

Тор және катод арасындағы қашықтық аз болуы мүмкін, ондаған микрометр құрастыру мүмкін. Тор электрондардың қозғалысына кедергі келтірмейді. Бірақ ол анодқа қарағанда катодқа жақын, сондықтан анодқа қарағанда электрондардың ағыны көп әсерін көрсетеді.

Анодты токпен басқару үшін, триодта тормен және катод арасындағы потенциалдар айырымын өзгертуге керек болады. Анод пен катод арасындағы анодтық кернеу E_a құрылады, ал тормен катод арасында— торлық кернеу E_o . Егер кернеу арасындағы торы мен катоды болмаса, онда шамдар жұмысқа ешқандай әсерін және кедергісіз өткізеді.

Егер тор, катодқа теріс қатысты зарядталады, онда кері катодқа шығарылған электрондар, сондықтан барлық электрондар электрондық бұлт болады. Осының есебінен анодты ток I_a азаяды. Ұлғайту кезінде теріс кернеудің торға орнайды кезде барлық катодты электрондар еңсере алмайды торға, сондықтан анодтық ток I_a болады және шам болады «жабық».

Егер тор зарядталса оң қатысты, онда ол тартымды катоды бар электрондар таратады. Бұл ретте бір бөлігі электрондар түсіп торына, әкеліп ток I_c . Бірақ анодтың потенциалы жоғары торлар, онда басым көпшілігі электрондарды жетеді. Ұлғайту есебінен оң потенциалын анодты ток I_a артып келеді. Одан әрі ұлғайту оң потенциалы қайта бөлу мүмкін.

¹ Диод шығарылғаннан екі жылдан кейін (1906— 1907 жж.) американдық радиоинженер Ли де Форест анод пен катод арасындағы бір катодты шығаруға ұсыныс жасады. Осымен ең біріңші шам шықты.

Бұл ретте анодты тоғы азая бастайды, ал торлық — күрт арта түсетін болады. Бірақ мұндай жұмыс режимі триода іс жүзінде пайдаланылмайды.

Негізгі кемшіліктері бар электр вакуум триодтар болып табылады төмен күшейту коэффициенті (100-ден жоғары) білімі анод және тормен өзіндік конденсатордың емес, пайдалануға мүмкіндік береді триодтар күшейту үшін жоғары жиіліктер.

Электр вакуумдық триодтар іс жүзінде шығарылды жиілігі жоғары жартылай жартылай өткізгіш су құралдарымен, бірақ олар бір-міндет: күшейтеді және электр сигналдарын түрлендіреді.

Триодпен анод арасындағы кемшіліктерді жою үшін басқарушы тормен алғаш экранирленген C_2 тор (сур. 7.4). Мұндай құрылғы тетрод¹ деп аталады.

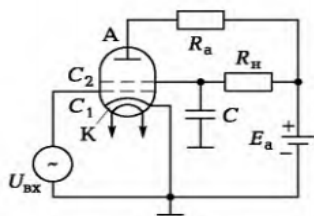
Экранирленген тор C_2 анодқа жақын орналасады. Экранирленген торға анодқа сияқты $0,2...0,5E_a$ потенциал оң ретімен жіберіледі. Экранирленген тор C_2 басқару торы C_1 қасында орналасады.

Радишамның ең сенімсіз элементі— жіп қыздыру, ол жиі істен шығып тұрады. Шамдар елеулі ток және кернеу көмегімен жұмыс істейді, сондықтан қуатты қорек көзі талап етеді. Тек аздаған бөлігі олардың энергиясы жұмсалады пайдалы жұмыс шамдар, жылу жоғалту, кейде 80% - ын құрайды.

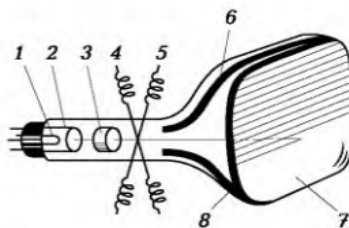
Телевизиялық (тарату және қабылдау) электронды-сәулелік түтіктер². Теледидар таратушы түтіктер оптикалық суретті нысанаға түтіктер электрлік сигналға өзгертіледі. Бұл үшін қолданады құбылыс фотоэффект (сыртқы және ішкі). Әсерінен жарық фотокатодта (фотоэлемент) қағылады электрондар. Кезінде ішкі фотоэффекте жарықтың әсерімен саны артып келеді тасығыштарды заряд — электрондар қабатындағы жартылайөткізгіш және кедергісі құрайды. Телевизиялық тарату және қабылдау түтіктер білдіреді электр вакуум аспаптары. Оларда шыны колбаға, оның ауа жоғары сиретілу. Ішіндегі колбалар өтуде электрондық сәуле. Электрондық сәуле құрылады катодты қыздырылған көмегімен тізбектің арпалысын. Шығарылатын катодты электрондар жеделдетілуде электр өрісі күшейткіш электрод шығарылады (қысылады да тар сәуле), электрлік — электр өрісінің көмегімен бірінші анодтың (сур. 7.5).

¹ 1919 ж. В. Шотки төртэлектродты вакуумды құралды шығарды — тетрод. И.Ленгмюр жұмыстары бесэлектродты вакуумды құралды шығаруға әкелді — пентод.

² Электрондысәулелік түтіккі ағыдшын ғалымы Уильямс Крукс 1878 ж ойлап шығарды.



Сур. 7.4. Тетродтың қосылу схемасы:
А — анод; К — катод; С — басқару тор; C_2 — экранирленген тор; R_n — жүктеме кедергісі; R_a — анод кедергісі; $U_{вх}$ — кіріс кернеуі; E_a — коректендіру көзі



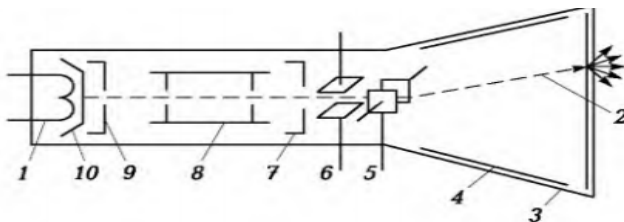
Сур. 7.5. Теледидар түтіктің қарапайым бейнесі:

1 — катод; 2 — басқару электрод; 3 — бірінші анод; 4 және 5 — қарсылас шарғылар; 6 — екінші анод; 7 — экран; 8 — шыны колба

Қабылдау және таратушы түтіктер бар екі жұп ауытқу шарғылар: тігінен ауытқушы (қабылдамау үшін электрондық сәуленің тігінен) және көлденең ауытқушы (қабылдамау үшін электрондық сәуленің көлденең). Әрбір жұп шарғыларды жасайды магнит өрісі бағыты, оның электрондық сәулесіне перпендикуляр болып келеді. Магнит өрісі тік ауытқу шарғылар саласындағы электрондық сәуленің бағытталған көлденең магнит өрісі көлденең ауытқу катушкалар бағытталған тігінен.

Осциллографиялық электронды-сәулелі түтікшелер. Ерекше сыныппен электр вакуум құралдарының болып табылады электронды-сәулелі түтікшелер. Оның ішінде электрондардың ағыны сәуленің нысанында қолданады. Оларды пайдаланады, ең алдымен, элементтері ретінде ақпаратты бейнелеу үшін көзбен шолып бақылау. Осциллографтар қолданады, әдетте, электрондысәулелік түтіктер электрстатикалық басқармасы қалыптастырумен. Электронды-сәулелі түтіктер шыны вакуумды қабықшасына байланысты люминесцентті¹ экранмен білдіреді (сур. 7.6). Қабықша ішінде орналасқан катод, электродтар жеделдету және фокустау сәуленің (бірінші — үшінші анодтар), жарықтығын жарық дақтар, екі пластина үшін ауытқу сәуленің тігінен (Y осі), екі пластина үшін ауытқу сәуленің көлденең координатасында (ось X) көрсетеді.

¹ Люминесценция (лат. lumen — «жарық» + «escent» — әлсіз әрекетті көрсететін жұрнақ) — заттар жарығы(люминофор), кандай да бір энергия көзімен қоздырылатын, мысалы сыртқы жарығымен (радиолюминесценция).



Сур. 7.6. Осциллографиялық электронды-сәулелі түтікшелер құрылғысы:

1 — жылтқыш; 2 — экран; 3 — вакуумды қабықшасы; 4 — үшінші анод; 5 — көлденең ауытқушы пластиналары; 6 — тігінен ауытқушы пластиналары; 7 — екінші анод; 8 — бірінші анод; 9 — модулятор; 10 — катод

Электронды-сәулелік түтіктер жұмыс істеу принципі келесіге негізделген. Электрондар, эмиттир катоды 10, жедел қалыптасады (электрондық сәуле). Өтіп бара жатқан пластиналарды 5, 6, электрондық сәуле әсерінен ұсынылған, оларға кернеу бойынша кері қайтарылады осьтер X және Y. Люминесцентті экран 2, электрондарды шуақ түрінде туғызады. Өлшемдері мен конфигурациясын пластиналарды таңдайды, сондықтан ығысуы жарық дақтары болатын тепе-тең мәндеріне ауытқу кернеудің берілген пластинасы. Бұл ретте жарық дағы экранда траекториясын сипаттайды, оны *осциллограмма* деп атайды.

Электронды-сәулелік түтіктің маңызды параметрі жұмыс экранның мөлшері болып табылады, оның шегінде бұрмалау осциллограммасы аз. Жаксарту үшін пайдалану тікбұрышты экран қолданады.

Электронды-сәулелік түтіктің жарық параметрлеріне келесі жатады:

- оптималды жарығы кезінде жарық дағының диаметрі;
- экранның ең жоғары жарықтық қима;
- қима түсі;
- қима уақыты.

Жарық сәулесінің диаметрі электронды-сәулелік түтіктің мүмкіндігін анықтайды. Экран максималды жарықтығы электрондық тығыздығына байланысты, ол теріс кернеу модуляторына сәйкес өзгерту арқылы реттеледі. Жарықтық түсі жиі жасыл және сары түспен таңдалады, себебі бұл түстер оператордың көзін шаршамауына ықпал жасайды. Суретке түсіру үшін скриншот қолданады, электронды-сәулелі түтіктер көкшіл жарығымен, оған көп сезімтал фотоматериалдар. Жаксарту үшін көзбен осциллограмма уақытта экран жарығы аспауға тиіс әсер ету уақыты, оған электрондардың — жарықтанудан кейінгі амал.

Үрдістерінің жиілігі 10 Гц бақылау үшін экрандары жарықтандыру пайдаланылады, орташа ұзақтығы 100 мс. Сигналдардың фото-тіркелгені үшін люминофор¹ шағын жарықтандыру артықшылықты болады (10 мс). Зерттеу кезінде баяу процестерді пайдаланады 100 мс.

Электронды-сәулелі түтіктер экран шкаласын ішкі беті шыны вакуумдық қабығына жағады. Бұл субъективті қателіктер параллаксы (көзге көрінетін өзгерістер ережелер затын ауыстыру салдарынан көз бақылаушы) туындайтын пайдалану кезінде шкаланы жоюға мүмкіндік береді, электронды-сәулелік түтікті сыртынан алынған. Ұлғайту үшін жарықтылық суреттерді пайдаланады металлдаған экран. Ішінен оған келтіреді жұқа пленкаға алюминийді, мөлдір үшін электрондар, бірақ көрсететін жарық ағыны бағытталған ішке түтіктер, жағына операторының.

Жаймалар түрлері және оларды қолдану. Жайма деп осциллограф экранындағы сызық аталады, ол сигнал болмағанда сәулені салады. Нысандарды ойнату үшін зерттелетін сигналдың экранда электронды-сәулелі түтікшелер қолданады. Осциллографта жиі сызықтық жайма пайдаланылады. Кейбір өлшем шеңбермен және эллиптикалық жайма қолданады.

Сәуленің сызықтық жайма жағдайында, ол бірқалыпты қозғала отырып, экранда тікелей көлденең сызықты келтірместен салады. Егер зерттелетін тік ауытқушы пластиналар бар болса, онда сәуле сызық жаймасынан орын алмасады, әрі ауытқу шамасы пропорционалды мәнге тәуелді болады. Сызықтық жайма бір, үздіксіз және күтуші болуы мүмкін.

¹ Люминофор (*лат. lumen* — «жарық» + *гр. phoros* — «тасымалдаушы») — бейнелеу қызметтерінде энергияны жарық сәулемен тұтынатын заттар; онымен экрандар, электронды-сәулелік түтікшелерге, күндізгі жарық шамдарына заттар пайдаланылады.

Бірреттік жайманы жалғыз және кезендік емес процессін бақылау үшін қолданады. Тіркеу үшін суреттерді қолданады немесе сақталатын электронды-сәуелілік түтікті құрайды. Бір жайма пластинасы X кезінде желілік өзгеретін (арабейнелі) импульс арнайы генератор жіберіледі, жайма генераторы деп аталатын осциллографқа кірістіріледі (сур. 7.7).

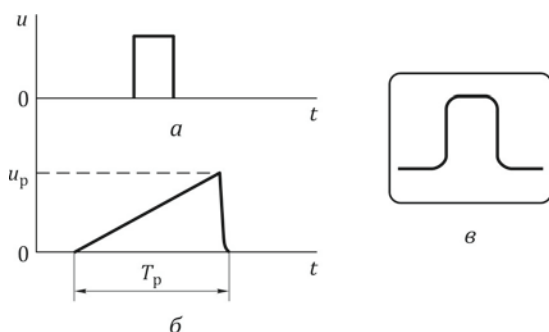
Жайма генераторын іске қосу ертерек пайда болған сәттен бастап жүргізеді, кернеу, кесекше, пластина Y , не үшін кіріс сигналы осциллографта жүргізіледі. Кейін экран жиектеріне сәуле жетеді (бұл ретте кернеу, кесекше, пластина X сияқты амплитуда жайма U_p), бастапқы жағдайда сәуле қайтарылады.

Үздіксіз жайманы кезеңдеп қайтаралатын сигналдарды зерттеу үшін қолданады. Жайма кернеуі бұл ретте үздіксіз өндіріледі және суретті құрылады қолдана осциллограммаларды алынған әрбір кезеңде зерттелетін сигнал немесе бірнеше кезеңдерде (сур. 7.8).

Жайма кезеңін таңдау керек, сондықтан экрандағы бейне қозғалмайтын болу керек. Бұл мүмкін болады, егер қарым-қатынасы жайма кезең T_p кезеңіне зерттелетін сигнал T еселі бүтін санына тең:

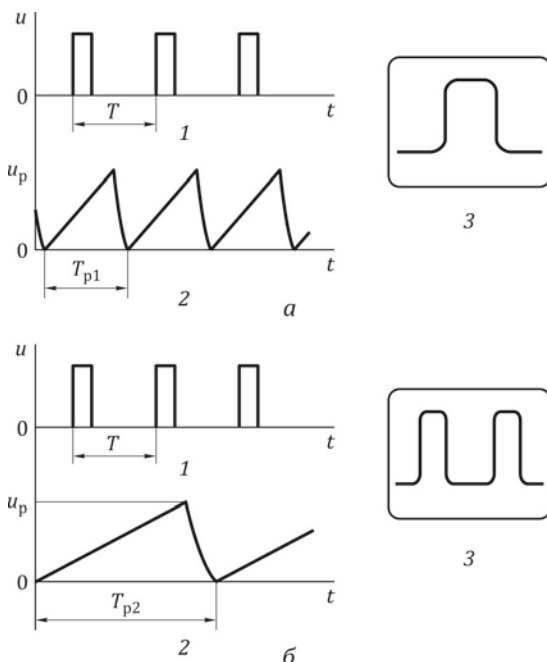
$$T_p / T = n, n = 1, 2, 3, \dots,$$

$n = 1$ сигнал бір кезеңінің бейнесіне сәйкес сигнала (сур. 7.8, а), $n = 2$ — екі кезеңнің (сур. 7.8, б) және т.б. Егер еселігі орындалмаса, онда сурет сигнал әрбір кезеңде орын алмасады. Бұл пайда әкеледі «жүретін» сурет (бақылау сигналы кезінде бұл мүмкін емес). Жайма кезең еселігі қайталау сигналды синхрондау осциллографтың құрылғымен қамтамасыз етіледі.



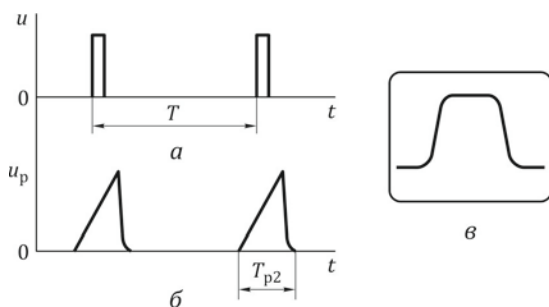
Сур. 7.7. Бірқысқа жайма бейнесі:

a — бақыланатын сигнал; $б$ — жайма сигналы; $в$ — импульс осциллограммасы; T_p — жайма кезеңі; u — сигнал кернеуі; u_p — жайма кернеуі; t — уақыттың ағымды мәні



Сур. 7.8. Үздіксіз жайма бейнесі:

a — осциллограммаларды қолданарда алынған әрбір кезеңіндегі зерттелетін сигнал; $б$ — осциллограммаларды қолданарда алынған бірнеше кезеңіндегі зерттелетін сигнал; 1 — бақыланатын сигнал; 2 — жайма сигналы; 3 — импульс осциллограммасы; T_{p1} — жайма кезеңі ($T_{p1} = T$); T_{p2} — жайма кезеңі ($T_{p2} = 2T$); T — бақыланатын сигнал кезеңі; u — сигнал кернеуі; u_p — жайма кернеуі; t — уақыттың ағымды мәні



Сур. 7.9. Күтетін сызықтық жайма бейнесі:

a — бақыланатын сигнал; $б$ — жайма сигналы; $в$ — импульс осциллограммасы; T_{p2} — жайма кезеңі ($T_{p2} = 2T$); T — бақыланатын сигнал кезеңі; u — сигнал кернеуі; u_p — жайма кернеуі; t — уақыттың ағымды мәні

Күтуші жайма кезеңдік емес сигналдарды зерттеу үшін қолданады, сондай-ақ кіші ұзақтығының импульсі үлкен кезеңі қайталау, қашан үздіксіз жайма жарамсыз болса. Жайма кернеуі өндіріледі кіре берістегі осциллографтың зерттелетін сигнал жұмысында (сур. 7.9). Бұл ретте генератор жайма жұмыс істейді. Жайма кезеңі зерттелетін сигнал кезеңінен азына қарамастан, бұл жайма кезең ($T_p < T$), бейнесі (яғни біртекті бойынша) тармағы пайда болады.

Генератормен басқару осциллографтың іске қосуы жүзеге асырылады. Кезеңдік емес сигналдарды бақылағанда күтуші жайма ауыстырылмайды, өйткені, жайма қысқасы рөл ойнамайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай құралдар электрвакуумды деп аталады?
2. Газразрядты құралдардың жұмыс принципі қандай?
3. Электронды шамдар қалай орнатылған?
4. Қандай функцияларды катод, анод, тор атқарады?
5. Теледидарлық электрондысәуелілік түтіктер қалай жұмыс жасайды?
6. Осциллографтық электрондысәуелілік түтіктер қалай жұмыс жасайды?
7. Жайманың қандай түрлерін білесіз?

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІК ҚҰРАЛДАР

Жартылайөткізгіштер зат табиғатында кеңінен таралған. Олар бірге алынған өткізгіштер мен изоляторларға қарағанда үлкен топты құрайды. Бірақ жартылайөткізгіштік құралдардың өндірісінде негізінен германий және кремний пайдаланады, сонымен қатар химиялық қосылыстар түріндегі мысалы, галлий арсениді, индий антимониді жартылайөткізгіштер.

Кремний – табиғатта ең таралған элементтерінің бірі. Ол 1825 ж. шведтік химигімен И. Бирцелиуспен ашылған болатын. Кейінірек 1886 ж. неміс ғалымы К. Винклер жаңа затты ашты және оның қасиеттерін жанжақты зерттеді, ол оны өзінің туған елінің құрметіне германий деп атады. Оған дейін 15 жыл бұрын ұлы орыс химигі Д.И. Менделеев жасаған элементтердің периодтық жүйесінің негізінде германийдің бар болуын болжады және оның негізгі қасиеттерін болжады.

Германий мен кремний көп жалпы қасиеттері бар. Бірақ кремний Жер шарында мол болса, германий – сирек элемент (минералдарда оның құрамы процент бөлшектерін құрайды).

Жартылайөткізгіштер металлдар мен изоляторлар арасында аралық орынды алады. Олардың атомдарда электрон байланыстарының ерекше сипаты бар. Кез келген металл пластинада бос электрондар тәртіпсіз қозғалады. Бірақ металл платинаны кернеу көзінің полюстеріне қосатын болсақ, онда электронда тек қана тәртіпсіз қозғалысқа қатысып қоймай, көздің оң полюсіне қарай қозғала бастайды. Металлда *электрлік ток* орнатылады – электрондардың бағытталған тәртіпті қозғалысы. Егер пластинаны жылытсақ, пластинадағы ток кішірееді. Жартылайөткізгіштерде температура көтерілуімен электрөткізгіштік көбееді, ал төмендегенде – кішірееді. Температура өте төмен, абсолюттік нөлге жақын болғанда жартылай өткізгіштер іс жүзінде изоляторға айналады.

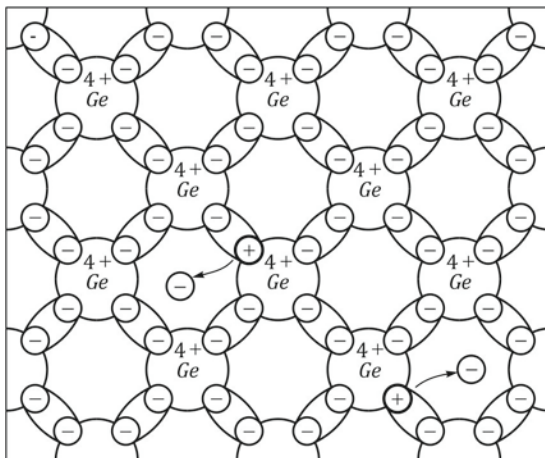
Жартылайөткізгіштердің елеулі ерекшелігі оған қоспа енгізгенде олардың электрөткізгіштің едәуір өзгеруі болып табылады. Жартылайөткізгішке енгізілген қоспаның азғантай процент бөлшегі оның электрөткізгіштігін мың есе рет арттыруы мүмкін. Жартылайөткізгіштердің электрөткізгіштігі радиоактивті сәулелендіру кезінде, сонымен қатар жарықтандырудың өзгеруі кезінде едәуір өзгеруі мүмкін.

Жартылайөткізгіштерде электрөткізгіштік механизмі келесіде. Германий (кремний) атомының сыртқы электрондық қабығында төрт электрондармен құралған (8.1 сур.). Германийдің әр атомы төрт ең жақын бірдей атомдармен қоршалған және олармен сегіз электрон арқылы коваленттік байланыспен байланысқан (төрт өзінің және көршілес төрт атомдарының әр қайсысынан бір бірден). Әр атом аралық байланыста және атом айналасында электрондар осылайша қозғалады, бір атомның келуі екінші атомның кетуімен жүреді. Сонымен бірге валентті электрон кристалл бойынша абыл-сабыл активті түрінде қозғалуы мүмкін. Осындай шарттарда жартылайөткізгіштерде зарядтың бос тасушысы жоқ болады және ол жақсы изолятор болып табылады. Осындай жағдай әділ болады, егер жартылайөткізгіштер мінсіз структурасы болса және асолюттік нөлге жақын температура кезінде болса.

Температура көтерілгенде кейбір электрондар коваленттік байланысты бұзуға жеткілікті едәуір кинетикалық энергияға ие болады. Осындай электрондар атомдарын тастап, бос болады. Жылулық қозғалысқа қатысып, газдағы молекуладай ол бойынша тәртіпсіз орын ауыстырады. Егер жартылайөткізгіште электрлік өріс бар болса, онда бос электрондар бағытпен қозғала бастайды, осылайша электрлік тоқты жасалады. Бос электрондадың бар болуымен шартталған жартылайөткізгіштердің өткізгіштігі *электрлік өткізгіштік* деп аталады. Температура көтерілуімен ажыратылған байланыстар саны, яғни бос электрондардың саны үлкееді, ол жартылайөткізгіштің электрлік өткізгіштігін үлкейтеді.

Коваленттік байланыс ажыратылғанда және электрон бос күйге ауысқанда бос орын пайда болады, оны *тесік* деп атауға қабылданған. Осындай тесіктің пайда болуы оң зарядтың пайда болуына тең. Тесіктер көрші электрондармен орын алуы мүмкін. Бірақ тесікте орын алған электрондар жаңа тесіктерді тудырады. Осылайша, кристалда тесіктер орын ауыстыратындай әсер туады, бұған қоса электрлік өріссіз олардың қозғалысы тәртіпсіз.

¹ Абсолюттік нөл (температура) — мүмкін болатын ең төмен температура (-273,15 °C).

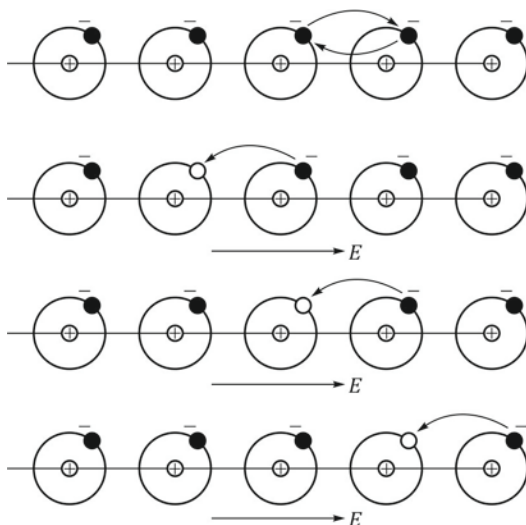


8.1 сур. Германийдің кристалдық тордың моделі

Электрлік өрісінің әсерінен тесіктердің электрондардың қозғалысына қарама қарсы бағытта тәртіптелген қозғалысы пайда болады (сур.8.2.). Демек, жартылайөткізгіште тесіктік деп аталатын өткізгіштік байқалады. Бұл өткізгіштік *меншікті* деп аталады. Ол өте аз және ешқандай қоспалары жоқ идеалды кристаллдарға тән. Бірақ ең таза жартылайөткізгіш атомдарының арасында аз мөлшерде болса да, кейбір қоспалар бар болады, яғни басқа элементтердің атомдары. Қоспа атомдарының бар болуы жартылайөткізгіш өткізгіштігін арттырады.

Осының нәтижесінде қосымша өткізгіштік пайда болады, ол *қоспалық* деп аталады. Мысалы, индийдің бір атомына германийдің миллиард атомының қоспасы оның өткізгіштігін миллион есе рет арттырады.

Егер германийдің құрамына бесінші топтың элементтерін (сүрме немесе күшән) (8.3, а сур.) қосса, онда қоспа атомының төрт электроны германийдің көршілес кристалдық торының атомдарымен коваленттік байланысты жасайды, ал бесінші электрон байланыстарда орын алмайды – ол артық сияқты болады.



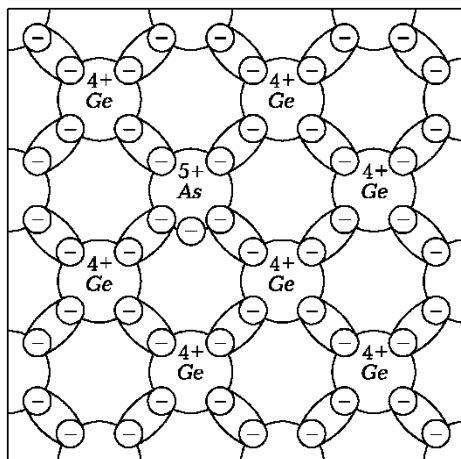
8.2 сур. Тесіктік өткізгіштіктің пайда болу сұлбасы:
 E — электрқозғаушы күш (ЭҚК)

Осы электрон өзінің атомымен басқа электрондарға карағанда байланысы әлсіз, сондықтан жылулық қозғалыстың нәтижесінде осындай артық электрон атомдардан оңай «босатылады» және бос болады. Осындай электрондар жартылайөткізгіште электрлік токтың негізгі тасушысы болып келеді. Осындай жағдайда жартылайөткізгіш электрлік өткізгіштікке немесе л-типті өткізгіштікке ие болады (ағылшын negative — «теріс»).

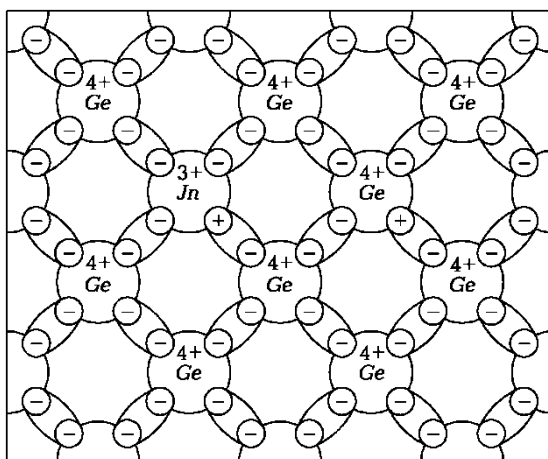
Егер қоспа ретінде сыртқы қабықшада үш электроны бар (8.3, б сур.) үшінші топтың элементтері (индий немесе галий) қолданылса, онда осы атомдар кристал құрылымында көршілес үш атомдармен ковалентті байланыс орнатады, ал төртінші атомның жанында тесік пайда болады. Электрлік өріс болғанда тесіктер жартылайөткізгіште қозғалады, нәтижесінде тесіктік өткізгіштік пайда болады. Осындай қоспасы бар жартылайөткізгіштерде тесіктік өткізгіштік электрлік өткізгіштіктен басым болады, сондықтан оны тесіктік немесе р-типті (ағылшын positive — «оң») деп атайды.

Монокристалдық¹ жартылайөткізгіштен жасалған пластинада сәйкес қоспаларды енгізіп екі облысты жасауға болады: электрондық және тесіктік.

¹ Монокристалл (гр. monos — «бір», «жалғыз») — біртекті кристаллдық құрылымы бар, жеке дара кристалл.



a



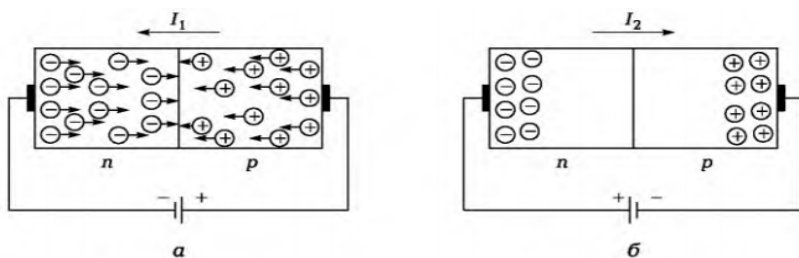
б

8.3 сур. Германийде қоспалық өткізгіктің пайда болу сұлбасы:

a — электрондық; *б* — тесіктік; «-» — электрон; «+» — тесік

Осындай облыстардың шекарасында электрондық-тесіктік деп атайтын p — л- өткел пайда болады. Осы p — л- өткелдің негізінде заманауи жартылайөткізгіштік құралдардың көбісі негізделген.

Бөлме температурасында электрондар p — л- өткел арқылы л-жартылайөткізгіштен олардың концентрациясы аздау p -жартылайөткізгішке орын ауыстырады.



8.4 сур. Қоректендіру көзін іске қосқанда p — n -өткелдің жұмыс істеу сұлбасы: a — тура қосқанда; $б$ — кері қосқанда; n — өткізгіштік; p — өткізгіштік; I_1 — тура ток; I_2 — кері ток

Егер p — n -өткелді қоректендіру көзінің «плюсі» тесіктік облысқа, ал «минусын» электрондық облысқа жалғау (8.4, а сур.) тәсілімен қоректендіру көзіне жалғассaq, онда олармен мол қаныққан электрондық облыс электрондары батареяның оң полюсіне, ал тесіктер – теріс полюсіне қозғалады. Зарядтардың екі ағыны p — n -өткел арқылы I_1 тогын жасайды.

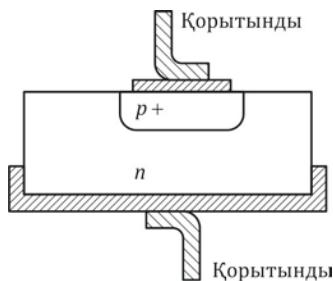
Егер қоректендіру көзінің полюстерін орнын ауыстырсақ (8.4, б сур.), онда сурет күрт өзгереді. Енді электрондар электр өрісімен оң полюске итеріледі. Тесіктік облыста электрондар қоректендіру көзінің «минусына» қарай емес, жартылайөткізгіштің тереңдігіне жылжиды және электрондық-тесіктік өткелдің шекарасындағы барлық тесіктерді толтырады. p — n өткелде потенциал сыртқы потенциалға қарама қайшы болады және токтың өтуіне кедергі жасайды, яғни $I_2 \ll I_1$.

Осылайша, p — n -өткелкөбінесе токты бір бағытта өткізеді, яғни бір жақтық өткізгіштіктігі бар. Мысалы, германийлік транзисторлар $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ жақын температурада жұмыс қабілеттілігін жоғалтады, ал кремнийлік – $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Диодтар. Диод¹ — бір p — n -өткелі, екі шығысы және симметриялық емес вольт-амперлік сипаттамасы бар жартылайөткізгіштік құрал. Жартылайөткізгіштік диодтың құрылғысы 8.5 сур. сұлбалық түрде көрсетілген.

¹ Диод — 1922 ж. О. В.Лосев Жартылайөткізгіштік диодпен сұлбада электрлік тербелістерді жасау мүмкіндігін ашты

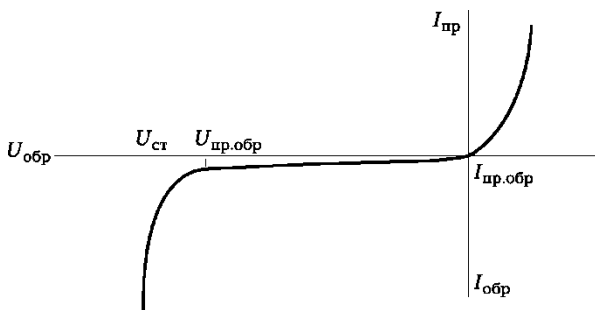
Рис. 8.5. Жартылай өткізгіштік диодтың сұлбалық көрінісі



Жартылайөткізгіштік диод токты бір бағытта ғана өткізеді. Бұл бағыт *тура* деп аталады, ал ток – *тура*, немесе *ашылатын*.

Жартылай өткізгіштік диодтардың қасиеттері мен параметрлері туралы вольт-амперлік сипаттамасы (ВАХ) бойынша талдауға болады. Түзеткіш токтың вольт-амперлік сипаттамасы диод арқылы ағатын I токтың оған берілген кернеуге U (8.6 сур.) тәуелділігін көрсетеді.

Вольт-амперлік сипаттама тура және кері тармақтан тұрады. Тура тармақ тура (өткізетін) бағытта қосылған диодтың $I_{пр}$ тура тогының оған берілген тура кернеуге тәуелділігін көрсетеді және сызықсыз сипаттамасына ие. Диодқа кіші кернеу бергенде ток өте кішкентай болады. Кернеудің азғантай ғана үлкеюі токтың едәір өсуін тудырады. Әдеттегідей, диодтағы ең үлкен кернеу 1 В-тан аспайды. Кері вольт-амперлік сипаттама кері токтың $I_{обр}$ диодқа берілген кері кернеуге тәуелділігін көрсетеді және оның да сипаттамасы сызықсыз болады.



8.6 сур. Түзеткіш диодтың вольт-амперлік сипаттамасы:

$I_{пр}$ — p -облысынан тура ток p -облыс; $I_{обр}$ — кері ток; $U_{пр}$ — тура бағыттағы кернеу (тура орын ауыстыру); $U_{обр}$ — кері кернеу; $U_{ст}$ — стабилизация кернеуі; $I_{пр.обр}$ — тесерлік кернеу; $I_{обр}$ — тесерлік ток

Кері кернеу $U_{обр}$ тесерлік кернеуге $U_{пр \cdot обр}$ теңелген сипаттама тармағының бөлігінде бүгіліс байқалады, ол кері токтың күрт өсуін көрсетеді. Мүмкін болатын максималды кернеуден асатын кернеу кезінде жартылайөткізгіштік диодтың істен шығуына әкелетін p — л-өткелдің кері айналмайтын (жылулық) тесік пайда болады.

Жоғары емес тесерлік кернеу кезінде әдетте жылулық емес, p — л-өткелдің кері айналатын көшкіндік тесік дамиды, ол өзгермейтін кернеу кезінде токтың күрт өсуі нәтижесінде болады. Осындай кернеу *стабилизация кернеуі* $U_{ст}$ деп аталады. Осындай тесікті пайдалануда жартылайөткізгіштік стабилитрондардың жұмысы негізделген, олар негізінен тұрақты және импульстік кернеудің стабилитрондары мен шектеуіштерде пайдаланады.

Жартылайөткізгіштік диодтарды дайындау үшін германий мен кремний пайдаланылады. Германийлік диодтар 70°C жоғары емес температурада жұмыс істей алады, ал кремнийдік диодтар $125... 150^\circ\text{C}$ температура диапазонында жұмыс қабілеттілігін сақтайды. Жартылайөткізгіштік құралдардың сенімділігін және тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін оларды корпустарға геметизациялайды.

Жартылайөткізгіштік материалдардың арасындағы контакттардың ауданы мен конструкциясына байланысты p -және n -өткізгіштікпен диодтар *нүктелік* немесе *жазықтық* болуы мүмкін. Нүктелік диодтарда p — л-өткелдің ауданы шаршы микрондармен өлшенеді. «Жазықтық» атауы p — л-өткел жазықтығының салыстырмалы үлкен болуымен байланысты пайда болды.

Сұлбаларда міндеті мен пайдалану сипаттамасы бойынша диодтарды түзеткіш, стабилитрондар, импульстік, варикаптық және т.б. болып бөледі.

Түзеткіш диодтар. Түзеткіш диодтар (негізінен жазықтық) ең кең таралған жартылайөткізгіштік диодтар болып табылады. Оларды өндірістік жиілікті айнымалы токты тұрақты токқа айналдыру үшін төмен жиілікті ток түзеткіштерде пайдаланады. Үлкен токтарды өткізу үшін түзеткіш диодтарда ауданы үлкен өткелдерді пайдаланады.

Кремнийдік түзеткіш диодтар -60 до $+125^\circ\text{C}$ температура диапазонында жұмыс істейді. Диодтың шектік электрлік режимі максималды кері кернеумен $U_{обр \max}$ және максималды тура токпен $I_{выпр}$ (немесе орташа түзетілген токпен) сипатталады.

Отандық өндірістпен жүз амперге дейінгі токтарға және мың вольтқа дейінгі кері кернеуге кремнийлік түзеткіш диодтар шығарылады. Егер бір диод үшін мүмкін $U_{обр}$ асатын кері кернеуге жұмыс істеу керек болса, онда диодтарды *тізбектеп* жалғайды. Түзеткіш токты үлкейту үшін диодтардың *параллельді* қосу пайдаланылуы мүмкін.

Стабилитрондар. Стабилитрондар (негізінен жазықтықты кремнийлік) диод арқылы ағатын токтың шамасы өзгертін кезде кернеу деңгейінің стабилизациясын қамтамасыз ететін сұлбаларда пайдалану үшін арналған. Олар келесідей бөлінеді:

- аз қуатты — мүмкін болатын сейілу қуаты 0,3 Вт дейін;
- орташа қуатты — мүмкін болатын сейілу қуаты 0,3 бастап 5 Вт дейін.

Варикаптар. Варикаптардың жұмыс істеу принципі p — л-өткел сыйымдылығының оған берілген кері кернеу $U_{обр}$ шамасына тәуелділігін пайдалануға негізделген. Оған берілген кері кернеудің үлкеюі барысында p — л-өткел сыйымдылығының кішіреюі барлық диодтарға тән. Варикаптардың өзгеше ерешелігі олардың осындай тәуелділігі аса айқын болуы (принципі p — л-өткел сыйымдылығы 3 – 5 есе рет өзгеруі мүмкін). Одан басқа, варикаптарға сыймдылық өзгеру процесінің кіші инерциондылығы тән.

Варикаптардың негізгі параметрлері :

- $C_{ном}$ номиналды сыйымдылықтың шамасы;
- Ығысу кернеуінің шамасы $U_{см}$, (өткелдің сыйымдылығы $C_{ном}$ номиналды сыйымдылықтың шамасына тең болғанда, $U_{см}$ — тұрақты кері кернеуі);
- Сыймдылық бойынша көлегейлеу коэффициенті $K_c = C_{в1}/C_{в2}$, мұндағы $C_{в1}$ және $C_{в2}$ — $U_{обр1}$ және $U_{обр2}$ кері кернеудің берілген мәндерінде варикап сыйымдылығы болып табылады.

Варикаптар жиілік параметрлік күшейткіштерде және басқа құралдарда айнымалы сыйымдылықтың конденсаторы ретінде, модуляция процесін және жиілікті автоматты ыңғайлауды іске асыру үшін тербелмелі контурларда пайдаланылады. Кішкентай кері ток арқасында диод өткелінде шығындар аз, сондықтан варикап сыйымдылығының беріктігі жоғары болады.

Жоғары сапалы диодтар. Ертерек қарастырылған түзеткіш диодтарды әдетте, жиі диодқа бірнеше килогерцтен аспайтын кернеуі берілетін сұлбаларда пайдаланады. Ең заманауи түзеткіш диодтар жүздеген килогерц – мегагерц бірлігі жиілікте жұмыс істейді.

Бірақ бірқатар құралдарда жұмыс жиілігі гигагерцтің бірлігі және ондықтарына ($1 \text{ ГГц} = 10^9 \text{ Гц}$) жетуге тиісті жартылайөткізгіштік диодтар талап етіледі. Осындай диодтар *жоғары жиілікті диодтар* (нүктелік) деп аталады. Жоғары жиілікті диодтардың ерекшелігі диодтың жоғары жұмыс жиіліктерінде шығыстардың индуктивтілігін ескеру керектігі болып табылады.

Жоғары жиілікті диодтардың шектік электрлік параметрлері диод арқылы $I_{пр \max}$ максималды тура ток және $U_{обр \max}$ максималды кері кернеу болып табылады.

Ажыратып-қосқыш диодтар. Бірқатар электрлік сұлбаларда диод ажыратып-қосқыш ретінде жұмыс істеуі керек, яғни уақыттың бір периодтарында ол тура бағытта (осы жағдайда диодтың кедергісі кішкентай), ал басқа — кері бағытта (осы жағдайда диодтың кедергісі жоғары) ығыстырылады. Идеалды жағдайда бір күйден екіншіге бірден ауысу керек. Шынында бір күйден екіншіге ауысу уақытының белгілі шамасы бар. Заманауи ажыратып-қосқыш диодтар кері кернеудің қалпына келу уақыты $10...100 \text{ нс}$ және одан кем.

Ажыратып-қосқыш диодтардың негізгі классификациялық параметрлері максималды тура импульстік кедергі болып табылады, ол диодта максималды импульстік тура кернеудің $R_{имп \max}$ импульстік тура токқа $I_{пр \cdot имп}$ қатынасына тең; кері кернеудің қалпына келу уақыты t_v ; берілген кері кернеуде сыйымдылық $C_{об}$.

Ажыратып-қосқыш диодтарды ауысып қосу уақыты 1 мкс -тен кем тезәрекетті сұлбалардың негізгі элементі ретінде пайдаланады.

Ажыратып-қосқыш диодтарды Шоттки контактын қолданады. Осындай контактың ерекшелігі диод базасында заряд жиналу жүрмейтінінде, сондықтан диодтың бір күйден екіншіге ауысып қосу уақыты әжептеуір кішірейтілуі мүмкін (100 нс дейін). Шоттки диодтарының басқа ерекшелігі бірдей токқа қарапайым p — л-өткелдің кернеуімен салыстырғанда кіші тура кернеу болып табылады. Шоттки диодтары транзисторлармен комбинацияда ауысып қосатын сұлбаларда жұмыс істеу үшін пайдаланылады. Тура тогы ондық ампероерге дейін және кері кернеуі жүздеген вольтқа дейінгі қуатты Шоттки диодтары айнымалы тоқты түзеткіштерде қалданылады.

Жарықдиодтар. Жарықдиодтар деп кіші қуатты жартылайөткізгіштік жарық көздерін айтады, оның негізі жылтырақ p — л-өткел болып табылады.

Оның жалтырауы заряд тасушының рекомбинациясымен¹ тудырылады. Базада негізгі емес тасушылар (эмиттермен инжектелген) рекомбинациялайды және босаған энергияны жарық кванттары түрінде шашады. Жарық шашатын Х толқының ұзындығы бір мағыналы кванттың энергиясымен анықталады, ол сәулешашырғы рекомбинация кезінде жартылайөткізгіштің тыйым салынған зонасының еніне шамамен тең болады. Галийдің арсенидінен дайындалған жарықдиодтар үшін инфроқызыл (көрінбейтін) сәулешашырғы тән. Көрінетін сәулешашырғыны алу үшін жарықдиодтарды тыйым салынған зонасы кеңірек жартылайөткізгіштерден дайындау қажет.

Жарықдиодтардың энергетикалық сипаттамасы *кванттық шығыс* (тиімділік) болып табылады, ол басқару тізбегі бойынша өтетін әр электронға жарық диодтың шығысында қаншалықты сәулешашырғы кванттары пайда болатынын көрсетеді.

Нақты уақытта фотодиодтар және жарықдиодтар оптоэлектрондық (оптрон) жұпта қолданылады. Жарықдиод электрлік ток әсерінен жарықты жасайды; фотоқабылдағыш (фотодиод, фототранзистор) жарықтандыру әсерінен токты жасайды немесе өзгертеді.

Транзисторлар. Транзисторлар^{1 2} өзімен екі өзара әрекеттесетін өткелі және үш немесе одан көп шығысы бар жартылайөткізгіштік құралдардың көрсетеді, оның күшейткіш қасиеттері негізгі емес заряд тасушылардың инжекция и экстракция³ құбылыстарымен шартталған. Транзисторларды электрлік сигналдарды күшейту, жасау және түрлендіру үшін пайдаланады. Транзисторлармен энергияны тұтынудың шағындығы, жылу шығарудың шағындығы кіші қуаттық коектендіру көздерін пайдалануға мүмкіндік береді: шағын аккумуляторлар, күн сәулелік және атомдық батареялар. Радиобөлшектер: резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік катушкалары – олардың массасын және габариттерін едәуір кішірейтіп, ықшамдап орналастыруға болады.

¹ Рекомбинация (ре + лат. combinatio — «қосылу») — ионизацияға кері процесс; рекомбинация кезінде қарамақарсы таңбамен иондар қосылғанда нейтралды молекуланы жасайды, ал электрон және иондалған атом нейтралды атом жасайды.

² Транзисторлар — 1947 ж. У. Браттейн мен Д. Бардин сигналдарды жүздеген ретке күшейтетін құрылғыны жасады. Осы приборда қолданылған әсері, ақырында «транзистор» атын алған, үшэлектродтық жартылайөткізгіштік құрылғы конструкциясының негізіне салынған. 1956 ж. бұл өнертабысқа Нобель сыйлығы берілді. Біздің мемлекетімізде германийлік нүктелік транзистордың алғашқы үлгілері 1949 ж. А. В. Красиловпен және С. Г. Мадоянмен жасалды.

³ Экстракция (көнелат. extractio — «шығару») — таңдаулы (селективті) еріткіш (экстрагенттер) көмегімен сұйық және қатты заттарды бөлу процесі.

Транзистор симметриялық құрылғы емес, әдетте коллектор эмиттерден нашарлау легирленген¹ және коллекторлық өткелдің ауданы эмиттерлік өткелдің ауданынан үлкен. Бірақ эмиттер мен коллекторды сұлбаға қосқанда, олардың орын ауыстыруға болады. Транзистордың осындай іске қосылуы *инверсті*² деп аталады. Инверстік қосылу кезінде коллектор эмиттермен болады. Осындай қосылу кезінде эмиттер ток беру коэффициенті тура қосылудан кіші болады.

Транзисторларды, диодтар сияқты, кремний мен германийден жасайды және корпустарға гаметизациялайды. Кремнийлік транзисторлар -50 бастап +150 °С дейін температура, германийлік 60 бастап +85 дейін температура диапазонында жұмыс істей алады. Жұмыс жиілігінің диапазоны бойынша транзисторларды төменжиілікті, орташажиілікті және жоғарыжиілікті деп бөледі.

Қуат бойынша транзисторларды кіші қуатты, орташа және үлкен қуатты болып бөлінеді.

Транзисторлар нүктелік немесе жазықтық болуы мүмкін. Бірақ нүктелік транзисторлар жазықтық транзисторлармен ығытырылды, олардың шу деңгейі төмен, күшейту коэффициенті жоғары және қуаты үлкен.

Жазықтық транзистор өзімен өзара әрекеттесетін екі электрондық-тесіктік өткелдер жүйесін көрсетеді, ол жартылайөткізгіштің монокристалында алынған.жүйеде үш облысты айқындауға болады: орта облыс база Б, ал шеткі облыстар – эмиттер Э және коллектор К деп аталады. Эмиттер, коллектор және база шығыстармен қамтамасыз етілген, олардың көмегімен транзистор электрлік тізбекке қосылады.

Транзисторы, в которых носителями зарядов являются и электроны, и дырки, называются *биполярными*.

Заряд тасушылары электрондар да, тесіктер де болатын транзисторлар *биполярлы* деп аталады.

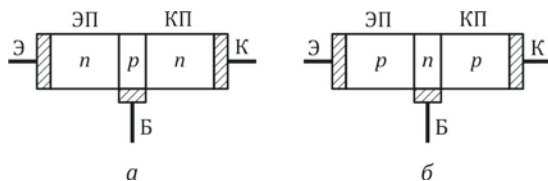
Тек қана бір негізгі зарядты пайдаланатын транзисторлар, мысалы, тек қана тесіктер немесе тек қана электрондар, *униполярлы* немесе *каналдық* (р немесе л типті өткізгіштік каналымен) немесе *өрістік* деп атайды.

Ең кеңінен биполярлы транзисторлар таралған.

Биполярлы транзисторлар. Биполярлы транзистордың құралы 8.7 сур. көрсетілген. Эмиттер мен базамен жасалған өткел эмиттерлік ЭП өткел, ал коллектор және базамен жасалған өткел – коллекторлық өткел КБ деп аталады.

¹ Легирлеу (нем. legieren, лат. legare — «байланыстыру», «қосу») —басқа физико-химиялық қасиеттерді алу үшін жартылайөткізгішке басқа элементті ендіру

² Инверсия (лат. inversio — «актару», «ауыстыру»).



8.7 сур. Биполярлы транзистордың құрылғысы:

a — $n-p-n$ -тип; b — $p-n-p$ -тип; Б — база; К — коллектор; Э — эмиттер; ЭП — эмиттерлік өткел; КП — коллекторлық өткел (

Транзистордың ^{1 2} өткелдің әр қайсысына тура немесе керіығысуды беруге болады. Транзистордың үш қосылу сұлбасын ажыратады:

- Жалпы базамен ОБ;
- Жалпы эмиттермен ОЭ;
- Жалпы коллектормен ОК.

$n-p-n$ -типті транзистор келесі режимдерде пайдаланылуы мүмкін:

- n — p -өткелдің екеуі кері бағытта ығыстырылды (қиылу режимі);
- өткелдің екеуі тура бағыта ығыстырылды (қанығу режимі);
- эмиттерлік өткел тура бағыта, ал коллекторлық өткел — кері бағытта ығыстырылды (активті режим).

Әр сұлбада транзистор вольт-амперлік сипаттамалар (кіріс, шығыс) отбасымен сипатталуы мүмкін.

Коллектор тоғын I_K және коллектор-база кернеуін $U_{КБ}$ байланыстыратын вольт-амперлік сипаттамалары *коллекторлық* деп аталады. Коллекторлық вольт-амперлік сипаттамасының негізгі параметрлері эмиттер тоғы I_E және коллектор мен база арасындағы кернеу $U_{КБ}$ болып табылады.

Эмиттер тоғын I_E және эмиттер-база кернеуі $U_{ЭБ}$ байланыстыратын вольт-амперлік сипаттама *эмиттерлік* деп аталады. Эмиттер тоғы электрондармен ғана емес, сонымен қтар тесіктермен де анықталады. Эмиттерлік вольт-амперлік сипаттамасы коллектор-база кернеуі $U_{КБ}$ болады. Кіріс шығыс сипаттамаларының отбасын пайдаланып, транзистордың нәтижелік жұмыс режимін (жұмыс нүктесін) таңдауға болады. Жұмыс нүктесі коллектордың бастапқы тоғымен I_{0K} және коллектор мен база арасындағы нәтижелік кернеумен $U_{0КБ}$ анықталады. Жұмыс нүктесі коллектордағы ток пен кернеу оларды өлшеу процесінде максималды мүмкін болатын мәндерден аспайтындай таңдалуы тиіс.

Униполярлы өрістік транзисторлар. Өрістік транзисторлар деп жартылай өткізгіштік активті элементтер аталады, олардың жұмыс негізінде тек бір типті жылжымалы заряд тасушықолданылады: тек электрондар немесе тек тесіктер. Өрістік транзисторлардың негізгі белгісі жоғары кіріс кедергісі болып табылады, сондықтан олар биполярлы транзисторлар сияқты токпен емес, кернеумен басқарылады. Өрістік транзисторлардың екі типі ең кең таралған: басқаратын p — л-өткелмен транзисторлар және металл— диэлектрик—жартылайөткізгіш (МДП) сқұрылымымен транзисторлар.

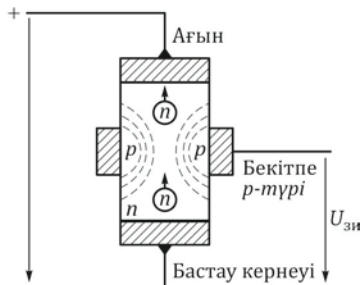
Басқаратын p — л-өткелмен өрістік транзисторлардың жұмыс принципі p — л-өткелге кері ығыстыру кернеуін бергенде оның кеңею жолымен активті қабықтың (канал) кедергісін өзгертуге негізделген.

8.8 сур. өрістік транзисторлардың құрылымдық суреті көрсетілген.

Құрал өзімен n -типті жартылайөткізгішті көрсетеді, ол *канал* деп аталады (бұл каналдық транзистор атаулардың біріне байланысты). p — л-өткел арасындағы қашықтық W *канал ені* деп аталады. Жартылайөткізгіш пластинасының қарама қарсы жақтарынан жасалған шығыстар *бастау* және *ағын* деп аталады. P -облыстан шығысы (басқаратын электрод) бекітпе деп аталады. Бекітпеге кері кернеуді бергенде транзистордың p —л-өткелі жабық. Жабатын кернеудің үлкеюімен канал өткізгіштігі толық жабылғанға дейін кішірейеді. Осылайша, кернеуді өзгерте отырып ағын тоғын басқаруға болады. Өрістік транзисторлар p - каналмен де, так и с n -каналмен де орындала алады.

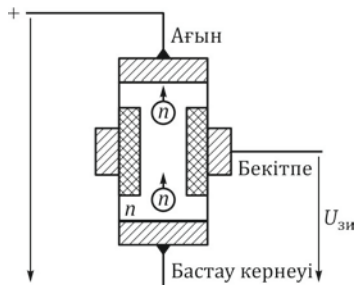
МДП — транзистор (металл— диэлектрик —жартылайөткізгіш) изоляцияланған бекітпемен транзистор деп аталады немесе МОП (металл—окисел— жартылайөткізгіш) (8.9 сур.) Басқаратын p — л-өткелмен өрістік транзисторлардан ерекше МДП-транзисторлардың бекітпе электроды жартылайөткізгіштік каналдан изолятордың жұқа қабатымен бөлінген, сондықтан p — л-өткел жоқ.

Потенциалдардың айырмасын беруге дейін бастау мен ағын арасында канал жоқ және ағын тогы нөлге тең. Жартылайөткізгіште кернеудің әсерінен изолятормен шекарада канал өткізгіштігін өзгертетін индукцияланған заряд пайда болады. Бекітпеде белгіленген кернеуден U_0 оң кернеу артқанда электр өрісінің әсерінен бекітпеге меншікті төсеніш электрондарды тарту арқасында каналдың құрылуы жүреді. Индукция (*лат. inductio* — «қозу», «кезеу») электрлік өріспен электрлік зарядтарды өткізгіштер мен диэлектриктерге кезеу.



8.8 сур. транзистора басқаратын р—л-өткелмен өрістік транзистордың сұлбалық суреті:

@ — электрондар; p — тесіктер; n — облыс; $u_{зи}$ — бекітпе—бастау кернеуі



8.9 сур. Изоляцияланған бекітпемен өрістік транзистордың сұлбалық суреті:

@ — электрондар; n — облыс

Канал құрылуы басталатын U_0 кернеуі (ағын тогы пайда болады) *қиылу кернеуі* немесе *шектік кернеу* деп атау қабылданған. Бекітпе және бастау арасындағы потенциалдыр айырмашылығы қиылу кернеуінен U_0 асқанда, каналдың кедергісі азаяды және ағын тогы I_c үлкееді.

Жоғары сенімділігі және төзімділігі бар транзисторлардың пайда болуы шағын электронды сұлбаларға өтуге негіз болды. Бірақ электрондық сұлба – бұл бөлек элементтер мен түйіндердің жинағы ғана емес. Бөлек элементтердің өзара байланыстарды орындау проблемасы да маңызды. Сондықтан сансыз байланыс сымдардың орнына баспа сұлбалары ендіре басталды (элементер арасындағы байланыстар изоляцияланған төсеніште өткізгіштер көмегіменг орындалады).

Интегралдық микросхемалар. В микроэлектронике на смену схемам на дискретных компонентах пришли интегральные схемы¹. Микроэлектроникада дискретті компоненттердегі сұлбалардың орнына интегралды сұлбалар келді.

¹ Интегралды микросхема (интеграция – қандай да бір бөлшектердің элементтердің бір бүтінге біріктіру) – 1959 ж. планарлық («планарлық» ағылшын тілінен planar — «тегіс») деп аталатын жартылайөткізгіштік құралдарды жасау технологиясы ұсынылды, ол «индивидуалды» кристалдарда бөлек құралдарды жасаудан бір кристалда көп құралдарды жасауға өту мүмкіндігін берді. Нәтижесінде жартылайөткізгіштің бір пластинасында бірнеше мың транзисторларды жасау мүмкін болды.

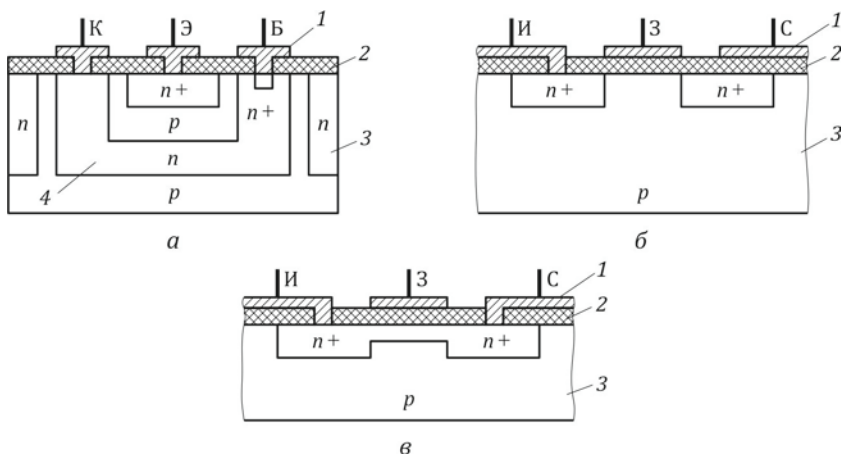
Интегралды микросхема өзімен шағын электрондық құрылғыны көрсетеді.

Жартылайөткізгіштік интегралды микросхема.

Жартылайөткізгіштік интегралды микросхема элементтер қатары және өзара электрлік байланысының жасалған әдісі оны техникалық талаптар, сынақтар, сауда және эксплуатация көзқарасынан оны бүтін құрылғы ретінде қарастырады.

Жартылайөткізгіштік материалдың ішінде орындалған элементтер бір бірінен бөліне алмайды, сондықтан оларды жөндеу және ауыстыруға болмайды. Жартылайөткізгіштік интегралды микросхема қандай да бір элемент істен шықса барлық микросхеманы ауыстырады.

Интегралды микросхемаларды өндіруде жұмыс температураларының кең интервалы және оның үстінде SiO_2 кремний диоксидінің берік қабықшаны алу мүмкіндігі салдарынан ең кең қолданысты кремний алды. Осы қабықша бір қатар технологиялық операцияларды орындағанда қорғау жабыны ретінде қызмет етеді, схеманы сыртқы әсерінен және бөлек элементтерден изоляциялау үшін қолданылады.

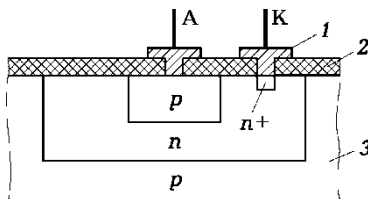


8.10 сур. Транзисторлар құрылымдары:

а — планарлық-эпитаксиалдық биполярлы; *б* — индукцияланған каналмен МОП-транзистор; *в* — кірістірілген каналмен МОП-транзистор; 1 — алюминийдік контакт; 2 — кремний диоксиді; 3 — кремний кристалы; 4 — n-типті канал; К — коллектор; Э — эмиттер; Б — база; И — бастау; З — бекітпе; С — ағын; *p* — облыс; *n* — облыс

8.11 сур. Диод құрылымы:

1 — кремний диоксиді; 2 — алюминийдік контакт; 3 — кремний кристалы; p — облыс; n — облыс; А — анод; К — катод



Жартылайөткізгіштік микросхемалар элементтері транзисторлар, диодтар, резисторлар және конденсаторлар болады.

Интегралды микросхемаларда биполярлы және и униполярлы (өрістік) *транзисторлар* (8.10 сур.) пайдаланылады.

Жартылайөткізгіштік интегралды микросхемаларда *диодтар* диффузионды және монокристалды жартылайөткізгіштің арасында p — n -өткелді жасау жолымен құрастырылады (8.11 сур.).

Интегралды схемаларда екі типті резисторлар пайдаланылады: жартылайөткізгішті немесе жұқакабықшалы. Жұқакабықшалы резисторлар үлкен номиналдың тұрақты және дәл кедергілері қажет болған жағдайда қолданады. Жартылайөткізгішті резисторлар диффузия әдісімен алынады (8.12, а сур.). Жұқакабықшалы резисторлар өзімен диоксид кремний қабықшасында орналасқан үлкен кедергісі бар материал қабықшасын көрсетеді (8.12, б сур.). Жұқакабықшалы резисторлардың артықшылығы оларды кішірек ауданға орналастыру мүмкіндігі және жақсырақ изоляция болып табылады.

Жартылайөткізгішті микросхемалардың *конденсаторлары* диффузды, металл-оксид-жартылайөткізгішті (МОП-кондесаторлар) және жұқакабықшалы (8.13 сур.) болады. Диффузды конденсаторлар кері бағытта ығыстырылған p — n -өткелмен жасалады (8.13, а сур.). МОП-конденсаторлар тікелей өткізгіштік пластинаның еденінде жасалады (8.13, б сур.).

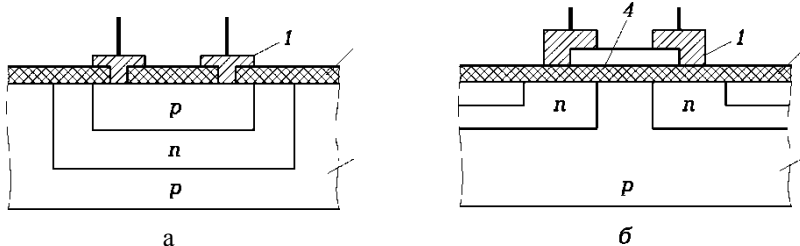
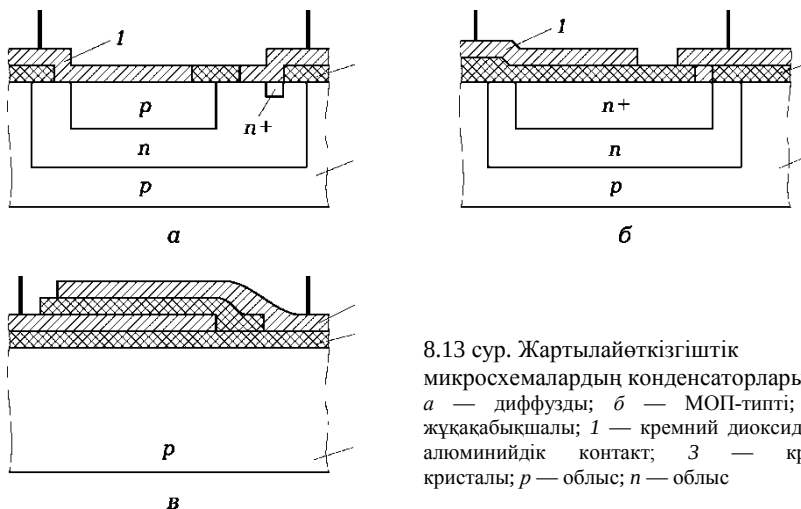


Рис. 8.12. Жартылай өткізгіштік микросхемалардың резисторлары:

а — жартылайөткізгіштік (диффузионды); б — жұқакабықшалы; 1 — кремний диоксиді; 2 — алюминийдік контакт; 3 — кремний кристалы; 4 — нихром қабықшасы



8.13 сур. Жартылайөткізгіштік микросхемалардың конденсаторлары: а — диффузды; б — МОП-типті; в — жұқақабықшалы; 1 — кремний диоксиді; 2 — алюминийдік контакт; 3 — кремний кристалы; p — облыс; n — облыс

Мұнда диэлектрик болып тікелей жартылайөткізгіште жасалған кремний диоксидінің қабығы қызмет атқарады. Электродтың бірі оксидтің астында жататын n -типті кремний облысы болады. Басқа электрод оксид қабығына салынған өткізетін алюминий қабығы болады. Жұқақабықшалы конденсаторларды, конденсатор пластинасын жасайтын алюминийден екі өткізетін қабықша арасында диэлектрик қабықшасын тұндыру жолымен алады (8.13, в сур.).

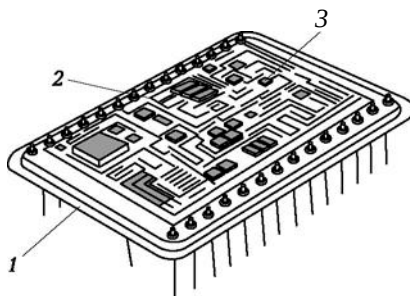
Гибридті интегралды микросхемалар жұқақабықшалы және қалыңқабықшалы болып бөлінеді.

Жұқақабықшалы интегралды микросхемалар. Жұқақабықшалы интегралды микросхемалар деп барлық элементтер мен байланыс сымдары қабықша түрінде жасалған микросхемаларды айтады. Аспалы активті элементтерді¹ пайдаланатын жұқақабықшалы микросхемаларды *гибридтік-қабықшалы интегралды схема* (8.14 сур.) деп атайды. Гибридтік-қабықшалы интегралды схемалардың пассивті элементтерін (резисторлар, конденсаторлар және т.б.) жұқақабықшалы технология әдісімен алады. Активті элементтерді кәдімгі жолмен жасайды, бірақ шағын немесе корпуссыз орындайды және жапсырма немесе дәнекерлеу арқылы төсенішке монтаждайды, ал шығыстарды микросваркамен немесе дәнекерлеумен платаның контакттық алаңына қосады.

¹ Аспалы активті элементтер өзімен шағын орындауда дәстүрлік технологиямен жасалатын көлемді активті радиоэлементтерді көрсетеді, оларды төсеніш үстіне монтаждайды.

8.14 сур. гибридіт-қабықшалы интегралды схема (герметизацияға дейін):

1 — корпус; 2 — төсеніш (поликор);
3 — аспалы элементтер



Жұқақабықшалы интегралды микросхемалар үшін төсеніштер ретінде ситалл¹, поликор^{1,2}, синтетикалық сапфир³ пайдаланады.

Қалыңқабықшалы интегралды микросхемалар. Қалыңқабықшалы интегралды микросхемалар деп пассивтік элементтер, элементарлық қосылыстар және контакттық алаңдарды төсеніш үстіне құрамы бойынша әр түрлі пасталарды ретпен түсіру және кейінгі қыздыра жабындау жолымен жасайтын микросхемаларды айтады. Пассивті элементтерді қалыңдығы 1 мкм-нан асатын қабықшалардан (әдетте 5-тен 25 мкм дейін) жасайды. Активті элементтер әдеттегі технология бойынша дайындайды және платаның сәйкес контакттық алаңдарына қосып төсеніште монтаждайды. Қалыңқабықшалы интегралды микросхемалардың негізі керамикадан⁴ жасалған төсеніш болып табылады.

Тиристорлар. Тиристорлар өзімен төрт қабатты жартылайөткізгіштік құрылымды көрсетеді $p - n - p - n$ (8.15 сур.), оның воль-амперлік сипаттамасында теріс кедергі аймағы (8.16 сур.) бар.

Тиристордың құрылымын $p - n - p$ және $n - p - n$ -типті екі биполярлы транзисторлардың қосылысы (8.17 сур.) ретінде көрсетуге болады.

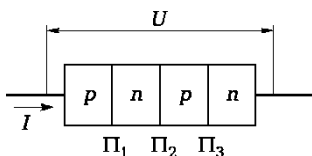
$p - n - p$ -транзистордың күшейту коэффициенті — K_p , ал $n - p - n$ транзистордың — K_n . P_2 тиристорадың орталық өткелдің тогы екі транзистор токтарының коллектирлендіруден құрылады. Егер сыртқы тізбекте ток I -ге тең болса, онда орталық өткелге $K_{p1} + K_{n1} = (K_p + K_n)I$ тең ток жетеді. Егер беру коэффициенттерінің қосындысы бірден төмен болса ($K_p + K_n < 1$), онда P_2 өткел арқылы бағыты сыртқы тізбектің ток бағытымен сәйкес келетін қосымша ток $(1 - K_p - K_n)I$ ағу қажет.

¹ Ситалл («силикат» (кремний) және «кристалл» сөздерден қысқарма) — шынымассасын ішінара кристаллизациялау өнімі.

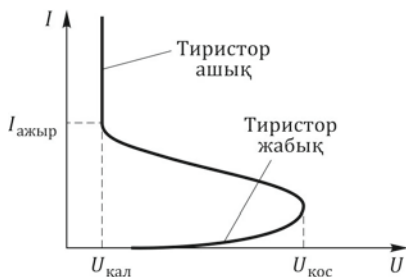
² Поликор — жоғарыбалшықты керамикалық материал.

³ Синтетикалық сапфир — алюминийдің монокристалдық тотығы.

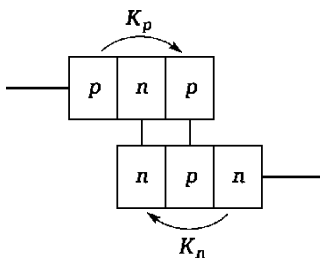
⁴ Керамика — күйдірілген балшықтан жасалған барлық бұйымдардың жалпы атауы.



8.15 сур. Төрт қабатты құрылым р-п-р-п-құрылым (тиристор):
 I — ток; U — кернеу; Π_1, Π_2, Π_3 — p — n -өткелдер



8.16 сур. Тиристора вольтамперлік сипаттамасы:
 I — тиристор тогы; U — тиристор кернеуі;
 $I_{\text{выкл}}$ — ажырату тогы; $I_{\text{вкл}}$ — қосу кернеуі;
 $I_{\text{ост}}$ — қалдық кернеу

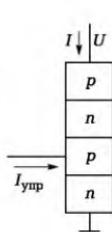


8.17 сур. Екі транзисторлық тиристор моделі:
 n — p -транзистордың K_p — күшейткіш коэффициенті p —;
 n — p - n -транзистордың K_n — күшейткіш коэффициент

Токтың осындай ағуы Π_2 өткелдің кері ығысуына және тиристор күйіне сәйкес. Егер беру коэффициенттерінің қосындысы бірден үлкен ($K_p + K_n > 1$) болса, онда орталық өткел арқылы қосымша ток ағуы керек, бірақ осы токтың бағыты сыртқы тізбектегі токтың бағытына қарама қарсы. Бұл орталық өткелдің ығысуына және тиристордың ашық күйіне сәйкес. Осы күйде тиристорда бір p -өткелдің кернеуіне шамамен тең болатын кернеу төмендейді. Осы кернеу қалдық кернеу $U_{\text{ост}}$ деп аталады. Әдетте, $U_{\text{ост}} = (0,7 \dots 1) \text{ В}$.

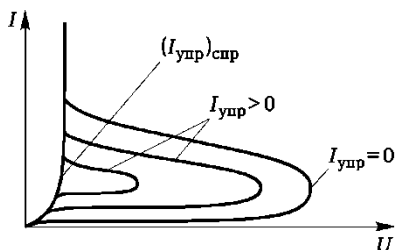
Биполярлы транзисторлардың күшейткіш коэффициенттері эмиттер тогы үлкейгенде үлкееді. Сондықтан тиристордың сыртқы тізбегінде токтың өсуі кезінде беру коэффициенттерінің сомасы $K_p + K_n < 1$ мәнінен $K_p + K_n > 1$ мәнге дейін үлкееді және тиристорде кернеу алдымен өседі, ал кейін кішірееді. $K_p + K_n = 1$ шартына тиристордың ажырату тогы $I_{\text{выкл}}$ сәйкес.

Егер p — n — p -транзистордың база облысына сыртқы басқаратын ток енетін болса (8.18 сур.), онда беру коэффициенттері сомасының бірге теңдігі ($K_p + K_n = 1$ шарты) сыртқы тізбектің кіші токтарында орындалады.



8.18 сур. p-база бойынша тиристорды басқару:

I — сыртқы тізбектегі ток; U — тиристордегі кернеу; $I_{упр}$ — басқару тогы



8.19 сур. Әр түрлі басқару токтары үшін тиристордың вольт-амперлік

сипаттамасы: I - ток, $I_{упр}$ - басқару тогы; $(I_{упр})_{спр}$ - түзетілу басқару тогы

Бұл ажырату тогының және қосу кернеуінің кішіреюіне әкеледі. Түзетілу басқару тогы $(I_{упр})_{спр}$ деп аталатын, басқару тогының кейбір мәнінде теріс кедергінің аймағы (8.19 сур.) жоғалады және кез келген токта тиристор ашық жағдайда болады.

Тиристор дербес құрылғы ретінде микроэлектрондық құрылымдарда сирек қолданылады (мысалы, интеграциялық дәрежесі кішкентай қуатты мамандандырылған микросхемаларда кілт ретінде).

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Жартылайөткізгіштік құрылғыларда дайындау үшін қандай материалдар пайдаланады?
2. Қандай құрылғылар диодтар, транзисторлар, микросхемалар деп аталады?
3. Микросхемалар қандай болады?

ҮЛЕСТІРМЕЛІ ПАРАМЕТРЛІ ТІЗБЕКТЕР**9.1.****ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ ТОЛҚЫНДАРДЫ
ЖІБЕРУ ЖЕЛІСІ**

Егер кедергіге, сыйымдылыққа, индуктивтілікке ие элементтердің мөлшерлері сигнал жіберушы X толқын ұзындығымен тең болса, онда мұндай элементтер тізбек бойынша *үлестірілгендер* болып табылады. Осындай тізбектегі токтар мен кернеулер уақытқа ғана байланысты емес, сондай ақ тізбектер координаттарына да байланысты. Электромагниттік толқындарды және антенна жіберу желілерінің үйлестірілген көрсеткіштері бар тізбектер мысалдары болып табылады.

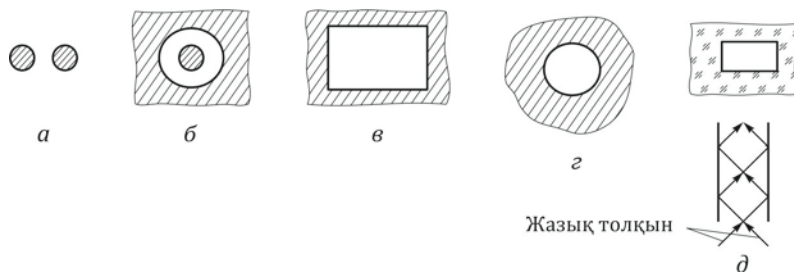
Радиоэлектроникада жіберу желілері басым көпшілік жағдайда энергияны емес радиосигналдарды беру үшін пайдаланылады, оны тасымалдау қазіргі уақытта электр беру желілері арқылы жүзеге асырады. Электромагниттік толқындар жіберу желілерінің 150-ден астам түрі белгілі. Олар екі үлкен санатқа бөлінеді: ашық (сур. 9.1, а) және жабық (сур. 9.1, б, в, г).

Ашық жіберу желісінде өріс немесе оның бір бөлігі желіні қоршап жатқан кеңістікте қолданылады. Ашық желідегі толқындар үстірт сипатқа ие: энергияның бір бөлігі желіні қоршап жатқан кеңістікте таратылады. Ашық желідегі толқындарды ұстау тетігі жазық толқынның екі диэлектрлік орталарының жазық шекарасынан толық ішкі шағылу құбылысын жүзеге асырудағыдан тұрады. Екі жазық толқынның толқынжол қабырғасынан дәйекті көрсету процесі 9.1, д. суретінде көрсетілген.

Жабық желіде жіберу өрісі экран ішінде шоғырланған және кез келген толқынжолдағы оның қайта құрылуларында сыртқа шықпайды.

Тарихи бірінші жіберу желілері (кейде ұзын желілер деп те аталатындар) қос сымдық жіберу желілері және коаксиальды жіберу желілері болды. Миллиметрлік диапазондардың дециметрлік және ұзын толқынды бөлігінің едәуір жоғары жиіліктерінде көлденең қималарының түрлі нысандағы толқынжолдарын қолданады.

¹ Коаксиальды— жоғары жиіліктегі электрэнергиясын беруге арналған.



Сур. 9.1. Кейбір толқын жетектеуші жүйелердің көлденең кималары:

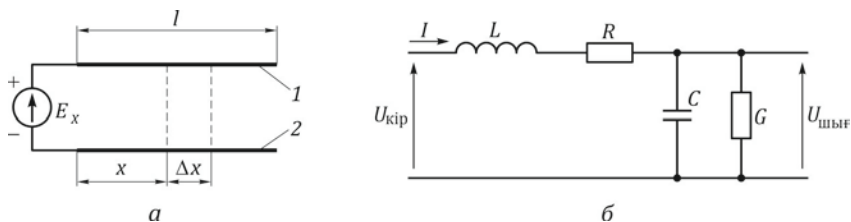
a — қос сымды желі; *б* — коаксиальды желі; *в* — тік бұрышты толқынжол; *г* — дөңгелек толқынжол; *д* — тік бұрышты диэлектрлік толқынжол

Цилиндрлік диэлектрлік толқын (сур. 9.1, г) оптикалық диапазонда сәулежел атымен қолданыс тапты (оптикалық толқынжол). Оптикалық диапазонның электромагниттік толқындарын жіберу үшін желі ретінде адам шашынан да жұқа шыны талшықтар пайдаланады. Мұндай жіберу желілері *талшықты-оптикалық* деп аталады. Жарық сәулесі, талшық бойынша тарай отырып, оның қабырғаларынан іс жүзінде шығынсыз көрініс табады.

Сигналдарды жіберу үшін, сондай-ақ резонанстық құрылымдарды да (резонаторларды) пайдаланады. Қарапайым резонанстық құрылым бір-бірінен 21 қашықтықта орналасқан екі параллель металл жазықтық болып табылады. Мұндай резонатордағы тербелістің пайда болу процесі екі жазық толқынның қабаттасуын білдіреді: тікелей және кері.

Қос сымдық жіберу желісі екі сымнан тұрады, олардың арасындағы a қашықтығы толқын X ұзындығынан едәуір аз. Мұндай жіберу желілеріндегі сымдардың ажыратқышы ретінде ауа қызмет етеді, сондықтан оларды әуелік деп атайды. Егер қос сымдық жіберу желісінің ұзындығы онда сигнал жіберуші толқын ұзындығынан ұзын болса, ($l > X$), онда осы уақыт сәтінде әртүрлі желілер қималарындағы электр тогы бірдей емес, сондықтан желі шынжырмен таратылған параметрлі деп аталады. Жіберу желісі сымдары, олардың мөлшері толқын ұзындығымен бірдей, шартты түрде ұзын желілер деп атауға болады (сур. 9.2, а).

Конденсаторларда, шарғы индуктивтілігіндегі немесе резисторларда ағатын құбылыстардан ұзын желідегі құбылыстардың түбегейлі айырмашылығы, ол шарғы индуктивтілігіндегі, конденсаторлар немесе резисторлардағы кез-келген нүктелеріндегі электр тербелістерінің фаза және амплитудасы бірдей.



Сур. 9.2. Ұзын желі:

a — ұзын желі кесіндісі; b — ұзын желінің Δx экарапайым ұяшығының эквивалентті схемасы; 1 және 2 — сымдар; l — желі ұзындығы; x — ұзын желі кесіндісі; Δx — ұзын желінің қарапайым кесіндісі; L — индуктивтіліктің шарғысы; R — резистор; C — конденсатор; G — сымдар арасындағы оқшаулау материалының өткізгіштігі; E_x — тұрақты кернеу көзі; $U_{\text{кір}}$ — кіріс кернеуі; $U_{\text{шығ}}$ — шығыс кернеуі; I — электр тогы

Ұзын желілерде, тербеліс фазасы әртүрлі нүктелерінде әртүрлі болып келеді. Сонымен қатар, шоғырланған параметрлері бар тізбектерінде электромагниттік энергия шоғырланатын элементтерді көрсету оңай: бұл конденсаторлар, индуктивтілік шарғылары. Ұзын желілерде оны істеу мүмкін емес, өйткені олардың бүкіл сымдарының ұзындығы бойынша электрлік те және магниттік энергия да жиналады.

Сым ұзындығындағы әрбір бірлік белгілі бір L индуктивтілігіне, R кедергісіне және G сымдары арасындағы оқшаулау материалының өткізгіштігіне ие. Сонымен қатар, сымдар оқшаулау материалдарымен бөлінген қарама-қарсы сым учаскелері, өзінше конденсаторлар құрайды, олар белгілі бір C сыйымдылығына ие. Егер бұл параметрлер ұзын желі бойы тұрақты болып қалатын болса, онда мұндай желі *біртекті* деп аталады. Желі ұзындығы бірлігіне келетін, индуктивтілік L және сыйымдылық C *құма индуктивтілік* және *ұзын желі сыйымдылығы* деп аталады.

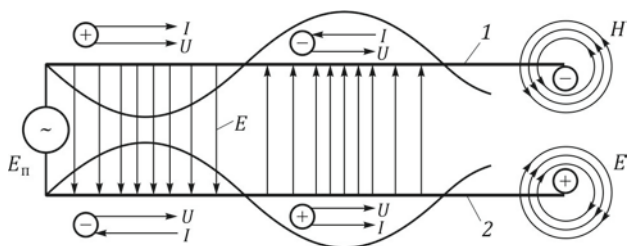
Егер ұзын желідегі шығындар шамалы болса, онда қарсылық R және G сымдары арасындағы оқшаулау материалы өткізгіштігін нөлге тең ($R = G = 0$) деп санауға болады. Мұндай желі *шығынсыз ұзын желілер* деп аталады немесе мінсіз. Осындай ұзын желімен өзгертпей және сөндірмей кез-келген нысандағы толқындарды жіберуға болады. Тәжірибеде қолданылатын ұзын желілердің шығындары бар, бірақ оларды шығыны аз болатындай құрастырады.

Ұзын желінің аз кесіндісіне Δx , оның шегінде электр тогын кез келген белгіленген уақытта тұрақты деп санауға болады, оның эквивалентті схемасы шоғырланған параметрлермен сәйкес келеді.

Шартты түрде барлық ұзын желіні қарапайым учаскелерге Δx бөліп, дәйекті жалғанған ұшықтар тізбегі түрінде оның эквивалентті схемасын бейнелеуге болады. Қарапайым учаскесіне Δx сәйкес келетін, ұзын желінің ұшығының эквивалентті схемасы 9.2, б. суретте көрсетілген.

Қос сымды жіберу желісіне қосқанша дейін ток болмайды. Тұрақты кернеу E көзін шексіз ұзын желі (шығыңдаң айрылған жағдай үшін) басына қосқан кезде, бір сымына теріс полюсі көзі бар электрондар түседі, ал басқа сымнан электрондар оң полюске кетеді, сондықтан көзіне жақын сымдар учаскелерде ток өте бастайды. Нәтижесінде жақындағы ұзын желінің сым учаскелері оқталады, олардың арасында кернеу туындайды, ол көзінің кернеуіне тең тең. Бұл ұзын желінің оқталған учаскесі келесі учаске үшін кернеу көзі рөлін атқара бастайды және т. б. Осылайша, шексіз желі бойымен ұзын желінің бір учаскесінен ұзын желі басқа учаскесіне электр тогы өте бастайды, ол сымдар айналасында арасындағы сымдардың түрлі зарядтары арасында магниттік және электрлік өріс туындатады.

Айнымалы кернеу көзі ұзын желісінің басына қосылған кезде, тұрақты кернеу көзі қосылған кездегідей құбылыстар болады. Айнымалы кернеу ұзын желі бойымен, айнымалы электр өрісін жасай отырып, тарайды (сур. 9.3). Бұл айнымалы электр өрісі сымдарда ауыспалы электрлік тогын тудырады, ол, өз кезегінде, сым айналасында айнымалы магнит өрісін жасайды.



Сур. 9.3. Қос сымды (ұзын) желінің электрлік және магниттік өрістері:

1 және 2 — сымдар; E — электр өрісінің кернеулігі; E_n — айнымалы кернеу көзі; H — магнит өрісінің кернеулігі; I — электр тогы; U — кернеу; $\rightarrow I$ — ток өзгерісінің бағыты; $\rightarrow U$ — кернеу өзгерісінің бағыты

Ұзын желінің сымдары арасында E электр өрісі және H магниттік өрісті кернеулігі бар. Магниттік өріс, желілерінің тогы бар өткізгіш айналасында тұйықталған. Магниттік өріс екі өткізгіште қуат берушімен анықталады, яғни бір таратқышта ток бір бағытта ғана жүреді, ал екіншісінде қарама-қарсы жүреді. Сонымен, ұзын желі бойымен ауыспалы кернеудің көзінің қосылуы жүгіретін *электромагниттік толқындар* құрайды, олар желі бойымен бір бағытта тарайды. Жіберу желісі бойымен қатар, ауыспалы ток пен кернеу толқыны тарайды. Электр тогы мен кернеу шексіз ұзын желіде жүгірмелі толқында фазамен сәйкес келеді.

Электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы оның погондық сыйымдылығы мен индуктивтілігі мәніне байланысты. Погондық сыйымдылығы мен индуктивтілігінің мәні жоғары болған сайын, толқынның таралу жылдамдығы да аз.

Жіберу желісінің кіріс қарсылығы жүгірмелі толқында *толқынды қарсылық* Z_0 ($Z_0 = \sqrt{L / C}$) деп аталады.

Оңға және солға жүгіретін толқындар кернеу көзімен тек жіберудің шексіз ұзындығы желілерінде қозғалады. Соңғы ұзындықтың жіберу желілерінде жүгірмелі толқын режимі жүзеге асырылмайды.

Ұзын желілер, біріктіретін желілер ретінде кең қолданылады, мысалы жоғары жиіліктің электрлік тербелісін радиоқабылдағыштан антеннаға жіберу үшін және антеннадан радиоқабылдағышқа. Бұл жағдайда жіберудің ұзын желісі *фидер*¹ немесе қуат беруші желі деп аталады.

Шекті ұзындығы желілері ұшында (бос жүріс) тұйықталған тербелістің таралуы. Тұрақты ток немесе төменгі жиілік тогы көзі үшін соңында тұйықталған шекті ұзындық желісі орнатылған режимде шексіз үлкен қарсылықты білдіреді. Жоғары жиілік көздері үшін желі толқын ұзындығымен бірдей, оның қарсылығының ақырғы, тіпті нольдік мәніне ие болуы мүмкін. Жүктеменің тұйықталған соңымен жіберу желісі қарсылығы шексіздікке тең ($R_k = \infty$). Осындай жіберу желісін қорек кезіне қосқан кезде онда электромагниттік толқын тарайды, ол *түсуші деп аталады*. Беруші толқынмен құрылатын жіберу желісінің соңында қосарланған мәнін қабылдайды. Ал жіберу желісі аяғына келетін зарядтар, ары қарай жүре алмайды, сондықтан электр тогы желі соңында нольге тең болады ($I = 0$).

¹ Фидер (ағылш. feeder — «қуат беру»).

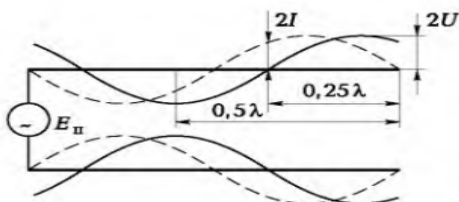
Нәтижесінде, жіберу желісінде соңынан басына қарай жүгіретін және құлайтын толқын тәріздес осындай амплитудасы және фазасы бар толқын құрылады. Бұл толқын *шағылған толқын* деп аталады. Шағылысу кернеудің шағылысу p коэффициентімен сипатталады, ол шағылған толқынның кернеуінің тікелей (түсуші) толқын кернеуіне қатынасымен анықталады ($p = U_{\text{шағ}}/U_{\text{тік}}$). Шағылған толқындар кернеуінің белгісі әрқашан оның ток белгісіне қарама-қарсы. Кез-келген жіберу желісі нүктесінде әр уақытта нәтижелі кернеу түсуші және шағылушы толқын кернеуі сомасына тең болады.

Электр тогының ауытқу шегі мен кернеуін бөлу, электр тогы және кернеу бойымен жіберу желісі 9.4. суретте көрсетілген. Электр тогының ауытқу шегін бөлу, толқын ($X/4$) ширегінде ауытқуы бар кернеу ауытқуының шегін бөлуден ерекшеленеді. Кернеу ауытқу шегі желісінің ұшында генератор құратын кернеу екі есе көп болады, түсуші және шағылушы қосу салдарынан. Тербеліс амплитудасы ең жоғарғы шегіне жететін толқынның толықтығы бар нүктелерде ең жоғарғы шегіне жетеді деп айту қалыптасқан. Желі соңынан $0,25 X$ қашықтықта кез келген сәтте бұл нүктеде, кернеу түсуші және шағылушы толқынның жойылуы салдарынан, нольге тең болады. Тербеліс амплитудасы ең төменгі шегіне жететін толқынның түйіні бар нүктелерде ең төменгі шегіне жетеді деп айту қалыптасқан. Желі соңынан $0,5X$ қашықтықта жойылған нүктеде тербеліс амплитудасы тағы да $2U$ -ға тең, *әр жарты толқын сайын кернеу мәні қайталанады*.

Толқын кернеуі сол белгімен алшақ желі соңынан толығымен көрініс береді, ал электр тогының толқыны да толық көрсетіледі, бірақ қарама-қарсы белгімен (кернеуді жіберу желісінің соңында екі есе артады, ал электр тогы нөлге тең).

Ұзын желінің ашық және жабық жіберу желілерінен толқынның толық көрінісі жасалады, онда *тұрғын толқынды* жасайды.

Сур. 9.4. Ток амплитудасы мен кернеуді ашық жіберу желісінде бөлу: E_{π} — ауыспалы кернеу көзі; I — электр тогы; U — кернеу; λ — толқын ұзындығы

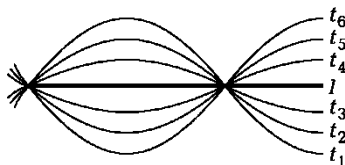


Тұрғын толқын аз шығындары бар жіберу желісінде түсуші және шағылушы толқындар қосындысымен туындайды, олардың бірдей дерлік амплитудасы бар. Нәтижесінде жіберу желісі бойымен кейбір нүктелерінде кернеудің (немесе токтың) амплитудасы екі есе дерлік артады, ал басқа нүктелерінде нөлге тең.

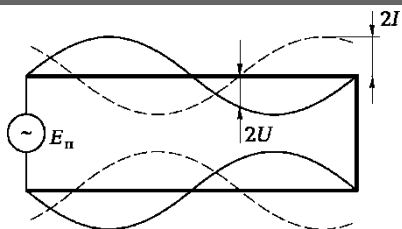
Кернеудің лездік мәнін бір сым бойымен бөлудің түрлі сәттердегі ажыратылған жіберу желілеріндегі лездік мәндері 9.5.-суретте көрсетілген.

Жіберу желілерінің ақырғы ұзындығының тербелістің таралуы, қысқа тұйықталғандарда соңында. Кернеу мен ток амплитудасын жіберу желісінде бөлу, қысқа тұйықталғандарда соңында 9.6. суретте көрсетілген. Жіберу желісінің соңында қысқа тұйықталу кезінде, жүктеме кедергісі Z_n нөлге тең. Жіберу желісінің соңында қысқа тұйықталу салдарынан, олардың арасында потенциалдар айырмасы жоқ, яғни, кернеу нөлге тең ($U = 0$). Кернеу толқыны толық көрініс қарама-қарсы белгімен жіберу желісі тұйықталған соңынан толықтай көрініс табады, ал электр тогының толқыны өз белгісін толық сақтай отырып, көрсетіледі. Бұл ретте электр тогының амплитудасы екі еселенеді.

Белсенді жүктемеге қосылған, соңғы ұзындығының жіберу желілеріндегі тербелістің таралуы. Бұл жағдайда, ұзақ желіні жоғары жиілікті энергияны жіберу үшін қолданған кезде, түсуші сәуленің энергиясын толығымен жұту үшін, жүктемені іріктейді және ол шағылушы толқынның жіберу желісінде жасамау керек. Бұл үшін жүктеме таза белсенді болатын болуы керек. Шағылушы толқын болмайды, егер R_n жүктемесінің кедергісі Z_0 толқындық кедергі желісіне тең болса: $R_n = Z_0$ (сур. 9.7)

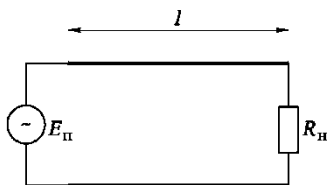


Сур. 9.5. Әртүрлі сәттердегі ажыратылған тарату желісінде кернеудің лездік мәндерін бөлу: $t_1 - t_6$ — уақыт сәттері; l — тарату желісінің ұзындығы

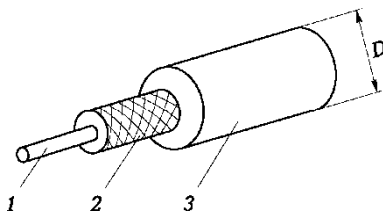


Сур. 9.6. Кернеу мен ток амплитудасын тарату желісінде қысқа тұйықталған ұшында бөлу:

E_n — қорек көзі; I — электр тогы; U — кернеу



Сур. 9.7. Белсенді жүктемедегі тарату жүктемесі:
 R_n — жүктеме кедергісі; E_n — ауысралы кернеу көзі; l — тарату желісінің ұзындығы



Сур. 9.8. Коаксиальді кабель:
 1 — сым; 2 — изолятор; D — сыртқы орам диаметрі

Шағылысқан толқын жоқ болған жағдайда, оны *жүктемемен келісу режимі* деп аталады. Жүктеме кедергісінің басқа мәндерінде түсуші толқын энергиясының бір бөлігін жұтып алмайды және жіберу желісінде шағылатындар толқындар пайда болады. Белсенді жүктеме кезінде энергиясының бір бөлігі әрқашан жүктемемен жұтып алады және жіберу желісінде, тұрғын толқындарынан басқа, жүгіртпе толқындар да болады, олар уайытындыраға осы энергиясын. Тұрғын және жүгіртпе толқындары бар кернеу немесе электр тогын бөлуді жүгіртпе толқын коэффициентімен сипаттау қабылданған (k). Ол ең төменгі кернеудің ең жоғарғы кернеуге қатынасымен немесе ең төменгі токтың ең жоғарғы тогына қатынасымен анықталады:

$$k = U_{\min}/U_{\max} = I_{\min}/I_{\max}.$$

Жүгіртпе толқынның коэффициенті нөлден бірлікке өзгереді. Тәжірибеде кері шама жиі пайдаланылады ($1/k = U_{\max}/U_{\min}$), ол кернеудің *тұрғын толқыны коэффициенті* деп аталады.

Коаксиал желі (кабель) сым түрінде болып келеді, диэлектрик және сыртқы ораммен қоршалған (сур. 9.8). Кабель орамының диаметрі D , сондай-ақ, ол бойынша таралатын толқын ұзындығынан көбірек болуы керек ($D \ll \lambda$).

Коаксиальді кабельдің көмегімен телевизиялық антеннаны теледидар кіруі орнымен байланыстырады.

Кабельдің теледидар мен антеннаны кіру кедергісімен келісуіне қол жеткізу қажет, яғни теледидар экранында қосарланған суреттер болдырмау үшін, себебі ол шағылысқан толқынмен анықталады.

Ақпаратты тасымалдаушы, электромагниттік тербелістердің сәулеленуі және қабылдауы үшін арнайы радиотехникалық құрылғылар — антенна пайдаланады. Құрылғы айнымалы электр қозғалысты күшін энергия көзін электромагниттік толқын энергиясына айналдыратын құрылғы *жіберушы антенна* деп аталады. Электромагниттік толқындарды жоғары жиіліктегі токтарға айналдыруға арналған құрылғы қабылдау антеннасы деп аталады.

Жалпы жағдайда, өткізгіштің ол арқылы айнымалы ток өтетін, кез келген сым кесіндісі қоршаған кеңістігінде электромагниттік өріс туғызады. Сонымен қатар, өткізгіштің кез-келген кесіндісінде ауыспалы электр қозғалтқыш күші (ЭҚК) бар. Алайда, өткізгіште туындайтын электромагниттік өріс энергиясының үлесі, конфигурацияға, өткізгіш өлшемінің қатынасына және электромагниттік тербелістер толқынының ұзындығы арақатынасына байланысты. Жіберушы антеннаның көмегімен радиотаратқыш шығысында модульденген тербелістің қуаты электромагниттік өріс энергиясына - электромагниттік толқындар энергиясына айналады, олар жарық жылдамдығымен әр түрлі тараптарға таралады.

Қабылдау антеннасының көмегімен түсуші толқын антеннасына келіп түсетін энергия модульденген тербеліс энергияға айналады, яғни ол рабиоқабылдағыш құрылғы кірісіне келіп түседі. Бір антеннаны жіберушы ретінде де қабылдаушы ретінде де пайдалануға болады.

Антеннадан шығатын қуат келесі қатынаспен анықталады:

$$P_{\text{сәул}} = I^2 R_{\text{сәул}}$$

онда I — қолданыстағы токтың мәні; $R_{\text{сәул}}$ — сәулелену кедергісі.

Антеннаның шығындары бар, олар $R_{\text{шығ}}$, шығындар кедергісімен сипатталады, сондықтан резонансты жиілікте антеннаның жалпы кіріс кедергісі

$$R_{\text{к}} + R_{\text{сәул}} + R_{\text{шығ}}$$

Антенна пайдалы η әрекет коэффициентімен сипатталады, ол келесідей өрнектеледі:

$$\eta = R_{\text{сәул}} / R_{\text{к}}$$

Қабылдау құрылғысына радио толқындардың әсерін бағалау үшін, электр өрісінің кернеулігін E білу қажет, яғни олар қабылдау пунктінде радио толқындарға ие.

Электр өрісінің кернеулігі сәуле жіберушыдағы электрлік токка тікелей пропорционалды және сәуле таратқыш қашықтығынан қабылдау пунктіне дейін кері пропорционалды. Изотропты сәуле таратқыш үшін электр өрісінің кернеулігі E , В/м, келесі арақатынаста анықталады

$$E \approx 5,5\sqrt{P_{\Sigma}/r},$$

онда E — толқындардың электр өрісінің кернеулігінің қолданыстағы мәні; P_{Σ} — сәулелену қуаты, Вт; r — қашықтық, м.

Еркін кеңістік үшін электр өрісінің кернеулігі нақты антенна максималды сәулелену бағытында келесі арақатынаста анықталады

$$E \approx 5,5\frac{\sqrt{P_{\Sigma}D}}{r},$$

онда D — бағытталған әрекет коэффициенті.

Бірқатар міндеттерді шешу үшін электромагниттік толқындардың сәулелену бағыттылығы қажет. Толқын антеннамен барлық бағытта сәулеленбеуі тиіс, керісінше қандай да бір бағытта. Бағытталған антенналардың бірқатар артықшылықтары бар. Біріншіден, сәулелену энергиясы ұтымды пайдаланылады, өйткені ол тұтынушыға тар шоқтармен жіберіледі. Осының арқасында, әлдеқайда аз қуатта үлкен қашықтықты жабуға болады. Екіншіден, басқа станциялардан кедергінің әсері айтарлықтай азаяды, сондай-ақ атмосфералық және өнеркәсіптік кедергілердің де.

Ең ұзын толқындарда күрт айқын бағыттылықты алу іс жүзінде мүмкін емес, сондықтан ұзынтолқынды антенналардың, әдетте, бағытталған іс-әрекеттері жоқ болады.

Ультра қысқа толқындарда бағыттылық проблемасы оңайлатылатыны соншалық, антеннаны автокөлікте, кемеде, ұшақта орналастыруға болады.

Нақты антенналар сәулелену бағыттылығына ие. Ол бағытталған әрекет коэффициентімен сипатталады, ол ең көп сәулелену бағытында қуат ағынының орташа қуат ағынынан қаншалықты көп екендігін көрсетеді (сол ара қашықтықта). 1 м^2 алаңы арқылы өтетін, сәулеленуді (яғни, радиосәуле) жіберу бағытына перпендикуляр электромагниттік өріс қуаты, *қуат ағыны* немесе *энергия ағынының тығыздығы* деп аталады.

¹ **Анизотроптық** (көне грекше: *ἀνισος* — тең емес и *τρόπος* — қасиет) — дененің барлық немесе бірқатар физикалық қасиеттерінің әр бағытта әр түрлі болуы.

Қуат ағыны электр өрісінің кернеулігі квадратына пропорционалды (немесе электр өрісімен бірге таралатын магниттік өрістің кернеулігінің квадратына).

Әр түрлі бағытта электромагниттік толқындарды жіберуға немесе қабылдауға қабілеті антенна бағыттылық антеннасымен D анықталады:

$$D = E/E_{\max}$$

онда E — электр өрісінің кернеулігі қолданыстағы мәні; $E_{\max}$ — электр өрісінің ең жоғарғы кернеулігі.

Бағытталу диаграммасы график түрінде берілген, ол түрлі бағыттар бойынша түрлі жазықтықтарда жатқан антеннаның сәулелену қарқындылығы бірлігіне қатысты сипатталады. Қарапайым дипольдің¹ сәулелену диаграммасы 9.9.-суретте көрсетілген.

Айнымалы электр тогы кеңістікте таралатын айнымалы электромагниттік өрісін құрады. Егер айнымалы ЭҚК генераторына қосылған сым желісін параллель және бір-біріне жақын орналастырылса, онда қоршаған кеңістікке энергия шығару іс жүзінде болмайды, өйткені екі бірдей мәні бар өріс бойынша, бірақ ток бағыты бойынша қарама-қарсы өзара өтеледі. Алайда, антенна үлкен сәулеленуді жіберуға арналған болуы мүмкін. Бұл үшін, егер параллель орналасқан сымдарды кейбір бұрышқа бұрсақ, олардың өрістері бір-бірін өтесе, ұзын жіберу желілерін пайдалануға болады.

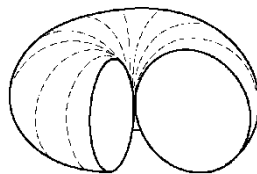
V-тәрізді және ромбы тәріздес антенналардың (сәулелену сымдары үшкір бұрыштарда бір-біріне қырлы орналасқан), бұрыштық антеннаның (сымдар арасындағы бұрышы 90° тең) және симметриялық вибратордың² (сымдардың 180° ажырату кезінде алады) жұмысы осыған негізделген. Сымдардың біреуінің компенсацияланған әрекетін азайтуға болады, оны қысқартып³ немесе толық жүйеден алып тастай отырып. Екінші сымды толық жою кезінде симметриялық емес дірілдеткіш алады.

Тәжірибеде әр түрлі типті антенна құрылғыларының үлкен санын қолданады. Қарапайым шашыратқыш (сәулеленгіш) Герцтың диполы болды — ұшында қалындатылған сымдар кесіндісі, оның ортасына жоғары жиілікті тербелістер көзі қосылады.

¹ Диполь (*гр. di* — «екі рет» + *polos* — «полюс») — қысқа толқындарға арналған антеннаның кең таралған түрлерінің бірі.

² Дірілдеткіш (*лат. vibrare* — «теңселу, тербету, дірілдеу») — тез тербеліс қозғалыстарын тудыратын және тарататын құрылғы.

³ Сымдардың біреуін қысқарту алғаш рет М. А. Бонч - Бруевич ұсынды.



Герц диполі ұзындығы аз ($l \ll \lambda$) және тиімділігі төмен Потенциалы антенна үлгісі болып табылады. Радио өнертапқышы А. С. Попов өз тәжірибелерінде симметриялық емес сым кесіндісін пайдаланды. Қорек көзі бір шетінде тұйықталу орнына жақын арасында қосылады. Өнертапқыш антеннаның сәулелену қабілетін көтерді, оны созылыққы етті.

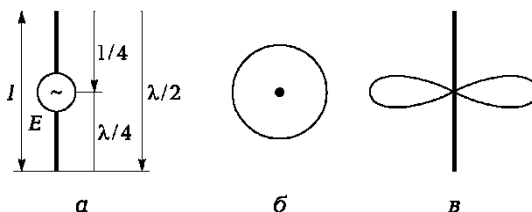
Антенна конструкциясы, ең алдымен, жұмыс істеу үшін арналған толқын диапазонымен анықталады. Сондықтан, неғұрлым ортақ антенна санаттары ұзын толқынды, орта толқынды, қысқа толқынды, ультра қысқа толқынды, оптикалық диапозонды және т. б. антенналар болып табылады Әрине, бұл жіктеу белгілі бір дәрежеде шартты болып келеді.

Антенналық құрылымдардың кең санатын металлдағы магнитодиэлектрик қабатымен пайда болған беттік толқындар (жүгіртпе толқын антенналары) құрайды.

Микрожолакты антенналарға көп көңіл бөлінеді. Негізінен микрожолакты желілерде құрылатын микрожолакты антенналардың сәуле таратқыштары түрлі формада болуы мүмкін.

Микрожолакты антенналар бірегей масса-ауқымды сипаттамаларға ие, олар орналасқан бетінің нысанын қабылдауы мүмкін. Бұл қасиеттер микрожолакты антенналарды аэрокосмостық техникада кеңінен енгізуге себепші болды. Қазіргі заманғы ұшақтарда бірнеше ондаған антенна құрылғыларын орнатады, сондықтан массасы мен габариттері мәселелері бастапқы болып табылады. Микрожолакты антенналар едәуір дәрежеде бұл проблемаларды шешуге мүмкіндік береді.

Қабылдағыштың кіріс құрылғылары мен антеннаны біріктіру нәтижесінде (белсенді (пассивті) күшейту элементтері, қайта құру және (немесе) радиосигналдарды өндіруге) бірыңғай құрылғы құрылады, ол белсенді антенна деп аталады. Белсенді антенналар антенналардың масса-ауқымын төмендетуге, электрлік қайта құруды жүзеге асыруға, қысқа антенналарды өткізу жолағын кеңейтуге ($l < \lambda/2$), құрылғының сезгіштігін жоғарылатуға және т. б. мүмкіндік береді.



Сур. 9.10. Жартылай толқынды дірілдеткіш:

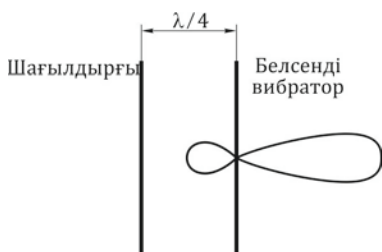
a — устройство; b — диаграмма направленности в экваториальной плоскости; v — диаграмма направленности в вертикальной плоскости; E — генератор колебаний высокой частоты

Жартылай толқынды дірілдеткіш. Егер жіберу желісінің қос сымын 180° -қа бұрса, онда симметриялы дірілдеткішті аламыз. Қарапайым сәулеленгіш және жіберу антенналарын (симметриялық дірілдеткіш) сәулеленетін толқын ұзындығының $\lambda/2$ жартысы мөлшерлі электр өткізгіш кесіндісінен жасауға болады, оның ортасына жиілігі жоғары тербеліс генераторы енгізілген (сур. 9.10, а).

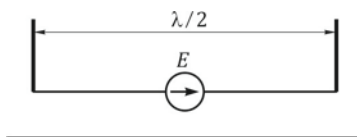
Толқын ұзындығының $\lambda/2$ жартысы мөлшерлі электр өткізгіш кесіндісінен алынған антенна жартылай толқынды дірілдеткіш деп аталады. Дірілдеткіш сымында жоғарғы электр тогын алу үшін, тиісінше, ең жоғарғы сәулеленуді, дірілдеткіштегі ток жиілігін дірілдеткіштің өз тербелісі жиілігіне X_0 тең етіп алады, яғни резонанс құбылысын пайдаланады. Симметриялық вибратордың меншікті тербелісінің толқын ұзындығы X_0 оның ұзындығынан екі есе көп, яғни $X_0 = 2l$. Сондықтан симметриялық дірілдеткішті жартылай толқынды диполь деп те атайды, ол меншікті тербелістің толқыны ұзындығынан екі есе қысқа екендігін білдіреді.

Жартылай толқынды дірілдеткіштің электромагниттік тербелістерінің сәулелену қарқындылығы түрлі бағыттарда бірдей емес, оның елеулі мәні бар. Бағыттылық диаграммасының қарапайым түрі қарапайым диполмен құрылады, ондағы ең жоғары сәулелену қарқындылығы бағытта орын алады, өткізгішке перпендикуляр. Өткізгіштің бойымен сәулелену жоқ болады. Жартылай толқынды дірілдеткішке перпендикуляр және оның ортасы арқылы өткізілген жазықтық экваторлық жазықтық (көлденең жазықтық) деп аталады.

Тігінен орналасқан дірілдеуіш үшін жартылай толқынды дірілдеткіштің D экваторлық жазықтығында шеңбер құрайды (сур. 9.10, б), бағытталу диаграммасы вибратордың экваторлық жазықтықта шеңбер, өйткені бұл жағдайда барлық бағыттар бірдей құнды.



Сур. 9.11. жартылай толқынды дірілдеткіштің сәеленуін бір жаққа қарай азайту



Сур. 9.12. Көлденең диполь:
X — толқын ұзындығы; E — жоғары жиілік тербеліс генераторы

Бағытталу диаграммасы тік жазықтықта созылыққы сегіздік түріндегі шеңбер.

9.10, в суретінде тігінен орналасқан меридионалды¹ (азимутальды) жазықтықтағы жартылай толқынды дірілдеткіштің бағытталу диаграммасы ұсынылған.

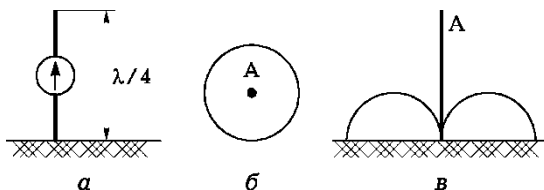
Сәулеленуді бір жаққа қарай азайту үшін, белсенді жартылай толқынды дірілдеткіштің артынан пассивті жартылай толқынды - рефлектор (сур. 9.11) қояды. Ол айна сияқты жұмыс істейді, 180°-қа фазасының өзгеруімен электромагниттік толқындарды көрсетеді (қайта сәулелендіруші). Нәтижесінде өріс әлсіреп, белсенді дірілдеткіш алдында өріс күшейеді.

Егер антенна жартылай толқын ұзындығымен Жерге параллель болса, ол *көлденең диполь* деп аталады (сур. 9.12).

Қысқа толқындар антеннасы. Толқын қысқа болған сайын, пайдаланылатын антенналар үлгілері де көп түрлі болып келеді. Қысқа толқындар үшін жердің өткізгіштігі нашарлайды, соның салдарынан жерге тұйықтау ысырабы өседі. Сондықтан да осы толқындарда, әдетте жерге тұйықталған дірілдеуіштерді қосудан қашады. Қысқа толқынды антенналардың ең көп тараған түрі көлденең жартылай толқынды дірілдеткіш болып табылады (9.12 суретті қараңыз). Байланыстың максималды қашықтығын алу үшін антенна болуы тиіс, яғни көкжиекке шағын бұрыштары астында (10...20°) қарқынды сәле шашатын.

Ширек толқынды дірілдеткіш. Километрлік толқындар диапазонында тіпті бір дірілдеткішті антенналардың ауқымының өзі үлкен болғаны сонша, бұл оларды іске асырумен қиындықтар туындатады. Мысалы, 3,5 км толқын ұзындығында сәулелендіргіш іс жүзінде көтеру мүмкін емес.

¹ Меридиональді (*лат. meridionalis* — «түстік») — меридиан бойынша бағытталған, солтүстіктен оңтүстікке.



Сур. 9.13. Симметриялы емес ширек толқынды дірілдеткіш:

a — дірілдеткіш схемасы; *б* — көлденең жазықтықта бағытталу диаграммасы; *в* — тік жазықтықта бағытталу диаграммасы

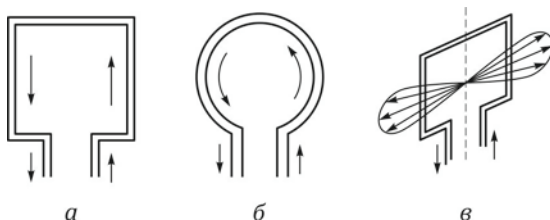
Өйткені Жер толқындардың осы диапазонына жақсы өткізгіш болғандықтан, онда антенна ретінде жартылай толқынды емес, симметриялық емес ширек толқынды тұйықталған дірілдеткішті $\lambda/4$ қолдануға болады. Мұндай антенна *ширек толқынды дірілдеткіш* деп аталады. Ол тік сәулеленетін құрылым, оның негіздемесі мен Жер арасында жоғары жиілікті тербеліс көзі қосылған (сур. 9.13).

Жиектемелі антенналар. Жиектемелі антенна (сур. 9.14) толқын ұзындығы өз толқынынан әлдеқайда көп толқындарда пайдаланалады. Жиектемені қысқа тұйықталған фидердің кеңейтілген ұшы ретінде елестетуге болады. Жиектеменің меншікті толқыны, оған кіретін сымдар жалпы ұзындығынан әдетте 4-6 есе ұзын. Оның баптауын оның кірісінде қосылатын, конденсатор немесе индуктивтілік шарғысы көмегімен жүргізеді. Жиекке перпендикуляр жазықтықта, антеннаның бағыттық диаграммасы бар, ол сегіздік тәріздес (9.14, в суретін қараңыз). Жиекті антенна кіші ұзындығы салдарынан сәулелену кедергісі $L_{сәу}$ және қолданыстағы мұндай антенналардың биіктігі көп емес. Сондықтан жиектік антенна таратқыштарда сирек пайдаланады, олар қабылдау техникасында кең қолданылуда.

Жиекті антеннаның қолданыстағы биіктігін ұлғайту үшін оны бірнеше орам сымдардан жасайды. Нысан контуры, бұл жағдайда тік бұрышты да және дөңгелек те болуы мүмкін (9.14, а, б суретті қараңыз).

Магнит өрісі және қолданыстағы жиек биіктігін ұлғайтуға болады, егер оны жоғары жиіліктер үшін жоғары магниттік өткізгіштігі мен аз шығындары бар материалдан өзекке ораса. Осындай материалдар ретінде феррит¹ жиі пайдаланады. Бұл ферритті өзекшесі бар өте кішкене антенналар жасауға мүмкіндік береді, олар *магнитті* деп аталады.

¹ Ферриттер — бірқатар металл тотықтарының темір тотығымен химиялық қосылыстары бейөткізгіш немесе жартылай өткізгіш болып табылады.



Сур. 9.14. Жиекті антенналар:

a — шаршыжиек; *б* — дөңгелек жиек; *в* — бағытталу диаграммасы

Ферритті өзекшесі бар магниттік антенна оқшаулау каркасында оратылған шарғы болып табылады, ол дөңгелек немесе тік бұрышты қима ферритті өзекшесіне кигізілген. Магниттік антенна қабылданатын станцияға қатысты бағытталған қасиеттерге ие, сондықтан ең жақсы қабылдауды алу үшін, тиісті түрде бүкіл қабылдағышты бұруға (бағыттауға) тура келеді.

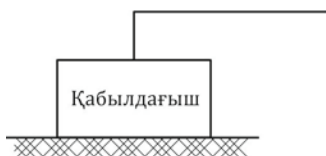
Кіші ауқымды жылжымалы транзисторлы радиоқабылдағыштарда магниттік те және істікшелі телескопиялық антенналар да кеңінен қолданылады.

Телескопиялық антенна әртүрлі сыртқы диаметрі және шамамен 0,5 мм қалыңдығы бар жез түтікшелердің бірнеше кесінділерінен тұрады. Түтіктердің ұзындығы радиоқабылдағыш өлшемімен анықталады.

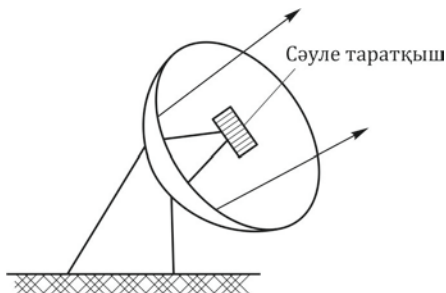
Радиохабарлар жіберу мен телевизиялық бағдарламалар қабылдауға арналған антенна сыртқы және бөлмелік болады.

Ұзын және орта толқынды антенналар. Ұзын және орта толқынды жер беті, әдетте, жақсы өткізгіштікке ие. Жақсы өткізгіштің бетінде электр өрісі оның бетіне перпендикуляр бағытталған, сондықтан жіберушы да және қабылдау антенналары да үлкен тік бөлікке ие болуы тиіс (оның мөлшері толқын ұзындығы 0,25 жақындатылған болуы тиіс, яғни ұзын толқындағы антенна биіктігі бірнеше жүз метр болуы тиіс). Антеннаның қолданыстағы биіктігін ұлғайту үшін Г-тәрізді антенна қолдануға болады, оның көлбеу бөлігі тігінен қысқа болмауы тиіс. Қолданыстағы биіктігі, бұл жағдайда, 15...30% ұлғайтылады (сур. 9.15). Мұндай антенналар ұзын және орта толқында қолданылады, яғни антенна өлшемдері толқын ұзындығынан аз болғанда.

Жоғары жиілікті диапазонда әртүрлі түрлері антенналар пайдаланылады, оның ішінде *параболалық* және *сфералық*. Мұндай антеннаның сәулелендіргіші параболалық айна ортасында орналастырылады (сур. 9.16).



Сур. 9.15. Г-тәрізді антенна



Сур. 9.16. Параболалық антенна

Бұл жағдайда берілген антенналар кеңістіктің тар секторында электромагниттік сәулеленуді шоғырландырады, яғни оптикалық шамдардың немесе электр шамының шағыстырылатын айнасы тәріздес. Көп антенна болған сайын, бағытталу диаграммасы да тар және, демек, сол сәуле қуаттылығында радиожүйенің қолданыс қашықтығы көбірек. Алайда, диаметрі 50 м-ден артық антеннаны олардың үлкен салмағына байланысты пайдалану қиын.

Ғарыш кемелері мен ұшақтарды бақылау қажеттілігі бағыттығының жіңішке диаграммасы бар антенна жасауды талап етеді, ол мезгіл-мезгіл кеістіктің белгілі бір бөлігін "қарап отырып," кеңістікте жылжи алады. Мұндай антеннаны *сканерлеуші* деп атайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Ұзын жіберу желілерінде тербелістер қалай таратылады?
2. Соңында тұйықталған жіберу желілерінде қалай таратылады?
3. Соңында қысқа тұйықталған жіберу желілерінде тебелістер қалай таратылады?
4. Белсенді жүктемеге қосылған жіберу желілерінде тербелістер қалай таратылады?
5. Қандай құрылғы жіберушы және қабылдаушы антенна деп аталады?
6. Қандай негізгі антеннаның сипаттарын білесіз?
7. Антенна бағытталу диаграммасы нені білдіреді?
8. Жиіктік антеннаның қандай құрылымын білесіз? Олар не үшін қажет?
9. Жартылай толқынды және ширектік толқынды дірілдеткіштің құрылысы қандай?

РАДИОБЕРУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

Радио беру құрылғылары тасымалдаушы жиілік тербелістерін, жіберілетін хабарлама заңы бойынша олардың модуляцияларын қалыптастыру және қабылданған радиосигналды кеңестікке сәулелену және оны физикалық байланыс желілеру бойынша жіберуге арналған.

Таратушы құрылғысының құрылымдық схемасы 10.1 суретінде келтірілген.

Құрылымдық Радиоберу құрылғылары дербес радиотаратқыш пен таратушы антеннадан тұрады.

Дыбыс – бұл 340 м/с жылдамдықпен тарاداتын толқындар кезектілігі. Ол адамның дыбыстық байламдары, музыкалық аспаптарының ішектері – кезекті түрде ауаның қысылуы мен сейілуіне әкелетін барлық нәрселер арқылы сәулелене алады. Біз естім жатқан дыбыстардың тербелу жиілігі 16-20 000 Гц шегінде жатады. Олар барлық дыбыс гаммасын қамтиды (жиілігі аз ең төменнен бастап ең жоғарыға дейін). Дыбыстың әсерінен адам есту органдарының дыбыс жарғақтары біздің миымызда дыбыс сезімін тудыратын тербелістер басталады.

Электрмагнитті толқындар арқылы дыбысты тарату үшін дыбыстарды электрлік сигналдарға аударып, одан кейін радиотолқындарды тудыратын жоғары жиілік токтарына түсіру қажет.



Сурет 10.1 Таратушы құрылғысының құрылымдық схемасы

Қабылдау кезінде токтар күшейтіледі, ал одан кейін олардан дыбыстық сигналдарды шығарады. Дыбыстық сигналдарды электрлік тербелістерге түрлендіру үшін микрофондар қолданылады – төмен жиілік токтары пайда болады (дыбыстық жиілік). Осындай ток жоғары жиілік ток модуляциясы үшін пайдалынады. Модуляцияланған ток күшейтіледі де, антенна айналасында қалыптасатын дыбысты тарататын радиотолқындарға жіберіледі.

Таратқыштардың негізгі параметрлеріне таратқыш қуаты, пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК), тасымалдаушы жиілік тербелістерінің тұрақсыздығы, сигналдың сызықтық емес және сызықтық бұрмалану коэффициенті және жолақтан тыс сәулелену деңгейлері, градуирлеу мен жиілікті орнату қателігі, модуляция және жиілік ауытқуы коэффициенті, таратқыштың сызықтық емес бұрмалану коэффициенті жатады.

Таратқыш қуаты – таратқыштың антеннаға беретін радиожіліктік тербелістредік қуаты немесе қалыпты режимде жұмыс кезіндегі антенна эквиваленті.

Таратқыштың *пайдалы әсер коэффициенті* келесі қатынас арқылы анықталады

$$\eta = P_A - P_0,$$

Мұндағы P_A – антеннаға жіберілетін орташа қуат; P_0 – құрылғының барлық қуат көздерінен алатын қуаттылық.

Қазіргі таратқыштардың ПӘК 30...40% жетеді де, осы параметр сәулеленетін қуаттың өсуімен жоғарылайды.

Таратқыштың *жиілік тұрақсыздығы* пайдалану кезінде орын табатын әр түрлі тұрақсыздандырғыш факторларының әсерінен баптау органдарының тұрақты орны кезінде белгілі бір уақыт аралығында таратқыш жиілігінің қалыпты жиілік шамасынан ауытқуы болып табылады. Таратқыштың жиілік тұрақсыздығы арқылы кез келген радиоканалдың сенімді жұмысы қамтамасыз етілетін көрсеткіш болып табылады. Қазіргі кезде орталық мемлекеттік таратқыштардың жиілік тұрақсыздығы мемлекеттік эталондары жеткен тұрақсыздыққа жақын болып тұр (10^{-8} ... 10^{-9}).

Радиоберу құрылғысы кез келген байланыс каналының бірінші буыны болып табылады, сондықтан таратқыш енгізетін тиімді сигнал бұрмалануын қысқарту қажет. Бұрмаланулар радиосигналдың түрлі таратқыш желілері мен байланыс желілері арқылы өту кезіндегі модуляция, күшейту және өту үдерістері барысында пайда болады. Бұл радиотехникалық жүйенің қабылдау жағында ақпараттың бұрмалануы немесе оның бөлігінің жоғалуына әкеледі.

Таратқыштар нысанасы, жұмыс толқындар (тербелістер) диапазоны, сәуеленетін қуат, сигналдардың модуляция түрлері мен пайдалану жағдайлары бойынша жіктеледі.

Мақсаты бойынша таратқыштар хабарламалық (радиохабарлау, телевизиялық), байланыстық, радиолокациялық, навигациялық, телеметриялық және т.б.

Жұмыс толқындарының диапазоны бойынша таратқыштар толқындар мен жиіліктердің классификациялық диапазондар кестесіне сәйкес жіктеледі. Ресейде радиохабар километрлік, гектометрлік, декаметрлік, метрлік және дециметрлік диапазондарда жүзеге асырылады. Бірінші үш диапазонда шамамен 10 кГц жұмыс тербелістердің тор қадамы бар амплитудалық модуляция, ал соңғы екеуінде 250 кГц жұмыс тербелістердің тор қадамы бар кең жолақты жиілікті модуляция қолданылады. Теледидарлық хабар тарату метрлік, дециметрлік және сантиметрлік толқындар диапазондарында жүзеге асырылады. Сонда дыбыстық каналда жиілікті модуляция, ал бейне каналда бір жақты жиілік жолағы бар амплитудалық модуляция қолданылады.

Таратқыштардың құрылымы, сыртаумақтық өлшемдер және масса негізінен сәуеленетін орташа қуаттылық арқылы анықталады. Жіберілетін радиосигналдарының орташа сәуеленетін қуаттылығы бойынша өте төмен (3 Вт кем), төмен (3 ... 100 Вт), орташа (0,1 ... 10 кВт), жоғары (10 ... 100 кВт) және өте жоғары (100 кВт-тан астам) қуат таратқыштары болады.

Сигнал модуляциясының түрі бойынша радиотаратқыштар (және радиоқабылдағыштар) амплитудалық, амплитудалық балансты және бір жолақты, жиіліктік, фазалық, импульстік, импульстік-кодтық және т.б. модуляциялары бар құрылғыларға жіктеледі.

Пайдалану шарттары бойынша тұрақты, борттық (ғарыштық, кемелік, ұшақтық, автокөдіктік) және қозғалмалы (портативті) таратқыштар бар.

Барлық радиотаратқыштар сигналдардың үздіксіз және импульстік сәуеленуі бар болып бөлінеді. Біріншілерге радиохабар тарататын, телевизиялық таратқыштар және телебасқару желілері, ал екіншілерге радиолокациялық және радионавигациялық таратқыш станциялары жатады.

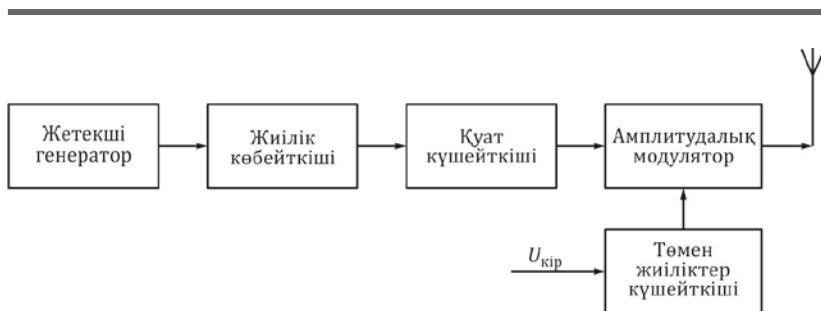
Амплитудалық модуляциясы бар таратқыш. Әдетте, амплитудалық модуляциясы бар таратқыштар көп каскадты болып келеді. Себебі ол, таратқыш мақсаты мен байланыс каналының ұзындығына тәуелді болатын, қажетті сәуелену қуатына жету мен жиілік тұрақтылығына қойылатын талаптармен айқындалады. Амплитудалық модуляцияны модуляция заңына сәйкес электродтарда, кедергілерде және т.б. бір немесе бірнеше

қуаттандыратын кернеулерді өзгерту арқылы таратқыштың кез келген күшейткіш каскадтарында жүзеге асыруға болады. Сонымен қатар, амплитудалық модуляция жетекші генераторда да жүзеге аса алады, бірақ бұл жағдайда жиіліктің қажетті тұрақтылығын қамтамасыз ету қиын болады. Сондықтан жетекші генераторынан кейін таратқыш схемасына, әдетте, жетекші генераторды таратқыштың қалған бөлігінен қойғайтын қорғаныс буферлік каскад қосылады.

Тасымалдаушы тербелістің амплитудалық модуляциясы бар таратқыштың ең қарапайым схемасы (сурет 10.2) жетекші генераторды, жиілікті көбейту, қуатты күшейту каскадтарын, U_{ex} жіберілетін сигналы өтетін төмен жиілікті күшейткішті және амплитудалық модуляторды қамтиды.

Кварцтық генераторлар салыстырмалы түрде жоғары емес жиіліктерде жұмыс істегендіктен, жетекші генераторынан кейін тербелістер жиілігін тасымалдаушы жиілік шамасына дейін көтеретін жиілік көбейткіштері каскадтарын қамтиды.

Қажетті қуатты тудыру үшін жиілік көбейткіштерінде қуат күшейткіштері жиі қолданылады. Қуаттын шығу күшейткішінен сигнал жоғары жиілікті элетрлік тербелістерінің тарату жолы арқылы антеннаға жіберіледі. Ол фидер болып табылады (кабель, толқынжол және т.б.).



Сурет 10.2. Амплитудалық модуляциясы бар таратқыштық құрылымдық схемасы :

$U_{\text{кiр}}$ — кіріс кернеуі



Сурет 10.3. Жиіліктік модуляциясы бар таратқыштық құрылымдық схемасы

Амплитудалық модуляция, әдетте, қуаттын шығу күшейткішінде орындалады. Қуат күшейткіші жиі түрде таратқыштың соңғы каскады болып табылады.

Амплитудалық модуляция кең түрде толқындардың барлық диапазондарында телефон байланысы, радио хабар беру, теледидарда және т.б. қолданылады.

Аса жоғары жиілікті сәулелену (АЖЖ) диапазонында амплитудалық модуляция сирек қолданылады, себебі осы диапазонда амплитудалық модуляция әрдайым құтылуға мүмкін емес паразиттік бұрыштық модуляциямен бірге келеді.

Жиіліктік модуляциясы бар таратқыш. Метрлік және дециметрлік толқындардың диапазонында хабарламалық таратқыштардың схемаларында жиіліктік модуляция пайдалынады. Бір-екі каналмен жұмыс істейтін ең қарапайым таратқыштарда (сурет 10.3) жиіліктік модуляция жиіліктік-модуляциялық генератордың тербелістер жиілігіне тасымалдаушы сигнал арқылы жетекші генераторда жүзеге асады.

Қазіргі радиотаратқыштар каскадтарының көбісі тек цифрлық немесе аналогтық микросхемаларында ғана қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Дыбыстық сигналдарды тарату қалай жүзеге асырылады?
2. Таратқыштарды қандай параметрлер бойынша жіктейді?
3. Таратқыштар қандай негізгі параметрлермен сипатталады?
4. Амплитудалық және жиіліктік модуляциялары бар таратқыштар қандай болады?

РАДИОҚАБЫЛДАУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

Радиоқабылдау құрылғылары тыңдармандарға және көрермендерге радиохабар және телевизиялық қабылдау құрылғылары арқылы ақпаратты тарату үшін және, сонымен қатар, ұнтаспа мен магнитофондық жазба арқылы ақпаратты алу үшін кең түрде қолданылады. Радиоэлектронды кешеннің жалпы схемасындағы орнына байланысты қабылдағыш электромагниттік өрістен әлсіз радиосигналын шығаруға арналған. Бұл пайдалы сигналды таңдау, оны детекторлау және күшейту арқылы қабылдағыштың негізгі функцияларын орындаумен қамтамасыз етіледі. Радиоқабылдау (қабылдау) құрылғылары радиосигналдарды қабылдау және оларды ондағы ақпаратты пайдалануға мүмкін болатын түрге келтіруге арналған. Кез келген радиоқабылдау құрылғысы қабылдау антеннасынан және дербес радиоқабылдағыштан (қабылдағыштан) тұрады. Радиоқабылдау құрылғысының құрылымдық схемасы 11.1 суретінде келтірілген.

Кез келген радиоқабылдау құрылғысында антенна, қабылдағыш, детектор, түрлендіргіш құрылғысы бар. Антеннаға түсетін электромагниттік толқындар (таратылатын радиосигнал) қабылдағыштың кірісіне түсіп, таратылатын сигналдың ЭҚК (электр қозғаушы күшінің) пайда болуына әкеледі.



Сурет 11.1. Радиоқабылдау құрылғысының құрылымдық схемасы

Қабылдағыштың кірмелік тізбегі ретінде барлық радиосигналдарынан тек бізге керек радиостанция сигналын бөліп шығаратын фильтр қолданылады. Детектор модельденген (жоғары жиілікті) сигналды таратылатын хабарламаның төменгі жиілікті сигналына өзгереді. Қабылдағыштың шығысында түрлендіргіш құрылғысы қосылады: радио хабар ету қабылдағышы үшін электр сигналын дыбысқа түрлендіргіші – бас телефон, дауыстағыш немесе акустикалық жүйе; телевизиялық қабылдағыш үшін – электр сигналын оптикалық бейнеге түрлендіргіш – кинескоп.

Қабылдау антенналарында толқындар таратушы антенналарда бар пішінді, бірақ шашырау себебінен ысыраптар болатындықтан шамасы бойынша кем, токтарды тудырады. Қабылданған әлсіз модульденген ток, тербелістік контурды қажетті таратқыш жиілігіне алдын ала баптап, күшейтіледі. Детектор көмегімен күшейтілген жоғары жиілікті токтан модуляция үшін қолданылған төмен жиілікті ток шығарылады. Енді төмен жиілікті ток күшейтіліп, дыбысқа айналады. Күшейтілген төмен жиілікті токты түрлендіру үшін бас телефондар мен дауыстағыштар қолданылады.

Қабылдағыштың негізгі сипаттамаларына (сапалық көрсеткіштерге) сезімталдық; жиіліктік таңдаушылық немесе талғамдылық; жұмыс жиіліктерінің диапазоны; шығу қуаты және т.б. жатады.

Қабылдағыштың *сезімталдығы* деп оның қабылдағыштың шығысында берілген қуатты шығару үшін қажетті өте әлсіз пайдалы сигналдарды қабылдауын қамтамасыз ету қабілеттігі аталады. Сандық түрде бұл шығу құрылғыларының қалыпты жұмысын қамтамасыз ететін радиосигналдың минималды деңгейі болып табылады. Сезімталдық белгілен сигнал (шу) қатынасы кезінде қабылдағыштың шығысында номиналды (қажетті) қуатты шығару үшін кіріс радиосигнал қуаты арқылы анықталынады.

Теориялық тұрғыдан, қандай да болсын әлсіз сигналдарды сезетін қабылдағышты құрастыруға болады. Ол үшін тек оның күшейткіш каскадтарының санын үлкейту керек. Дегенмен, нақты құрылғыларда пайдалы ақпараттық сигналмен бірге сыртқы кедергілер мен қабылдағыштың өзіндік шулары әсерінен пайда болатын шуылдар бар болады. Өзіндік шуылдар деңгейі, әдетте, қабылдағыштың бірінші каскадтарының шулары арқылы анықталынады. Сондықтан сезімталдығы жоғары қабылдағыштарды құрастыру кезінде ең басты мақсаттарының бірі шуы аз белсенді және пассивті элементтер мен күшейткіш каскадтарын құрастыру болып табылады. Қабылдағыштардың (немесе күшейткіштердің) шу қасиеттері шу

коэффициенті көмегімен бағаланады, себебі құрылғының кірісінде және оның ішінде ақ шуыл бар деген ой бар.

Шуыл коэффициенті деп сигнал қуаттары мен кірістегі шуыл қатынасы $(P_C/P_{ш})_{вх}$ және сызықтық бөлігінің шығысындағы (детектор кірісіндегі) қуыттардың дәл сондай қатынасы $(P_C/P_{ш})_{вых}$ аталады.

$$K_{ш} = \frac{(P_C/P_{ш})_{ах}}{(P_C/P_C)_{шығ}}$$

Сонымен,

Мұндағы, P_C – сигнал қуаты, $P_{ш}$ – шуыл қуаты.

Шуыл коэффициенті қабылдағыштың сызықтық бөлігінің шығысында шуылдар қабылдағыштың өзінде пайда болатын шуылдар әсерінен қанша есе жоғарылайтынын көрсетеді. Егер (теориялық тұрғыдан ол температураның аюсолоттік нөлі кезінде мүмкін) қабылдағыш өздігінен шуыл шығармаса, онда оның шығыс және кіріс сигнал – шу қатынасы тең болады да, шу коэффициенті $K_{ш} = 1$ (децибелдерде ол 0 Дб).

Қабылдағыштың *жиіліктік таңдаушылығы*, немесе талғамдылығы – бұл белгілі бар тасымалдаушы жиілігі бар пайдалы сигналды антеннамен қабылданған көптеген басқа сигналдар мен кедергілерден бөлі шығаратын және жиілік бойынша көршілес радиостанцияларының сигналдарын әлсіздеу қабілеттілігі. Жиіліктік таңдаушылық таңдаушылық коэффициентімен сипатталады. Қабылдағыштарды жобалау кезінде таңдаушылық шамалары көршілес, айналы және қабылдаудың басқа жанама арналары бойынша белгіленеді. Көршілес деп жұмыс жиілігі қабылдағыштың қалаулы радиотанциясына бапталған жиілігінен белгіленген жиілікке өзгеше болатын қабылдау арнасы аталады. Радио хабарлық қабылдағыштарда бұл шама 10 кГц құрайды.

Кеңістіктік және поляризациялық таңдаушылық сонымен қатар бүкіл радиоқабылдау құрылғысының сипаттамалары мен параметрлерін сипаттау үшін қолданылады. Таңдаушылықтың осы түрлері негізінен қабылдау (және тасымалдаушы) антенналарын сипаттайды да, олар солардың электромагниттік толқындардың келіс пен поляризация бағыттарын ажырату мүмкіндіктерін бағалау үшін қызмет етеді.

Жұмыс жиіліктерінің диапазоны – жіберілетін сигналды қабылдау жүзеге асатын шегіндегі жиіліктер интервалы. Жаппай радиохабар 150 кГц ... 73 МГц жиіліктер интервалында жүзеге асады. Ұзын, орташа және қысқа толқындардың диапазондарында, ультрақысқа толқындар диапазонында жиіліктік модуляция

қолданылады. Ол музыканың жоғары сапалы берілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. 500 кГц жиілігінде (толқын ұзындығы 600 м) SOS сигналдары жіберіледі.

Қабылдағыштың шығу қуаты – бұл қабылдағыштың шығысындағы қуат. Радио хабар беру қабылдағышының шығыс қуатының рұқсат етілген мәні шығу каскадын артық жүктеу кезінде сызықтық емес бұрмалаулармен шектеледі., Қабылдағыштың номиналды шығу қуаты $P_{ном}$, сызықтық емес бұрмалау коэффициенті белгіленген кезде шығыстағы максималды қуат және қабылдағыштың қалыпты шығу қуаты $P_{ном}=0,1 P_{ном}$ бар.

Қалыпты шығу қуаты кезінде $P_{ном}$ сызықтық емес бұрмалау коэффициенті 10 есе азаяды.

Сапалық көрсеткіштеріне сәйкес стандарт бойынша радиоқабылдау құрылғылары төрт күрделілік топқа жіктеледі: жоғарғы (0), бірінші (1), екінші (2), үшінші (3).

Радиоқабылдау құрылғыларды үш топқа бөлуге болады: радиотаратқыш, телевизиялық және кәсіби қабылдағыштар.

Қабылдағыштар нысанасы, қабылданатын толқындар (жиіліктер) диапазоны, жіберілетін сигналдардың модуляция түрі мен пайдалану шарттары бойынша ажыратылады.

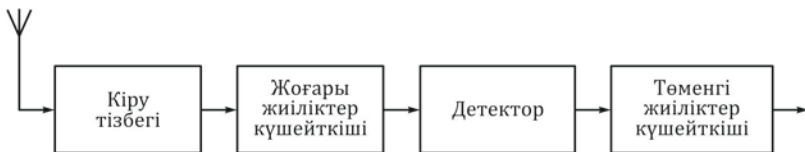
Нысанасы бойынша қабылдағыштар кәсіби және таратқыш (тұрмыстық) болып бөлінеді. *Кәсіби* қабылдағыштарға: байланыс, радиолокациялық, радионавигациялық және арнайы мақсаттағы басқа қабылдағыштар жатады. *Таратқыш* (тұрмыстық) қабылдағыштар дыбыстық және телевизиялық тарату бағдарламаларының қабылдауын қамтамасыз етеді.

Қазіргі радиоқабылдау құрылғылары радиотехникалық жүйелердің жұмысы мүмкін болатын үлкен жиілік диапазонында радиосигналдардың сенімді қабылдауын қамтамасыз етеді.

Сигналдың **модуляция түрі** бойынша радиоқабылдағыштар, радиотаратқыштар сияқты, амплитудалық, амплитудалық балансты және бір жолақты, жиілікті, фазалық, импульстік, импульстік-кодты және басқа модуляция түрлері бар құрылғыларға бөлінеді.

Пайдалану шарттары бойынша қабылдағыштар стационарлы, борттық (ғарыштық, кемелік, ұшақтық, автокөдіктік) және қозғалмалы (портативті) немесе мобильді болып бөлінеді.

Қабылдау құрылғыларының әр түрлі типтері негізінде олардың құрылымдық схемаларының алуан түрлері құрастырылған, бірақ құрылыс қағидасы бойынша барлық радиоқабылдағыштарды екі негізгі топқа бөлуге болады: тік күшейту қабылдағыштары және супергетеродинді қабылдағыштар.



Сурет 11.2. Тік күшейту қабылдағышының құрылымдық схемасы

Тік күшейту қабылдағыштары. Тік күшейту қабылдағыштарының ерекшелігі іріктеу мен күшейту қабылданатын радиосигналдың тасымалдаушы жиілігінде жасайды, ал қабылданатын радиосигналдың жиілігін бастапқы сигнал жиілігіне төмен жиілік детектілеу жолымен түрлендіреді.

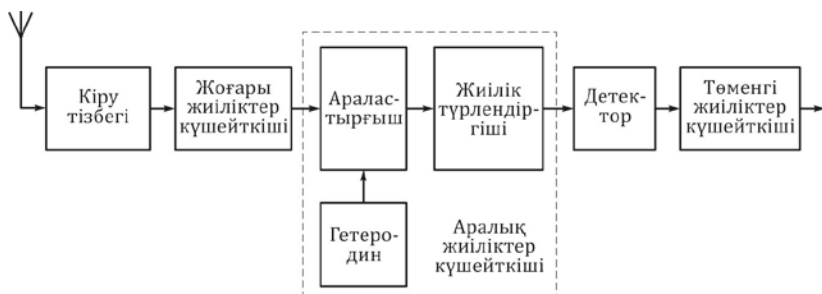
Тік күшейту қабылдағышының құрылымдық схемасы (сурет 11.2) шығу тізбегін, жоғары жиіліктер күшейткішін, детекторды және төмен (дыбыстық) жиіліктер күшейткішін қамтиды. Шығу тізбегі мен жоғары жиіліктер күшейткіші қабылдағыштың жоғары жиілікті трактын құрайды да, қажетті сигналды басқа сигналдар мен кедергілерден бөліп шығаратын резонанстық контур жүйелерін қамтиды. Жоғары жиіліктер күшейткіші сигналды жоғары жиілікті іріктеуден басқа оның күшейтуін де жүзеге асырады.

Кейбір жағдайларда қабылданатын сигналдың жеткілікті қуаты кезінде жоғары жиілік күшейткіші жоқ болуы да мүмкін. Осындай қабылдағыштар бұрында қолданып, детекторлық деп аталды, себебі оларда күшейту жоғары да емес, төмен де емес жиіліктерде орындалған жоқ, ал антенна арқылы қабылданған сигнал тікелей амплитудалық детекторға жіберілген болатын. Қазіргі кезде детекторлық қабылдағыштар АЖЖ диапазонының өлшеу және тіркеу техникасының қолданылады.

Бір кемшілігі – жоғары таңдаушылықты қамтамасыз ету үшін сапалылығы жоғары резонанстық контурлар санын үлкейту болып табылады. Ол қабылдағыштың диапазон бойынша қайта құрылуын қиындатады. Сол себепті тік күшейту қабылдағыштарының пайдалануы шектеулі болады.

Супергетеродинді қабылдағыштар¹. Супергетеродинді қабылдау қағидасы тасымалдаушы жиілікті w_0 күшейту, фильтрлеу және қабылданатын сигналды детектілеу жүзеге асатын, одан төмен аралық жиілікке алдын ала түрлендіруді қамтиды. Берілген қабылдағыш үшін аралық жиіліктің тұрақтылығы және оның диапазон

¹ Супергетеродинді қабылдағышты Э. Армстронг 1918 ж. ұсынды.



Сурет 11.3. Супергетеродинді қабылдағыш құрылымдық схемасы

бойынша қабылдағыштың қайта құруынан тәуелсіздігі аралық жиілік бойынша күшейткіш каскадтарының оптималды санын таңдауға және амплитудалық-жиілікті сипаттамасының қажетті пішінін алуға мүмкіндік береді. Осыған орай супергетеродинді типті қабылдағыш өте жоғары және бірдей таңдаушылықты толқындардың барлық диапазондарында және, сонымен қатар, жоғары жиілікті трактта біркелкі күшейтуді қамтамасыз етеді. Бұл қабылдағыш трактына гетеродин², араластырғыш және аралық жиілік күшейткішінен тұратын жиілік түрлендіргішін (сурет 11.3) енгізу арқылы мүмкін болады.

Жиілік түрлендіргіші арқылы қабылданатын сигнал спектрі тасымалдаушы жиіліктен аралық жиілікке (әдетте, одан төмен) ауысады.

Аралық жиілік күшейткіші каскадтарының резонанстық контурлар аралық жиілікке бапталады.

Жоғары жиілікті тракттың тербелістік жүйелерінің қайта құрылуы кезінде бір мезгілде гетеродин жиілігі де аралық жиілік тұрақты болатындай өзгереді. Бұл қабылдағышта аралық жиіліктің қайта құрылмайтын күшейткіштерін пайдалануға мүмкіндік береді.

Супергетеродинді қабылдағыштардың кемшіліктері қосымша паразитті қабылдау арналарының бар болуы, гетеродиннің сәулелерінің паразиттік немесе тікелей түрде қоршаған ортаға ықтимал өтуі, немесе антенна арқылы, аралық жиілікке сәйкес келетін немесе ұқсас сигналдарды қабылдау мүмкіндігі болып табылады. Аралық жиілік күшейткішінің кірісіне түскен кезде осы кедергі күшейтіліп,

² Гетеродин (*грек тілінен* heteros – «басқа, түрлі» + dynamis – «күш») – негізінен жиілік түрлендіргіштерде (мысалы, супергетеродинді радиоқабылдағыштарда, өлшеу құрылғыларында) қолданылатын жоғары жиілікті электр тербелістердің қосалқы аз қуатты генератор.

детектіледі және қыбалдағыштың шығысында пайдалы сигналмен араласады.

Қазіргі радиохабар беру радиоқабылдау құрылғылары микропроцестерге кең түрде енгізіледі – кедергілер жағдайында қабылдаудың оңтайлы сапасын, автоіздеуді басқаруды, ондаған радиостанцияларының электронды жадысын, бағдарламалар көздерінің коммутациясын, таймер жұмысын, берілген бағдарлама бойынша қосылатын және ажыратылатын қабылдағышты қамтамасыз ететін бағдарламаланатын микроэлектронды құрылғылар, яғни бағдарламалық басқару.

Радиоқабылдағышты қашықтықтан басқару үшін бір бөлме шегінде ультрадыбыстық және инфрақызыл байланыс желілері қолданылады (инфрақызыл желілерді пайдалану тиімдірек).

Басқару сигналдары қашықтықтан басқару пультінен инфрақызыл сәулеленудің импульсті-кодты модуляциясы жүзеге асырылатын фотодиодқа түсетін импульстардың кезектілігі шығарылатын кодтау құрылғысына түседі.

Модульденген сәулелену біраз қашықтықта орналасқан қабылдағышқа (фоторезисторге) түсіп, одан кейін күшейткіш және декодтау құрылғысына және ақырында басқару құрылғысына түсіп барады.

Қайта жаңғырту ретінде басқару сигналының басты артықшылығы цифрлық радио хабар етуді пайдалануға әкеледі.

Осы жағдайда сигнал белгілі бір уақытта сигнал мәнін сипаттайтын импульстар кезектілігіне айналады. Дыбысты жіберудің цифрлық жүйесі жерсеріктік байланыс жүйелерінде және жерсеріктік радио хабар беруде, оған қоса, цифрлық дыбысжазбаларында да жұмыс істеп тұр.

Цифрлық хабар беру дыбыстық бұрмаланбаған шығарылуын қамтамасыз етуі мүмкін.

Соңғы кездерде басқару жүйелері мен адам дауысымен хабарландыруы бар тұрмыстық радиоаппаратура құрастырылуда. Осы жағдайда басқару тіл командалары арқылы жүзеге асырылады. Оператор командаларын жүзеге асыру синтезделген адам дауысымен расталады.

Басқару сигналы цифрдық пішінге айналып, басқару микропроцессорына түседі. Команданы орындаудан соң микропроцессор адам тілі синтезаторына түсетін жауап сигналын шығарады, ал дауыстағыш жауапты береді.

Тілдік хабарландыру жүйелері бар радиоқабылдау аппаратурасының үлгілері қазіргі кезде бар.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Радиоқабылдау құрылғылары не үшін қолданылады?
2. Сіз радиоқабылдағыштардың қандай негізгі сипаттамаларын білесіз?
3. Тік күшейткіш қабылдағыштары қандай негізгі кемшіліктермен сипатталады?
4. Гетеродинді қабылдағыш (құрылымдық схема) қалай құралған?
5. Радиоқабылдағыштарды қашықтықтан басқару үшін қандай байланыс желілері қолданылады?

РАДИОЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ ҚОЛДАНЫС АЯСЫ

12.1 РАДИОЛОКАЦИЯ

Радиолокация радиотолқындар көмегімен әр түрлі нысандардың ауада, суда, құрлықта орналасуын нақты анықтау, белгілеу және табу үшін қызмет етеді. 1931 жылы бірінші отандық радиолокациялық станциясының болашақ бейнесі болған ионосфералық станция жасалды. Осы станцияны М. Бонч-Бруевич басқарды. Станцияда ионосфера деп аталатын атмосфераның жоғарғы қабаттарын зерттеумен айналысты. Радиотолқындардың көмегімен ионосфера 50 ... 60 км биіктікте басталатыны анықталды. Ол үшін радиотолқындардың иондалған ауа қабатына қарай және кері бағатта өту уақытын өлшеген болатын. Сонда, үлкен қашықтықтарда орналасқан әр түрлі тізбектерді табуға болатын еді.

Алғашқы радиолокациялық станциялары елдің әуе шабуылына қарсы қорғанысы ретінде, мысалы, «Редут» жылжымалы станциясы, РУС-1 ұшақтарды радиоұстағыш қолданылды.

Теңіз флоты түрлі радиолокациялық жабдықтаумен қамсыздандырылған. Жолдардың бойында орнатылған радиолокациялық бергіші жол қозғалысын реттеу үшін пайдалынады. Радиолокация көмегімен штурман ұшақтың орналасуын және бағытын біле алады, өзінің орналасуын анықтауға, ұшу биіктігін өлшеп аэродромды таба алады; арнайы радиолокациялық шамшырақтар ұшаққа әрдайым көмектесуге дайын.

Сонымен қатар радиолокация жер бедері картасын жасау үшін, атмосфераны бақылау, мұз барлауын жүргізу, болашақ темір жолдары трассаларын барлау үшін қолданылады. Ауыл және орман шаруашылығында радиолокация топырақтың құрамы мен құрылымын анықтауға, орман өрттерін табуға көмектеседі. Радиолокация көмегімен Ай, Шолпан мен Марсқа дейінгі қашықтықты анықтау мүмкін болды.

Радиолокация негізінде әр түрлі объектілерден келетін радиотолқындарды бейнелеу құбылысы жатыр. Осы құбылыстың болмысы келесідей болып тұр. Таратқыш шығаратын электромагниттік толқындар өз жолында түрлі объектілерді кездестіріп, олардың бетінде электромагниттік тербелістерді тудырады. Осы тербелістердің шамасы объект бетінің өткізгіштігіне пропорционалды болып тұр. Объект, өз

кезегінде, барлық бағыттар бойынша радиотолқындарды жібере бастайды, себебі өзі сәулеленудің екінші көзіне айналады.

Радиолокацияда, сонымен қатар, электромагниттік толқындардың тіксызықты таралу қасиеті де қолданылады. Егер антенна электромагниттік толқындарды барлық жақтарға тарайтын болса, онда нысанмен шағылысқан толқын станцияға қайдан келетінін анықтау мүмкін болмас еді. Ол дегеніміз нысанға қарай бағытты білу мүмкін болмайды. Сондықтан радиолокациялық станцияларда үшкір бағыт әрекеттегі антенналар, яғни электромагниттік энергияны тар бағытталған сәуле ретінде шағылысатын антенналар пайдаланады (прожекторға ұқсас). Осындай сәулені параболалық айналар түрінде антенналар арқылы жасауға болады.

Бірақ радиосәуленің тек бір ғана бағыты кеңістіктегі нысана орнын анықтауды мүмкін етпейді, себебі бұл жағдайда оған дейінгі қашықтық белгілі емес болады. Осы қашықтықты анықтау үшін нысанадан шағылысқан сигналдың зондтаушы³ сигналына қатысты кешігу уақытын білу қажет. Ол үшін электромагниттік энергия шағылысуының импульстік режимі қолданылады, ал сәулелену арасындағы уақытта (кідірістер кезінде) шағылысқан радиотолқындардың қабылдауы жүзеге асырылады. Нысана бағытында сәулеленген сигнал мен оның шағылысуы арасындағы уақыт интервалы бойынша нысана алшақтығы анықталынады.

Радиолокацияда аса жоғары жиілікті (АЖЖ) электромагниттік тербелістер қолданылады. Импульстік радиолокатордың оңайлатылған схемасы 12.1 суретінде келтірілген.

Радиолокатор радиолокациялық таратқыш, антенналық жүйе, қабылдаудан таратуға және кері қарай ауысудың антенналық айырақосқышы, қабылдағыш, индикатор⁴ (электронды-сәуле тұтқасы), синхрондаушы құрылғысы мен электрлік қоректендіру көзінен тұрады.

Радиолокациялық таратқыш антеннаға түсіп, онда дәл сондай тербелістерді тудыратын электромагниттік тербелістерді тудырады.

³ Зондтау (фр. sonder) – бір нәрсені алдын ала біліп алу.

⁴ Индикатор (лат. Indicator – «көрсеткіш») – бақылау объектісінің жағдайын немесе үдерісті, оның сапалық немесе сандық сипаттамаларын бейнелейтін құрылғы, құралы, элемент.



Сурет 12.1. Импульстік радиолокатордың оңайлатылған схемасы

Антенна радиотолқындары кеңістікке сәулеленеді. Радиотолқындардың сәулеленуі импульстар түрінде де, үздіксіз сигналдар түрінде де жүзеге асырылуы мүмкін. Импульстардың сәулеленуі кезінде таратқыш секундтың мыңдаған немесе миллиондаған бөлшегі кезінде қысқа мерзімді түрде жұмыс істейді. Осы импульстар импульстардың қайталану жиілігі деп аталатын белгілі бір жиілікпен бірінен кейін бірі келеді. Сонда жұмыс арасындағы аралықтар кезінде шағылысқан сигналды қабылдауға мүмкіндік бере алатын қайталау жиілігі белгіленеді. Объектіден (нысанадан) шағылысқан толқын үшкірбағытты антеннамен қабылданады.

Антенналық айырқосқыш бір антеннаны сигналды тарату және қабылдау үшін қолдануға мүмкіндік береді. Радиотолқындар қиятын байқалатын объектілер келе жатқан толқын энергиясының бөлігін қайтарады, сонда осы энергияның тек кішкентай ғана бөлігі станция бағытына қарай қайтады. Ол дегеніміз, шағылысқан сигнал энергиясы өте аз болады, сондықтан осындай әлсіз сигналдарды қабылдау күрделі мәселе болып табылады және онын шешу үшін сезімталдығы жоғары қабылдағыштар қолданылады.

Қабылдағыш кейін күшейтіліп және индикаторлар экрандарында нысана координаталарын өлшеу үшін тиімді пішінге түрлендірілетін қайтарылған сигналды бөледі.

Индикаторлар ретінде электронды-сәуле тұтқалары пайдаланады. Радиолокатордың қалыпты жұмыс жасауы үшін қабылдағыштың индикатормен синхронизациясы⁵ қажет болады, яғни зондтау импульсінің сәулелену сәті мен сәуленің индикатор экраны

⁵ Синхронизм (гр. Synchronismos) – екі немесе бірнеше құбылыстардың немесе үдерістердің уақыт бойынша дәл сәйкестігі.

бойынша қозғалысының басталуы қатаң түрде сәйкес болуы қажет. Осы сәйкестікті *синхрондаушы құрылғысы* орындайды.

Радиолокаторлар үшін әр түрлі *электрлік қоректендіру көздері* пайдалынады (5-ші тарауды қараңыз).

Кейбір объектілер үшін толқындардың үздіксіз сәулеленуі бар радиолокаторлар қолданылады. Осы жағдайда станцияда екі антенна орнатылады: бірі – сәулелену үшін, екіншісі – сигналдарды қабылдау үшін.

Нысаннан қайтқан сигналдарды қабылдау радиолокаторларда келесідей өтеді. Қабылдағыш антеннасы белгілі бір жиілік радиотолқындарлы шығарады. Жылжымайтын объектіден шағылысу кезінде қабылдағыштың кірісіне сол жиіліктегі сигнал түседі. Егер объект қозғалыста болса, шағылысқан сигнал жиілігі өзгереді: жақындаған кезде жиілік жоғарылайды, ал алыстаған жағдайда – төмендейді.

Зондтау сигналының электромагниттік тербелістердің жиілігі f олардың таратылу жылдамдығы c мен толқын ұзындығының λ қатынасына байланысты болады мұндағы f - зондтау сигналының электромагниттік тербелістердің жиілігі; c – электромагниттік толқындардың таратылу жылдамдығы; λ –

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

толқын ұзындығы.

Қабылданған сигнал жиілігі f_1 (жақындайтын нысана) келесі қатынаспен айқындалады

$$f_1 = \frac{c + V}{\lambda}$$

мұндағы V – нысана қозғалысының жылдамдығы.

12.2. ТЕЛЕДИДАР

Теледидар оптикалық бейне және дыбыстық сигналдарында болатын ақпаратты бір жақты тарату болып табылады. Ол телевизиялық станциясының таратқышынан телекөрермендердің телевизиялық қабылдағыштарына электромагнитті толқындардың көмегімен таралады. Телевизиялық таратқышта бейне бірінші электр сигналына, ал дыбыстық толқындар басқа электр сигналына айналады. Телевизиялық қабылдағышта бірінші электр сигналы кинескоп арқылы

оптикалық бейнеге, ал екінші электр сигналы жиілік детектор мен динамик арқылы дыбыстық сигналға айналады.

«Теледидар» терминін алғаш рет орыс инженер-электригі К.Д.Перский 1890 жылы Парижде өткен Халықаралық конгресте қолданды.

Теледидар кеңістікте орналасқан жылжымайтын және қозғалыстағы заттардың бейнелерін, байланыстың электр құралдарын нақты және өзгертілген уақыт масштабында қабылдау және таратумен айналысатын қазіргі радиоэлектроника саласын қамтиды.

Теледидар негізінде үш физикалық процесс жатыр:

- жарық энергиясын электр сигналдарына түрлендіру;
- оларды байланыс арналары бойынша тарату және электр сигналдарын қабылдау;
- электр сигналдарын оптикалық бейнеге түрлендіру.

Жарық энергиясын электр сигналдарына түрлендіру. Бізді қоршайтын нақты әлемді қабылдау үшін табиғат адамға бес сезімін берді, олардың үшеуі (көру, есту, иіс сезу) қашықтық, ал екеуі (сезу және тату) жанасқан болып тұрады. Физиологтардың айтуынша, барлық сезімдердің 80 ... 85 % адам көру қабілеті арқылы сезеді. Бірақ адам көзі қандай ғажап болса да, біз тікелей қоршаған ортаның тек бөлігін ғана көріп тұрамыз және ол жерге түсетін сәуленетін және себетін жарық электромагнитті тербелістердің тек өте кіші диапозонын алып тұрады.

Шартты түрде электромагниттік тербелістердің толық спектрі екіге бөлінетіні мәлім. 3 000 ГГц төмен жататын электромагниттік тербелістер радиотолқындарға, ал одан жоғары – оптикалық диапазонға жатады. Спектрдің көзге көрінетін бөлігі оптикалық диапазонда жатып, оның тек кіші бөлігін алып тұрады (380 ... 760 нм). Осы бөлікте барлық түстер орналасалы: күлгін түстен қызылға дейін. Көздің максималды спектрлік сезімталдығы көрінетін жиілік спектрінің сары-жасыл бөлігінде орналасады (0,55 мкм). Көздің көру қисығының максимумынан көк және қызыл түстері орналасқан сол және оң жақтан көздің спектралды сезімталдығы төмендейді. Ол дегеніміз, көз көру диапазонының барлық түстерін бірдей ажырата алмайды. Түсті теледидардың біріккен жүйелерін жасау кезінде бұл жағдай есепке алынады.

Телевизиялық жүйе адамның көру мүмкіндіктерін кеңейте алады, яғни ол адам құралсыз көзбен көре алмайтын нәрселерді көре алады.

Телевизиялық сигнал көзі ретінде тек электромагниттік толқындардың оптикалық диапазонында ғана емес, кез келген сәуленену бола алады. Ол үшін оптикалық-электронды түрлендіргіштің тиісті сезімталдығы болуы қажет. Ол дегеніміз,

теледидар көмегімен қарапайым көзбен қарағанда көрінбейтін объектілерді көрінетіндей етуге болады.

Жайма, яғни бейне элементтерінің уақыт барысында кезекті тарату кезінде уақыт бойынша жарқындық сигналы пайда болады. Осы сигналды қабылдау үшін сәулелік энергиясын электр сигналына түрлендіру қажет. Ол фотоэлектрлік эффектісін (фотоэффектіні⁶) қолданылатын құрылғылар арқылы жүзеге асады.

Фотоэффект ретінде жарық сәулелері әсерінен затта электрондарды босату мүмкіндігі түсініледі. Сонда электрондар затты қалдыруы болады және ол *сыртқы эффект* (фотоэмиссия) деп аталады. Жарық арқылы босатылған электрондар зат ішінде қалатын болса, оларды фотоөткізгіштік электрондары деп аталады, ал процесс – *ішкі фотоэффект*. Фотоэлектрлік эффект – жарық энергиясын электр сигналына түрлендіруді мүкін еткен жаңалық болып табылады.

Телевизиялық жүйе үшін ақпарат көзі қоршаған орта болып табылады. Заттар оларға түсетін жарық ағымын шағылу қабілетіне ие болады. Көбінесе бұл диффузиялық шағылысу, бірақ жиі кезде айналық шағылысу да кездесіп тұрады. *Диффузиялық шағылысу* – себілген шағылысу. *Айналық шағылысуға* жылтылдатылған және лакталған беттер, сұйықтық беттері және т.б. айналық беттер жатады. Өрбір зат пен оның бөлшектерінің жарық ағымын шағылысу немесе жарық беру қабілеті объектінің оптикалық ерекшелігі болып табылады. Бақылаушы *көру бұрышы* деп аталатын кеңістіктік бұрышымен анықталатын кеңістіктің шектелген бөлігін ғана көреді.

Жалпы жағдайда тарату объектісі келесі параметрлермен сипатталады: жарықтық, түс және заттардың тереңдікті орналасуы.

Теледидардың басты мақсаты объектіні электрбайланыс тәсілдері арқылы тарату мүмкін бола алатын, объект бейнесін түрлендірудің осындай әдісін табу болып табылады. Сонымен қатар, қабылдау телевизиялық құрылғысымен жасалатын бейне тарату объектісіне сәйкес болуына тырысу қажет.

Бейнелерді электр сигналына телевизиялық түрлендіруге дейін бейненіс тегіс оптикалық құрылысы мен оның элементар анализі болды.

Байланыс арнасы бойынша электр сигналдарын тарату және электр сигналдарын қабылдау. Электр байланыс арнасының

⁶ Жарықтық сәулеленуді электр тогына алғаш рет жүзеге асырған адам француз физигі Э. Беккерель 1939 жылы болған. 1817 ж. белгілі физик Й. Берцелиус селен химиялық элементін ашты, ал 1837 ж. техник К. Мей ашып, компания инженері У. Смит селеннің фотоөткізгіштігін түсіндірді (ішкі фотоэффект). Бұл бейнелерді тарату жүйесі тізбегінің соңғы түйіні болды. Осы ашулардан кейін бейнелерді тарату жүйесін жасау туралы идеялар өте көп болды.

негізгі қасиеттерінің бірі уақыттың әрбір мезгілінде сигналдың тек бір ғана мағынасын жіберу мүмкіндігі болып табылады. Ол дегеніміз, сигнал тек бір тәуелсіз құбылмалы уақыт функциясы болуы тиіс, яғни байланыстың электр арнасы кернеудің уақыттан бір өлшемді тәуелділігімен сипатталады. Телевизиялық жүйенің шығысында болса, үш көп өлшемді функцияларының бірлестігімен сипатталатын бейне шағарылады. Таратудың үш көп өлшемді функцияларын тікелей бір өлшемді сигналға түрлендіру мүмкін емес.

Үш өлшемді сигналды бір өлшемді сигналға түрлендіру мәселесін шешу үшін теледидар негізінде жататын екі фундаменталды қағида қолданылады: бейне дискретизациясы және оның жаймасы, яғни теледидарда кеңістіктік және уақыт дискретизациясы пайдалынады.

Кеңістіктік дискретизацияға жіберілетін бейне өрісін дискреттік элементтердің нәтижелі санына бөлу кіреді. Бейне өрісі *кадр* деп аталады. Ол саны 500 мың шамасына жететін элементтерге бөлінеді. *Бейне элементі* деп ішінде жарықтық пен түс тұрақты болатын, яғни элементтің ішінде жарықтық мен түстік біркелкі болмауы көзге көрінбейтін, бейненің минималды бөлшегі аталады.

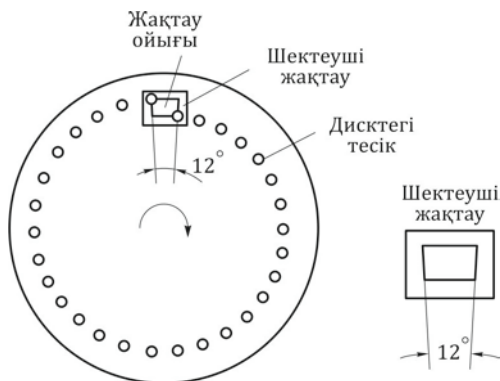
Теориялық тұрғыдан бейнедегі элементтер саны шексіз болуы мүмкін. Іс жүзінде көру қабілетінің шектеулі айыруына байланысты кез келген бейне қорытынды өлшемдері бар элементтердің белгіленген санымен шығарылады. Бұл белгіленген көру бұрышында көрермен ажырата алатын ең кішкентай бөлшектің бар болуына байланысты, яғни осы бөлшектің ішінде оның бүкіл беті бойынша жарықтық тұрақты болып, оның мөлшерлері айырудың минималды бұрышымен анықталынады.

Көрерменнің көру бейнесін танудан бұрын көз торында екі өлшемді бейнені құрастыру болған. Ол кеңістіктік бұрышында элементар шамаларын үлестіруіне сәйкес болатын жарықтың таратылуы ретінде сипатталуы мүмкін. Көру бұрышы мен айыру бұрышының шеткі шамалары тегіс бейнені әр түрлі жарықтықты элементар алаңдарының шеткі сандарының жиынтығы ретінде көруге мүмкіндік береді.

Теледидардың бірінші негізгі қағидасы бейнені жеке элементтерге бөлу және бүкіл бейнені элементтік таратумен анықталады. Барлық элементтер сигналдарын бір уақытта жіберуге болмайды, себебі ол таратқыш пен қабылдауыш арасында бейне элементтері саны қаншалықты болса, байланыс желілерінің соншалықты санын талап ететін болады. Ол іс жүзінде іске асыру мүмкіндігін жояды. Бейнені элементтер бойынша кезекті тарату үдерісі *бейне жаймасы* деп аталады. Басында теледидарда бейнені

элементтерге жаймалуы тегі поляк неміс инженері П. Нипковиймен жасалынған болатын (сурет 12.2).

Диаметрі үлкен осы диск болып табылады, оның сыртқы шетінің қасында Архимед шиыршығы бойында тесіктер орналасқан (егер тік сызық өз нүктелерінің бірі айналасында тегістікте біркелкі айналатын болса, онда осы нүкте айналасындағы осы түзу бойымен қозғалатын тегіс қисық сызық Архимед шиыршығы деп аталады). Жайма жайылатын элементтің (электрондық сәуле, сканерлеу тесігі) бейне тегістігінің белгілі бір заңы бойынша қозғалуы арқылы жүзеге асырылады. Ол дегеніміз, жайма үрдісі бейненің электр сигналдарының кезектілігіне айналу мәселесін шешеді. Жайма детерминді және детерминді емес болуы мүмкін.



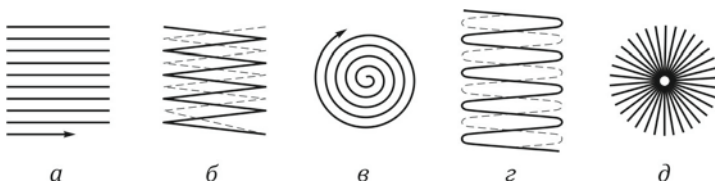
Сурет 12.2. Нипков дискі

Детерминді жаймадағы жайылатын элементтің қозғалыс траекториясы нақты беріліп, алдын ала анықталған. Детерминді жайма кезінде бейненің бөлінуі жайылатын элементтің әр түрлі қозғалыс траекториясы бойынша өтуі мүмкін, яғни қозғалыс еркін болуы мүмкін. Тек оптикалық-электронды және электронлы-оптикалық түрлендіргіштердегі жайылатын элементтердің қозғалысы бір заңға сәйкес жүзеге асырылуы қажет. Жайылатын элементтің қозғалыс заңына сәйкес бейне бетінде жаймалардың алуын түрлері болуы мүмкін: сызықтық, ирек тәрізді, шиыршықты, синусоидалық, радиалды және т.б.

Детерминді жаймалардың түрлері 12.3 суретінде келтірілген.

Детерминді емес жайма бейне мазмұнына байланыста автоматты түрде орнатылатын, жайылатын элементтің осындай

қозғалысын талап етеді. Сондықтан қазіргі кезде детерминді емес жайма телевизиялық автоматикада қолданылады. Детерминді емес жаймалар бөлу қағидасы бойынша екі режим бойынша құрастырылады: іздеу және байқау.



Сурет 12.3. Детерминді жаймалардың түрлері:

a – сызықтық; *б* – иір тәрізді; *в* – шиыршықты; *г* – синусоидалық; *д* – радиалды-шеңберлік

Іздеу режимінде жайылатын элемент берілген траектория бойынша қозғалады, ал объект бейнесіне түскенде ол *байқау* режиміне ауысады да, осы кезде акпаратты оқылуы және өңделуі жүзеге асырылады. Байқаудың бірнеше режимі бар. Мысалы, нысан контуры бойынша байқау жаймасын қолдану кезінде жайылатын элемент тек зерттелетін нысан контурына ғана айрықша көңіл бөлінеді, ал нысан ауданы бойынша байқау жаймасын пайдалану кезде жайма әрбір жеке нысан туралы реттелген акпарат алуды қамтамасыз етеді.

Жайма типін таңдау кезінде телевизиялық жүйеге белгілі бір талаптар қойылады. Олардың кейбіреулері төменде келтірілген:

- әрбір элементтің бірдей жіберілу уақыты;
- кері жүріс кезінде минималды жоғалтымдар;
- техникалық іске асырудың қарапайымдылығы.

Сызықтық жаймадан басқа ешбір жайма түрі осы талаптарға сәйкес келмейді. Сол себепті хабар тарату теледидары мен қолданбалы теледидардың көптеген жағдайларында сызықтық жайма, әсіресе, оның прогрессивті және жоларалық түрлері, қолданылады. Телевизиялық хабар таратуда сызықтық-жолақтық жайма қабылданды (солдан оңға қарай және жоғарыдан төмен қарай, ол дағдылы жазу мен оқуға сәйкес келеді), яғни тұрақты бағыты мен жылдамдығы бар элементтерді бірінен соң бірін жол бойынмен және жіберу және тұрақты жылдамдығы бар жолдарды кадр ішінде кезектесу. Сызықтық-жолақтық жайма кезінде телевизиялық жүйе әдетте кадрдағы жолдар

санымен X және секундына⁷ толық бейнелердің кадрлар санымен сипатталады.

Кез келген заттың бейнесін көрсету үшін осы заттың әрбір элементтің жарық сигналын тиісті электр сигналдарына түрлендіріп, оларды жіберу қажет. Дегенмен, бейненің барлық элементтері бір мезгілде байланыс арналары бойынша жібере алмайды, өйткені бұл таратушы құрылғыларының орасан зор санын орнатуды қажет етуші еді.

П. И. Бахметьев бейне элементтерін бір байланыс арнасы бойынша кезекті жіберу әдісін ұсынды. Оның негізінде көрудің инерциялық қағидасы жатыр (соңғы жолды жіберу кезінде адам санасында бірінші жол бейнесі сақталуы қажет).

Телевизиялық жүйе байланыс желісі бойынша кеңістіктің кейбір бөлігінің оптикалық бейнесін жібереді. Кеңістік бөлігінің оптикалық бейнесі фотоаппаратта сияқты жіберілетін объект арқылы жіберуші телевизиялық тұтқасының нысанасында пайда болады. Бұл бейне басқарушы телевизиялық сигнал – видеосигналға айналады. Осы сигнал арқылы таратушы тербелістің модуляциясы жүзеге асырылады. Қабылданған телевизиялық радиосигнал кеңістікке жіберуші жүйенің телевизиялық антеннасы арқылы сәулеленеді. Телевизиялық қабылдағышта телевизиялық радиосигнал видеосигналға айналады, ал одан кейін осы сигнал арқылы – қабылдау телевизиялық тұтқасы (кинескоп) экранында бейнені қалыпқа келтіру жүзеге асырылады. Телевизиялық жіберуші тұтқасында бейне жарықсезгіш нысанасына проекцияланады.

Қозғалатын бейнелерді жіберу теледидарда кинодағыдай сияқты секундына қозғалмайтын бейнелердің көп санын кезекті жіберу әдісі арқылы жүзеге асырылады. Жіберу объектісінің белгілі бір қозғалыс фазасында келтірілген қозғалмайтын бейне түрінде келетін кадрлардың осындай тез ауысуы арқасында көрерменге барлығы тоқтаусыз қозғалыс иллюзия ретінде көрінеді. Үш немесе одан да көп функциялармен сипатталатын түсті және көлемді объектілерді жіберу бір уақытты үш немесе одан да көр арна бойынша немесе уақыт бойынша кезекті түрде бір байланыс арнасы бойынша жүзеге асырылуы мүмкін. Көп ақпаратты кезекті түрде жіберу тәсілі бір арнасы бойынша күрделі бейнелерді көрсетуге мүмкіндік береді, бірақ сонда уақыт бойынша дискредитация қадамын қысқарту қажет болады,

⁷ 1910 ж. Б.Л. Розинг орыс ғалымы «бейнені электр тасымалдау» әдісін патенттеді. Сонымен қатар ол «электрлік телескопия» үшін тұтқаны алғаш рет жасаған болатын. Телевизиялық бейнелерді көрсетуге арналған тұтқалар кинескоптар деп аталды. 1931 ж. кеңестік С.И. Катаев ғалымы таратушы электронды-сәулелік тұтқаны – иконоскопты ұсынды.

яғни көрерменге бейне жылтылдамай көрінеу үшін секунд ішінде бар кадрларды жіберу жиілігін үлкейту қажет.

Көру инерциясының күшіне байланысты көз ақпараттың қозғалмайтын және қозғалатын бейнелердің жеке элементтерден кезекті түрде алмасуын байқамайды. Механикалық теледидарды электронды теледидар алмастырды.

Байланыс арналарының мәселелерін теледидар негізделіп жатқан екінші қағида шешеді, - бұл элементтердің жарқындығы туралы ақпаратты байланыс арнасы арқылы уақыт бойынша кезекті таратылу. Осы қағида *жайма* деп аталады. Телевизиялық бейнені кезекті түрде бір байланыс арнасы бойынша жіберу мүмкіндігі көрудің инерциялығы құбырысына негізделеді.

Электр сигналдарын оптикалық бейнеге түрлендіру. Телевизиялық бейне қабылдау құрылғысының экранында құрастырылады да, оны көбен көру үшін жасалынады. Телевизиялық хабар беру ақпаратының қабылдаушысы көрермен (бақылаушы) болып табылады, сондықтан телевизиялық жүйенің параметрлері мен сипаттамалары адамның көру жүйесінің қабілеттері мен сипаттамаларына сәйкес таңдалуы тиіс. Телевизиялық жүйе немесе оның жеке тораптарын құрастыру кезінде көру жүйесінің қандай сипаттамалары жеке тораптар немесе жалпы телевизиялық жүйе параметрлеріне әсер ететінін білу қажет.

Көру (сыртқа әлем туралы көру ақпаратты қабылдау: заттардың пішіні, олардың кеңістіктегі орналасуын, түсін, қозғалысын және т.б.) көру жүйесі арқылы жүзеге асады. Көру жүйесі көру органдары (көздер), жүйке жүйесі мен бас ми қабығының көру орталығынан тұрады. Көз оптикалық жүйе ретінде көрінеді. Оның арқасында бізді қоршаған заттардың бейнелері көз торында пайда болады. Көздің оптикалық жүйесі күрделі емес және ұйымдасқан бұлшықет аппараты арқылы басқарылады.

Қоршаған орта туралы ақпараттың басым бөлігін адам көру органдары арқылы қабылдайды. Көру қабілеті адамға ешбір тырысымсыз және техникалық құралсыз беріледі. Адам көзінің торында жарық қабылдағыш элементтер (рецепторлар⁸) бар – таяқшалар мен құтылар. *Таяқшалар* ымырттық көру органы болып табылады (аз жарықтандыру кезінде). *Құтылар* арқылы күндізгі деп

⁸ Рецепторлар (*лат. ресіпере* – «қабылдау») – ағзаның ішкі немесе сыртқы ортасынан тітіркенулерді қабылдайтын және тітіркендіргіштің физикалық (механикалық, жылулық және т.б.) немесе химиялық энергиясын сезімтал жүйке талшықтары бойынша орталық жүйке жүйесіне жіберілетін жүйке талшықтарының шектік ұштары түрлендіреді. Кейбір рецепторлар химиялық тітіркендіргіштерге сезімтал болады (хеморецепторлар), басқалары – температура (терморецепторлар), жарықтандыру (фоторецепторлар), қысымның өзгеруіне (механорецепторлар, барорецепторлар) сезімтал болып келеді.

аталатын көру іске асады (жарықтандыру жақсы болған кезде). Таяқшалар мен құтылар құрамында ереуше химиялық заттар бар. Олардың әсерінен электрлік сигналдар туындайды. Осы сигналдар жүйке талшықтары бойынша мидың тиісті бөліктеріне келіп түседі.

Көз торы көз алмасының түбінде жарықсезгіш бет туындайды. Торлы қабық жарықсезгіш жүйке ұштарынан тұратын мозаика болып табылады. Жүйке ұштарының екі түрі бар: құты-рецепторлары және таяқшалар-рецепторлары.

Күндізгі көру аппаратының *құты-рецепторлары* аз жарық сезімталдығымен, бірақ үлкен айыру қабілеті мен тұсажыратқыш белгілерге ие болады.

Ымырттық көру аппаратының *таяқшалар-рецепторлары* түстерді ажырата алмайды және олардың айыру қабілеті төмен болады, бірақ жарықтық сезімталдық жоғары болып келеді.

Көз торының орталық бөлігінде (бұрыштық өлшемдері $1 \dots 3^\circ$) тек құтылар бар, ал шеткерінде – құтылар да, таяқшалар да бар. Сонда құтылардың тығыздығы орталықтан алыстаумен бірге төмендейді, ал таяқшылардың тығыздығы әрдайым тұрақты болып келеді. Күрделі жүйенің жүйесі арқылы фоторецепторлар бас миының көру орталығымен байланысты болады.

Адам көзінің негізгі қасиеттері:

- инерциялылық;
- айыру қабілеті;
- сезімталдық;
- түссезгіштік.

Көрудің инерциялылығы – көру аппаратының көру түйсіктерін оның аяқталуынан кейін біраз уақыт ішінде сақтау қабілеті. Жарық түйсіктері адамда сәл кешігіп туындайды (жарық белсенділігіне байланысты әдетте $0,05 \dots 0,2$ с кейін), ал жарық сезінуі бірден кетпейді (ол шамамен $0,1$ с болады). Инерциялылық жылтылдаулардың жоғары жиілігі кезінде (әдетте секундына 24 кадр) жарықтың жылтылдау көзі үздіксіз жарқырайтындай болып көрінеді. Сол себепті жылтылдау сигналдарының жоғары жиілік таратылуы кезінде олар адамның көру аппаратына үздіксіз жарқырайтындай болып көрінеді.

Айыру қабілеттілігі – көздің қаралатын затта жеке бөлшектерді көру және екі жақын орналасқан жарқырайтын нүктелерді ажырату қабілеті. Адамның ең шекті қабілеті – шағын бөлшектерді көру – көру жүйесінің айыру қабілеттілігімен анықталады (көз жітілігі). Көз жітілігінің екі түрі бар: көздің оптикалық осіне қатысты қалыпты, тегістіктегі және бөлшектер тереңдігі бойынша (бөлшектер тереңдігі бойынша көз жітілігін, әдетте, тереңдік стереоскопиялық

көру жітілігі деп атайды). Олар көз торының айыру қабілеттілігі мен оптикалық жүйесіне тәуелді болады. Ол телевизиялық жүйенің ең маңызды параметрін – бейненің бөлу жолдарының санын - анықтайды. Оның экран бойында тез қозғалысы кезінде қалтырған электрондық дақ ізі *жол* деп аталады. Көру аппаратының инерциясы салдарынан көрермен бір мезгілде экранда электрондық дақ қозғалысының барлық іздерінің жиынтығын көріп тұрады. Экрандағы көрінетін жолдардың жиынтығы *растр* деп аталады.

Сезімталдық – көздің заттарды аз жарық кезінде көру (ажырату) қабілеті.

Түссезгіштік – көздің қарайтын заттардың түстерін ажырату қабілеті. Ол әр түрлі түстерге қатысты бірдей болып келмейді. Адам көзінің торында көру жүйкелерінің үш түрі бар:

- біреулері жасыл түстерге сезімтал;
- екіншілері – қызыл түстерге;
- үшіншілері – көк түстерге.

Көру жүйкелерінің барлық үш түрі бірдей дәрежеде қозған кезде адам ақ түсін көреді. Үш типті қозулардың жоқ болуы кезінде адам қара түсті көреді. Егер жүйке ұштарының қозуы біркелкі болмаса, көру жүйкелерінің қай түрі көбірек қозғанына байланысты ол түрлі түстердің реңкі ретінде қабылданады. Адам көзі 380-780 нм диапазонында жататын жарық сәулеленуді сезінеді. Көздің максималды сезгіштігі жасыл түске тиісілі 550 нм толқынына сәйкес келеді. Үш негізгі түстерден аралық түстерді жасау *түстерді қосындылау* деп аталады. Сонда спектрда шамамен біркелкі орналасқан жасыл, қызыл және көк түстері негізгі түстер болып саналады. Бір уақытта қызыл және жасыл сәулелерімен жарықтанған бөлшек сары түсті болады, ал қызыл мен жасыл – қанқызыл және т.б. болады. Сонда түстерді араластырып, белгілі шектерде жіберілетін бейненің түстік мазмұнын өзгертуге болады.

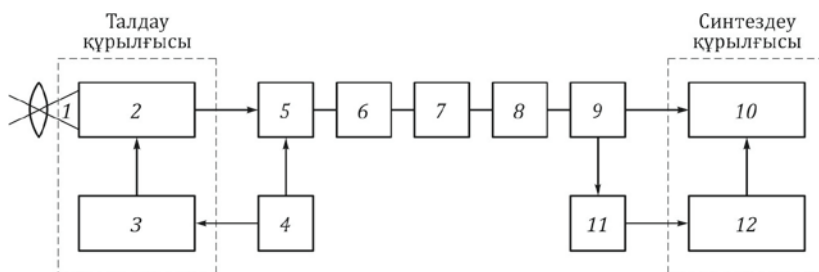
Нысандар немесе олардың бейнелерін бақылау кезінде жарқындықты өзгерту диапазоны маңызды рөл атқарады (минималдан максималдыға дейін). Максималды жарқындықтың минималды жарқындыққа қатынасы *контраст* деп аталады.

Теледидардың басты мақсаты жарық энергиясын электр сигналына айналдыру, осы сигналды байланыс арнасы бойынша тарату және, ақырында, электр сигналын қабылдау құрылғысында оптикалық бейнеге түрлендіру болып табылады. Көбінесе теледидардағы қабылдау индикаторы ретінде көз болады. сондықтан телевизиялық жүйе адамның көру органын есеп ала отырып құрастырылуы тиіс. Осыдан шығатыны телевизиялық жүйе жіберілетін объект туралы көру аппаратын қабылдау құрылғысына қабылдауды қамтамасыз ететін техникалық құралдар жиынтығын қамтиды.

Телевизиялық жүйенің жалпыланған құрылымдық схемасы 12.4 суретінде келтірілген. Объектив 1 оптикалық-электрондың түрлендіргіштің 2 (хабар таратушы тұтқа) жарық сезгіштік бетінде объектінің оптикалық бейнесін жасау арқылы жарық ағымын түрлендіреді. Бұл құрылғы сыртқы фотоэффекті құбылысын пайдалана отырып, жарық энергиясын электр энергиясына айналдырады. Ол *хабар таратушы тұтқаның фотокатоды* деп аталады.

Телевизиялық сигналды қабылдау үшін жарық ағымына пропорционалды зарядтарды түсіретін жаймалар жүйесі арқылы арнайы құрылғыны қолданады. Бұл құрылғы *хабар тарату тұтқасының* нысанасы деп аталады. Қазіргі хабар тарату тұтқаларында осы екі элемент біріктілген – фотокатод пен нысана. Оптикалық бейне хабар тарату тұтқасы нысанасына проекцияланады да, осы нысанадан зарядтарды түсіреді. Осы зарядтардан кейін телевизиялық сигнал туындайды.

Жайылу құрылғысы 3 арқылы кезекті электр импульстары туындайды. Бейне туралы ақпаратты тасымалдайтын электр импульстары *бастапқы жарқындық сигналы* деп аталады. Таратушы және қабылдау құрылғыларында нүкте координаталарының орналасу сәйкестігін қамтамасыз ететін талдаушы және синтездеуші құрылғыларының синхронды және синфазды жұмысы үшін синхронизацияның арнайы сигналдарын өндіріп, тарату қажет. Синхронизация сигналдары 4 синхронизаторда туындайды. Олар ұзықтығы мен жиілігі әр түрлі импульстар болып табылады. Синхронизацияның бір импульстары жолдың жүру ұзақтығы кезінде бір рет пайда болады, ал басқалары – кадр ұзықтығы кезінде бір рет.



Сурет 12.4. Телевизиялық жүйесінің жалпыланған құрылымдық схемасы:

1 – объектив; 2 – оптикалық-электрондық түрлендіргіш; 3 – жайылу құрылғысы; 4 – синхронизатор; 5 – күшейткіш; 6 – таратушы құрылғы; 7 – байланыс арнасы; 8 – қабылдау құрылғысы; 9 – видеосигналдар күшейткіші; 10 – сигнал-жарық түрлендіргіші; 11 – синхронизация импульстарының селекторы; 12 – жайылу құрылғысы

Осы импульстар жайылу құрылғысына 3 және, сонымен қатар, күшейткішке 5 түсіп келеді. Соңғысында олар жарқындық сигналдарына қосылады да таратушы құрылғысына 6 жіберіледі. Таратушы құрылғысында 6 тарату жиілігінің модуляциясы жүзеге асырылады. Толық телевизиялық сигнал байланыс арнасына 7 түседі, ал байланыс арнасының рөлін радиотаратқыштар, ретрансляторлар, кабельдік, радиорелелік, серіктік және телевизиялық сигналдың бұрмаланбаған таратылуы талаптарына сәйкес келетін басқа да байланыс желілері орындай алады. Байланыс арнасы бойынша хабар тарату процесінде сигнал әр түрлі түрлендірулерге тап болуы мүмкін, бірақ шығыста ол толық телевизиялық радиосигналы қалпына қайта оралуы қажет.

Қабылдау құрылғысында 8 жоғары және аралық жиіліктер бойынша телевизиялық радиосигналдың күшейтілуі және оның детектілеуі жүзеге асырылады. Одан кейін видеосигнал видеосигналдар күшейткішіне 9 түседі, онда сигналдың сигнал-жарық түрлендіргішін (кинескоп – қабылдау тұтқасын) 10 баскаруы үшін қажетті шамасына дейін күшейтіледі де, синхронизация импульстарының селекторына да 11 жетеді.

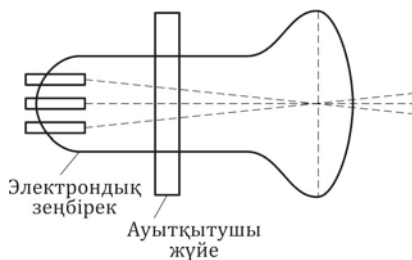
Осы құрылғыда видеосигналдан синхронизация импульстары шығарылады. Осы импульстар жайылу құрылғыларын 12 баскарып, талдаушы және синхронизация құрылғыларының сканерлеу элементтері қозғалысының синхрондылық пен синфаздықты қамтамасыз етеді.

Түсті теледидар. 1929 ж. кеңестің инженер Ю.С. Волков айналатын механикалық дискі жоқ түсті теледидар жүйесін жасады. Дәл осы өнертабыс түсті теледидардың электрондық жүйелеріне бастау салған болатын. Түстің бір мезгілде таратылуы бар телевизиялық жүйе үш байланыс арнасын, үш түс күшейткіші мен үш кинескопты талап етеді.

Түсті телевизиялық қабылдағыштың ерекшелігі түстілік блоктың бар болуы болып табылады. Қазіргі кезде түсті кинескоптардың екі түрі қолданыста бар: көлеңкелік және саңылаулы перделері бар.

Көлеңкелік пердесі бар кинескоп (сурет 12.5) электрондық ағымдарды жасайтын үш электрондық зеңбіректі қамтиды.

Осы ағымдар киноскоп экранындағы люминофор түйіршіктерінің триадасы (үштіктеріне) түседі. Әрбір люминофордың өз түсі бар. Әрбір сәуле тек өзінің түйіршіктеріне түсу үшін электрондық зеңбіректер мен экран арасында көлеңкелік перде (кішкентай тесіктері бар тор) орнастырылады.



Сурет 12.5. Көлеңкелік пердесі бар кинескоп

Одан сапалы бейне *саңылаулы пердесі бар кинескоптардан* алынады. Осында зеңбіректер түзу сызық бойында орналасады. Осы түзу сызықта, сонымен қатар, люминофор түйіршіктерді де орналасады, ал әрбір тесік пішіні саңылау (үшбұрыш) тәрізді болады. Түсті кинескопта экран люминофордың тұтас қабатымен емес, нүктелік мозаикамен қапталған. Осы мозаика үш люминофордан құралады. Ол үшбұрыштар түрінде топтастырылған. Үшбұрыштың әрбір нүктесі тек бір түспен ғана жарқырайды: қызыл, көк немесе жасыл. Көршілес нүктелердің орталықтары арасындағы қашықтық шамамен миллиметрдің оннан үш бөлігін құрайды. Егер өлшемі диагональ бойынша 59 см телевизиялық тұтқаны алатын болсақ, онда қатаң тәртіпте орналасқан осындай жарқырайтын нүктелердің саны 2 млн жуық болады. Түсті бейнені алу үшін үш түрлі «түсті» сигналын беруші, электрондық-оптикалық жүйелер арқылы кинескоп экранындағы әрбір нүкте жарқырау керек. Бұл тесіктер бар арнайы диск – көлеңкеліс маска арқылы жүзеге асуы мүмкін. Дискіде тесіктер бар, олардың әрбіреуі үшбұрыштар центріне нақты қарама-қарсы тұрады. Сонда түсті кинескоптың электрондық-оптикалық жүйесінің электрондық сәулесі тек «өзінің» нүктесіне дәл түседі: қызыл, көк немесе жасыл. Түрлі түсті сәулелер шашырамай, әрбіреуі өзінің нүктесіне түсу үшін кинескоп қылтасында түзеткіш магниттер орналастырылған.

Теледидар үшін метрлік және дециметрлік толқындар диапазоны қамтылған.

Сандық теледидар. Аналогтық сигнал қолданылатын теледидар жүйелері аналогтық теледидар деп аталады. Қазіргі телевизиялық хабар тарату жүйесі сигналдарды түрлендіру мен тарату үшін құрылғылардың ұзын тізбегі ретінде болып тұр. Теледидардың дамуына орай осы жүйенің буындар саны орасан зор түрге ұлғаяды. Дегенмен, осы жүйенің әрбір буынында сигналға кедергілер әсер етеді. Себебі аналогтық сигналдың әлсіз кедергі қорғанысы салдарынан

бейне сапасы төмендейді. Сигналды күшейту және өңдеудің аналогтық тәсілдері кезінде кедергілер буыннан буынға жинақтала береді. Осы түрлендірулердің саны аз болса, қосынды бұрмалаулар тіпті байқаусыз қалуы да мүмкін. Бірақ түрлендірулер саны өсетін болса, таратушы және қабылдау пункттері арасындағы қашықтық, әр түрлі видеоэффектердің өсуі, телевизиялық бағдарламаларын монтаждау технологисын күрделендіру көбейетін болса, олардың арасында қажетті кедергілер төзімділігін қамтамасыз ету мәселесі туындайды. Оны шешу үшін сандық теледидар тәсілдері қолданылады.

Сандық теледидар – бұл телевизиялық сигналды өңдеу, консервация мен тарату операциялары оның сандық пішінге түрлендіруімен байланыста болатын телевизиялық техника саласы. Қабылдау экранында жіберілетін бейнені сандық сигналға және сандық сигналды бейнеге қарай кері түрлендіру тікелей жарық-сигнал және сигнал-жарық түрлендіргіштерде жүзеге асырылатын телевизиялық жүйелер қазіргі кезге дейін жоқ, бірақ болашақта осындай түрлендіргіштерді құрастыру мүмкін болып тұр.

Қазіргі кезде бар сандық телевизиялық жүйелерде қабылданған аналогтық телевизиялық сигнал ең алдымен сандық пішінге айналып, қажетті өңдеу, консервация мен тарату әрекеттеріне ұшырайды да, кейін қайтадан аналогтық пішінде түрлендіріледі. Сандық теледидар трактының кірісіне аналогтық телевизиялық сигнал түсіп, кодталады, яғни сандық пішінге өзгертіледі. Телевизиялық сигналды кодтау үрдісі дискредитация, кванттау және дербес кодтау операцияларынан тұрады. Осы үш операция *аналогтық-сандық түрлендіргіш арқылы* жасалынады. Сандық сигналды кері түрлендіру сандық-аналогтық түрлендіргіш деп аталатын құрылғысында жүзеге асырылады. Аналогтық-сандық және сандық-аналогтық түрлендіргіштер міндетті түрде бейнелерді тарату, сақтау және өңдеудің барлық сандық жүйелерінде бар болады.

Стереотеледидар⁹. Кеңістіктің тереңдігі мен бедерлігі бойынша заттардың өлшемділігі мен олардың өзара орналасуы біздің екі көзіміздің (бинокулярлық көру) арқасында қабылданады. Бинокулярлық көруде *көздік базис* негізгі рөл атқарады. Ол оң және сол жақ көздері қарашықтарының орталары арасындағы қашықтық болып табылады. «Орташа» көрермен үшін көздік базис мағынасы 65 мм құрайды. Кеңістікті стереоскопиялық қабылдау мүмкіндіктерін едәуір көтеру үшін бинокулярлық құралдар қолданылады (стереотүтіктер мен бинокльдер).

⁹ Алғашқы кара-ак стереоскопиялық телевизиялық бейне 1950 ж. Петербург қаласында П.В. Шмаковтың басқарумен телевидение кафедрасының ұжымымен құрастырылған болатын.

Телевизиялық жүйеде бинокулярлылық¹⁰ жіберілетін нысанды екі орыннан түсіру арқылы орындалады. Ол үшін, мысалы, түсіру базисіне сәйкес қашықтықта орналасқан екі тарату камералары қолданылады. Түсіру базисі объективтерінің центрлері арасындағы қашықтықпен анықталады. Осы камералар арқылы екі таратушы түтіктердің фотокатодтарына сол бір көріністің екі бейнесі проекцияланады. Осы бейнелер бір-бірінен ерекшеленеді. Түсіру базисі неғұрлым үлкен болса, осы ерекшелік соғұрлым үлкен болады. осы еке бейне кинескоптардың бір немесе екі экрандарына жіберіліп, шығарылады. Егер бір кинескоп қолданылатын болса, онда бейне уақыт және кеңістік бойынша шашырауы керек. Көлемділік эффектiсiне жету үшін осы бейнелердің бөлек қарастырылуы қамтамасыз етілуі тиіс, яғни сол жақ көз тек сол жақ камера орнынан түсірілген бейнені, ал оң жақ көз тек оң жақ камера бейнесін көруі қажет.

Телевизиялық бейнелердің көлемдік көрсетілуі үшін екі шарт қажетті болады. Біріншіден, бейнелерді түсіру бірқатар базисімен бірге жіберу қажет. Осы әр түрлі позициялардан түсірілген екі кадр *стереожұп* деп аталады. Стереожұптың әрбір кадры бір уақытты немесе кезекті түрде таратылуы мүмкін. Екіншіден, стереожұптың тиісті кадрларын оң және сол жақ көзбен жеке қарау қажет. Сол және оң жақ көз стереожұбының бейне бөлінуі (сепарация) көз құрылғылары, көзілдірік (жеке жағдайларда) және растрлық құрылғыларыны (коллективті) арқылы жүзеге асырылуы мүмкін. Көз құрылғылары ретінде айналық немесе линзалық стереоскоптар, поляроидтардан¹¹ жасалған көзілдіріктер және түсті көзілдіріктер қолданылады. Құрылымдық қиындықтар мен пайдалану ыңғайсыздықтары салдарынан стереоскоптардың қолданылуы шектеулі және стереотеледидардың арнайы жүйелерінде пайдаланылады. Көзілдірікті пайдалану кезде сепарация әдісі поляроидты (өзара перпендикуляр тегістіктердегі жарық сәулелерін поляризациялау арқылы бейнені бөлу) және түсті (спектралды қасиеті бойынша бөлінеді) болып келеді. Сепарацияның растрлық әдістері әрбір көздің тандаушылық көрудің тар аясы салдарынан әлі кезге дейін іс жүзінде өз қолданысын таба алмай жүр.

Сұйықкристалды теледидарлар. Теледидарлар, сұйық кристалдар негізіндегі мониторлар электрондық-сәулелік түтіктердің

¹⁰ Бинокулярлық (*lat. bini* – «жұп» + *oculus* – «көз») – екікөзді; екі көзбен жүзеге асырылатын көру қабілеті, ол әлемді бедерлі түрде көруге мүмкіндік береді.

¹¹ Поляроид – жарықты поляризациялайтын таспа ретіндегі жарық фильтрі түріндегі поляризатор түрі. Поляризатор – поляризацияланған жарықты алу құрылғысы.

(ЭСТ) пайдалануы бар теледидарлар мен дисплейлерді ығыстыруға жақын. Дәстүрлі электрондық сәулелік мониторлардағы ақпарат кинескоп арқылы көрсетіледі. Оның өлшемі мен пішінің өзгертуге болмайды. Сұйықкристалды мониторларда кинескоп жоқ, сондықтан мониторлардың пішіндері кез келген болуы мүмкін.

Бірінші жұмыс істейтін сұйықкристалды дисплей 1970 ж. Фергесон жасады. Одан бұрын сұйықкристалды құрылғылар энергияны көп жұмсап, олардың қызмет мерзімі шектеулі, бейне контрасттары өте айқын болды, ал жасалуы өте қымбат болған еді. Қазіргі сұйықкристалды мониторлар сапалық контрастты, жарқын, айқын бейне көрінісін қамтамасыз етеді. Осы себептен қолданушылар дәстүрлі ЭСТ-мониторларынан сұйықкристалды мониторларға өтеді.

Сұйық кристалдар – кернеу астында өткізетін жарықтың шамасын өзгертуге қабілетті органикалық заттар. Сұйықкристалды монитор екі шыны немесе пластик тілімшесінен тұрады. Олардың арасында суспензия орналасады. Осы суспензиядағы кристалдар бір-біріне қатысты параллель орналасқан, сондықтан панель арқылы жарықтың өтуіне мүмкіндік береді. Электр тогын беру кезінде кристалдар өз орындарын алмастырады да, олар жарықтың өтуіне кедергі жасай бастайды. Сұйықкристалды технология сонымен қатар компьютерлер мен проекциялау жабдықтауда кеңінен қолданыла бастады.

Сұйықкристалды мониторлардың артықшылықтары:

- үнемділік (электрондық-сәулелік түтіктері бар мониторларға қарағанда 80% кем энергия жұмсайды);
- масса, көлемі кем болады, экранның көру аясы көбірек және түстері жарқынырақ және қанық болады;
- оларда электромагниттік сәулелену және жылтылдау жоқ, сондықтан осы мониторда көздің шаршауынсыз өте ұзақ уақыт бойын жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Сұйықкристалды мониторлардың кемшіліктері:

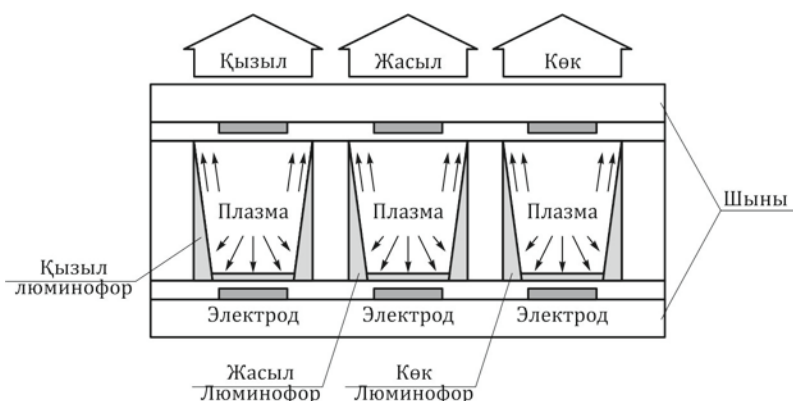
- бейне кереғарлығының шолу бұрышына тәуелділігі (электрондық-сәулелік түтіктері бар дисплейлерде бұл мәселе мүлдем жоқ);
- жаппай өндірілетін СК-мониторлар механикалық зақымданулардан нашар қорғалған.

Плазмалы панель. Газразрядты экран, немесе «плазмалық панель», - иондалған газдағы (плазмадағы) электр разряды кезінде туындайтын ультракүлгін сәулелердің әсерінен люминофор жарқырауының құбылысына негізделген ақпаратты көрсететін құрылғы.

Плазмалық мониторлардың жұмысы төмен қысымды инертті газбен толтырылған түтіктер түрінде жасалынатын неондық шамдардың жұмысына ұқсас болып келеді.

Плазмалық панель екі шыны тақталардан құралады. Тақталардың ішкі жағынан сканерлеу шиналары, көмескі жарық пен дербестендіруді жасайтын мөлдір электродтар орналасқан. Шынылардың арасында микроскопиялық ұяшықтардан тұратын қалыптама орналасады. Плазманы жасау үшін ұяшықтар газбен (неон немесе ксенон) толтырылады. Үш ұқсас ұяшық пиксельді құрайды (сурет 12.6), яғни минималды және бөлінбейтін элемент (нүкте). Біз көрінетін монитор экранындағы бейне пиксельдерден тұрады.

Жоғары жиілікті кернеу электродтарына келтіру кезінде газ ионизациясы немесе плазманың құрастырылуы жүзеге асады. Плазмада жоғары жиілікті сыйымдылық разряды жасалады. Ол люминофор жарығы тудыратын ультракүлгін сәулеленуге әкеледі:



Сурет 12.6. Пиксель құрамы

қызыл, жасыл немесе көк. Бұл жарықтандыру алдыңғы шыны панель арқылы өткен кезде бейнені құрастырады.

Плазмалық панель артықшылықтары:

- жоғары сапалылық, кереғарлық және бейне жарқындығы;
- сұйықкристалды панельдермен салыстырғанда (40 ... 70°) шолу бұрышы кең (160°).

Плазмалық панель кемшіліктері:

- жоғары бағасы;
- монитор диагоналінің үлкеюі кезінде өсетін жоғары тұтынылатын қуат;

- бейне элементінің үлкен өлшемімен шартталған төмен айыру қабілеттілік;
- люминофордың жануы салдарынан плазмалық панель жұмысының шектелген ресурсы (кеңселік пайдалану кезінде 5 жылға жуық), сондықтан осындай мониторлар тек конференциялар, презентациялар, акпараттық қалқандарда ғана, яғни акпаратты көрсету үшін үлкен экрандар қажет етілетін жерлерде қолданылады);
- кейбір кездерде плазма желдеткіштің салқындауы салдарынан шулауы мүмкін.

12.3. ДЫБЫС ЖАЗУ МЕН ОЙНАТУ

Ежелден бері адамдар дыбысты алыс қашықтықтарға хабарламаларын беру үшін пайдаланған. Серпімді тербелістер мен акустикалық өлшеу теориясының дамуында жетекші рөл ресейлік ғалымдарға тиесілі. Сонау XVII ғ. Петербургте академик Л. Эйлер "Дыбыс туралы физикалық диссертация", "Дыбысты және жарықты тарату туралы физикалық ескертулер" атты жұмыстарын жариялады. 1804 ж. академик А. Захаров әлемде алғаш рет арақашықтықты дыбыс көмегімен өлшеген. 1880 жылы француз ғалымдары ағайынды Жак және Пьер Кюри тура пьезоэлектрлік эффектісін ашты. *Пьезоэлектрлік I — бұл материалға механикалық әсерден (сығылу, созылу) туындайтын электрлік.* Кейбір кристалдардың (кварц, сегнет тұздары) белгілі бір бағытта қысып немесе созып пішімін өзгерткенде күшінің олардың кернеулерінде карама-қарсы таңба бойынша электрлік зарядтар туындайды. Осындай пьезоэлектрлік эффект тура эффект деп аталады ..

Пьезоэлектрлік¹ (гр. «пьеzo» — «қысу», «созу») — тура пьезоэлектрлік эффект, 1880 г. ағайынды француз ғалымдары Жак және Пьер Кюри ашқан.

Электр өрісінің әсерінен мұндай кристалдар деформацияланады¹. Осындай пьезоэлектрлік эффект кері әсері бар пьезоэлектрлік эффект деп аталады.

Кері әсері бар пьезоэлектрлік эффектің мәні мынада: егер пластинканың екі қарама-қарсы қырларына айнымалы электр кернеуін қосса, онда пластинка қысылып және созылып еріксіз тербелістер жасайды. Бұл ретте, пластинкалардың ең жоғары тербеліс амплитудасы электр тербелістерінің жиілігі мен кристалдың механикалық тербелістерінің меншікті жиілігі сәйкес болған кезде байқалады. Нәтижесінде резонанс² туындайды және пластинка қарқынды³ механикалық тербелістер жасап, ультрадыбыстық тербелістердің көзіне айналады. 1847 жылы Джоуль магнитострикциялық эффект⁴ құбылысын ашты. Бұл құбылыстың мәні мынада: егер өзекті ферромагниттік⁵ материалдан жасалған (никель, кобальт, темір) магнит өрісіне орналастырса, онда өзектің геометриялық өлшемдері өзгереді.

Дыбыс-газ, сұйықтық немесе қатты түрдегі бөлшектердің толқын түрінде таралатын тербелмелі қозғалысы, ол адамдардың есту органдарымен қабылданады. Адамның құлағы 16...20 Гц тен 18..20 Гц-ке дейінгі жиіліктегі дыбысты естиді. Ал бұдан жоғары жиіліктегі дыбыстарды ол ести алмайды-ол естілмейтін дыбыстар. Тербеліс жиіліктері 20000 Гц тен жоғары дыбыстар ультрадыбыс деп аталады. Адамның құлағы ультрадыбыстық сигналдарды қабылдамайды, бірақ олар табиғатта бар, акустика заңдарына бағынады және техникада пайдаланылады. - Ультрадыбыстық техника тұтастай электроникаға негізделген.

¹ Деформация (*лат.* «бұрмалау») — дененің массасын өзгертпей оның мөлшері мен формасын өзгерту сыртқы күштердің, температураны өзгерту, магниттеу т.б. деформацияның қарапайым түрлері: созылу, сығылу, иілу, оралу.

² Резонанс (*фр.* «үн қосу») — тербелістер амплитудасының күрт арту құбылысы, (электрлік, механикалық, дыбыстық т.д.) сыртқы күштердің әсерінен жүйе тербелісінің меншікті жиілігі мен мәжбүр етуші күштің жиілігі сәйкес болған кезде.

³ Интенсивтік (*фр.* «кернеу», «күшейту») — ең жоғарғы өнімділік

⁴ Магнитострикция (*лат.* «стрикция», «сығу», «созу») — магниттелген кездегі кристалды денелердің формалары мен мөлшерінің өзгеруі. Бұл құбылыс магнитострикция атауына ие болды.

⁵ Ферромагниттік (*лат.* «темір» + «магнит») — қатты білінетін магниттік қасиеттері бар.

Ультрадыбыс таратушының негізгі элементі — электр тербелістер генераторы.

Электр тербелістерді ультрадыбыстық сигналдарға түрлендіруді пьезоэлектрлік, магнитострикциялық және электростатикалық түрлендіргіштердің і көмегімен жүзеге асырады, олар әрекет ұстанымы және сындарлы орындау бойынша ерекшеленеді. Қандайда бір типті түрлендіргішті қолдану орындылығы нақты өндірістік немесе техникалық шарттарға байланысты. **Пьезоэлектрлік түрлендіргіштер.** Пьезоэлектрлік түрлендіргіштің негізі пьезоэлектрлік эффект. Олар қабылдағыштарда (в микрофондарда, дыбыс түсіргіштерде, дауыс зорайтқыштарда), және сәулетаратқыштарда (пьезоэлектрлік дауыс зорайтқыштарда) кеңінен қолданады.

Магнитострикциялық түрлендіргіштер. Магнитострикция құбылысы негізінде құрылғысы және тағайындауы бойынша әртүрлі магнитострикциялық түрлендіргіштер дайындайды. Олар электромагниттік энергияны механикалыққа айналдырады және керісінше. Әдетте түрлендіргіштің магниттік сымын ферромагниттік қалыңдығы 0,05...0,3 мм , орама сым өтетін саңылаулары бар жұқа ферромагниттік пластиналардан жинайды. Түрлендіргіштің мөлшерін түрлендіргіштің меншікті механикалық жиілілігі мен сәулендіргіш күштің жиілілігіне сәйкес келетіндей етіп таңдайды.

Түрлендіргіштің орамы арқылы айнаымалы магнит өрісі өткенде магнитөткізгіштердің мерзімді ұзаруын немесе қысқаруын тудырады, дөңгек бетінде оның ультрадыбыстық тербелістер шығарады. ультрадыбыстың түрлендіргіштің магниттік сымдарына әсері кезінде онда айнаымалы магнит өрісі пайда болады, орамалардағы жетекші электрқозғаушы күші , сондықтан бір түрлендіргіштің өзі сәулендіргіш және ультрадыбыстық толқындарды қабылдағыш болып жұмыс істей алады. **Электростатикалық түрлендіргіштер.** Электростатикалық түрлендіргіштердің жұмысының негізін электрострикция құбылысы құрайды. Электрострикция — бұл электр өрісінің әсерімен диэлектриктердің мөлшерін өзгерту. Әдетте, мұндай түрлендіргіш жазық конденсатор , оның қозғалыстағы бір электроды сәуле таратқыш мембрана 1. қызметін атқарады.

¹ Мембрана (лат. «жарғақша») — тартылған пленка, металдық фольга немесе жіңішке икемді металдық пластина, ауаның қысымын қабылдайтын (тербелістер) және оны механикалық тербеліске айналдыратын (мысалы, микрофон), немесе керісінше (мысалы, телефон, дауыс зорайтқыш т.б.).

Егер электродтарға айнымалы кернеуді қосса, оларда аттас емес электрлік зарядтар пайда болады да олар өзара тарту және итерудің әсерінен жылжымалы қоршаудың тербелістерін тудырады. Жылжымалы қоршау ультрадыбыстық толқындардың көзі болып табылады. Қабылдау режимінде жылжымалы қоршау акустикалық толқындардың әсерінен аутиды, нәтижесінде электродаралық сыйымдылық өзгереді. Ультрадыбыс көмегімен металлургияда беріктігі жоғары дисперстік 1 қорытпаларды алады. Графитті және қола, қорғасын, алюминийді араластыру үшін ультрадыбысты пайдаланады, өйткені қарапайым тәсілдер бұл материалдарды біркелкі араластыруға мүмкіндік бермейді. Ғылымда, техникада және өндірісте ультрадыбыстық дефектоскопия 1 2. кеңінен қолданады. Дефектоскоптың жұмыс істеу принципі мынада ультрадыбыстық толқындардың тар байламы өтуде арқылы зерттелетін бұйым арқылы өтеді. Егер онда жарықтар немесе раковина бар болса, онда толқын ішінара көрсетіледі де қайтып оралып, қабылдағышпен ұсталады. Әдетте шағылысқан белгінің сипаты бойынша, ақауды қарастырады. Ультрадыбыстық дефектоскоптарды қолдану мүмкіндік береді :

- қарапайым өлшеу құралдарымен өлшей алмайтын резервуардың қабырғасының қалыңдығын өлшеуге болады;
 - қиын орналасқан жердегі металл бетіндегі коррозияны анықтау.;
 - конструкциялардың беріктігін ғана емес бұымдардың беріктігінің артуын бақылау;
 - тозған бөлшектер туралы мәліметтер алу;
 - Машинаны бөлшектемей ақ оның ақауларын анықтау.
- Ультрадыбысты сондай-ақ ауыл шаруашылығында пайдаланады. Ультрадыбыстың жиілігі мен қарқындылығын арттырып тұқымды өңдеу олардың өнгіштігін жылдамдатады өсуі мен өнімділігін көбейтеді, көптеген аурулар мен улы химикаттарға төзімділігін арттырады.

Электроакустикалық аспаптар дыбыс және механикалық тербелістерді электрлікке түрлендіреді және керісінше айналдырады. Оларға микрофондар, дыбыс түсіргіштер, дауыс зорайтқыштардың басы және телефондар жне т. б. жатады.

¹ Ұнтақты (от *lat. disperses* — «таратылған», «шашылған») — зат түріндегі майда бөлшектер.

² Дефектоскопия — бірінші ультрадыбысты дефектоскопты С.Я.Соколов 1928 жылы ойлап тапқан. Оның көмегімен металдар мен пластмассадағы раковиналар мен жарықтарды анықтайды. болады.

Микрофондар. Микрофонда дыбыс тербелістері электр тогының тербелістеріне айналады. Атқаратын қызметіне қарай микрофондар динамикалық (индукциялық), конденсаторлы (электрстатикалық), пьезоэлектрлік, электромагнитті және көмірлі болып бөлінеді .

Динамикалық микрофондарда микрофонның қозғалмалы бөлігімен (катушкалы микрофонның мембранасымен немесе таспалы микрофонның таспасымен) байланысқан катушка тұрақты магниттің магнит өрісінде жылжып тұрады. Электромагниттік индукция құбылысына сәйкес катушкадағы өткізгіштерде немесе таспада индукцияны ЭҚК пайда болады , ол күшейткішке кіретін жерге беріледі. Бұл 40 Гц... 15 кГц жиіліктер жолағында жұмыс істейтін студиялық және концерттік микрофондар.

Конденсаторлы микрофонда дыбыстық тербелістердің әсерімен мембрана жылжиды, ол конденсатордың бірінші астары ретінде жүреді , және конденсатордың екінші астары болып табылатын қозғалмайтын тілім екеуінің арасындағы арақашықтық өзгереді және осы конденсатордың сыйымдылығы өзгереді. Егер конденсаторлы микрофонмен қатар резистор мен қуат көзін қосса, онда конденсатор мен резистор арқылы ток өтіп резисторда дыбыс қысымына дәл келетін кернеу пайда болады . Мұндай микрофондар 10 Гц...20 кГц жиіліктер жолағында жұмыс істейді .

Пьезоэлектрлік микрофондарда тікелей пьезоэлектрлік әсер қолданылады , пьезокристалдар өзгеріске ұшырағанда олардың бетінде шамалары өзгеріске сәйкес зарядтар пайда болады.

Электромагниттік микрофондарда мембрана магнит өткізгіш ұштарының арасындағы саңылауда өзгеріп тұрады ,осы себептен қозғалмайтын катушкалардан өтіп оларға индукция ЭҚК апаратын магнитті тасқын өзгереді . Бұл микрофондардың жаңғыртатын жиіліктер ауқымы 400... 4 000 Гц. Оларды есту аппараттарында, мегафондарда, шлемофондарда қолданады.

Көмірлі микрофонның атқаратын қызметі қысу күшіне қарай көмір ұнтағының тойтарыс көрсетуін өзгертіп тұру қасиетіне негізделген.

Кедергі мен қуат көзін қамтыған тізбекке көмірлі микрофонды қосқанда микрофон мен кедергі арқылы айнымалы ток өтеді , сөйтіп кедергіде дыбыс қысымына дәл келетін кернеу пайда болады. Бұл микрофондардың сезгіштігі микрофондардың басқа түрлеріне қарағанда жоғары , бірақ басқа электрлік өлшемкөрсеткілері әлдеқайда нашар . Көмірлі микрофондарды қолдану аясы шектеулі , негізінен аз ауқымды шағын аспаптарда қолданылады.

Көмірлі және конденсаторлы микрофондар олардың тізбектерінде қуат көзі бар болса ғана жұмыс істейді, ал динамикалық, пьезоэлектрлік және электромагниттік микрофондар дыбыс тербелістерін электр дабылдарына қосалқы батареяларсыз немесе басқа қуат көздерінсіз айналдырады.

Дауыс зорайтқыштардың бастиектері және телефондар. Дауыс зорайтқыштардың бастиектері және телефондар электр тербелістерін дыбыстыққа айналдыруға арналған. Дауыс зорайтқыштардың бастиектерінің негізгі өлшемкөрсеткілері номинал қуат, жиілік сипаттамасы, сызықтық емес бұрмаланулар шамасы және кірмелі немесетолық ішкі тойтарыс болып табылады.

Номинал қуат — бұл бастиекке жеткізілетін ең үлкен электр қуаты, онда сызықтық емес бұрмаланулар техникалық жағдайлар мен қарастырылған шамадан аспайды.

Бастиектің *жиілік сипаттамасы* бастиек тудыратын дыбыстық қысымның жиілікке байланысты екенін көрсетеді.

Бастиектің *сызықтық емес бұрмаланулар шамасы* дегеніміз — бұл зерттелетін дабылдың барлық жоғары гармоникаларының қолданыстағы мәндерінің квадраттарының квадрат түбірінің осы дабылдың бірінші (негізгі) гармоникасының қолданыстағы мәніне қатынасы

Бастиектің *кірмелі немесе толық ішкі электр тойтарысы* — бұл тойтарыс әдетте үйлесімдік тоқ үшін жиілігі 1 000 Гц. Қазіргі заманғы бірнеше дауыс зорайтқыш қатарын қамтитын акустикалық колонкалар үшін бұл тойтарыс 4 Ом құрайды.

Дауыс зорайтқыштардың электрдинамикалық бастиектері кеңінен тараған. Мұндай бастиектерде айнымалы электр тогын өткізетін катушка, тұрақты магниттің магнит өрісінде жылжиды, себебі тоқ пен өрістің әсерінен Ампер күші пайда болады, ол құйма қағаздан жасалған катушкаға байланған конус тәрізді диффузорды қозғалысқа келтіреді.

Радиохабарларды жеке тыңдауға және басқа мақсаттарда бас телефондарды кеңінен қолданады, олардың ішінде ең жиі қолданылатыны электромагнитті телефон. Бұл телефонда айнымалы электр тогы болат мембрананы тартып оның тербелісін тудыратын, орамаларында айнымалы магнит өрісі жасалатын катушкалар арқылы өтеді. Пьезоэлектр телефонның жұмысы кері пьезоэлектрлік әсер құбылысына негізделген. Биморфты (екі қабатты) кернеу пьезоэлементіне жақындатқанда ол бүгіледі, ал онымен байланысқан мембрана тербеледі.

¹¹ Диффузор — кеңейетін құбыр түріндегі құрылғы.

Магнитті жазба және дыбыс шығару. Алғаш рет XX ғасырдың басында дыбыс жазған жарықтың толқындық теориясын жасаушылардың бірі, ағылшын физигі Томас Юнг болатын . Ол дыбыс тербелістерін ысталған қағазға түсіретін . 1857 жылы француз ғалымы Леон Скотт дыбыс тербелістерін жазатын фоноавтограф құрастырды . Құрылғы қаламұш пен барабаннан және рупор мен мембранадан тұратын. Дыбыс көзін рупор жанына орналастыратын . Барабанды қолмен айналдыратын Тербелгіш қозғалыстарды мембранамен бірге ырғағымен жасайтын қаламұш барабанның цилиндр тәріздес ысталған төбесінде көлденең жазу орындайтын. Дыбысты бұлай жазу дыбысты шығаруға мүмкіндік бермейді.

1877 жылы белгілі американ өнертапқышы Томас Альва Эдисон әлемде алғаш болып өз құрылғысын ұсынды . ол дыбысты жазып қана қоймай дыбыс шығара да алатын еді. Құрылғыны фонограф деп атады. Осы сәттен бастап дыбыс жазу тарихы өзінің жыл санауын бастады. Эдисон фонографы жұқалтыр металл қақтамамен қапталған айналмалы-ілгерілемелі қозғалыстар жасайтын білікшеден және рупорға қатты байланған инесі бар мембранадан тұратын . Білікше айналғанда дыбыс тербелістерімен, мысалы, адамның даусымен қозғалыс жасайтын мембрана, иненің көмегімен металл қақтамада тереңдіктері әр түрлі жырашықтар сызды . Дыбыс шығару үшін инені жыраның басына орнатып білікшені айналмалы қозғалысқа келтіру керек болатын. Ине жырамен сырғи отырып , тербеле бастайды .Бұл тербелістер мембранаға әсер етіп , бұған дейін жазылған дыбыстарды дауыс күшейткішпен шығаратын .Алайда білікшеден шыққан дыбыстың көшірмесін жасауға мүмкіндік болмады .

1888 жылы неміс ғалымы Эмиль Берлинер алдын-ала жазық дискте орындалған бастапқы дыбыс жазуды таратудың өзіндік соны тәсілін ұсынды. Бұл алғашқы күйтабақ болатын. Осымен қатар Берлинер граммофон күйтабағына жазылатын дыбыс шығаратын құрылғы ойлап тапты. Оны граммофон деп атады. Оның негізгі элементтері: мембрана, дауыс күшейткіш түріндегі дыбыс өткізгіш және жетекші серіппелі механизм. XX ғ. басында граммофон бүкіл әлемді жаулап алды.

Радиотехниканың дамуымен дыбыс жазудың механикалық тәсілін электрлік тәсіл алмастырды , сөйтіп жазба сапасы едәуір жақсарды.

¹¹ Рупор (гол. goeper) — конус тәрізді дөңгелек немесе төртбұрышты етіп қиылған құбыр, белгілі бір бағыттағы серпімді тербелістерді шоғырландыру үшін қолданады , мысалы дыбысты күшейту үшін үшінконцентрации упругих колебаний в определенном

Біздің уақытта дыбысты жазу мен бейнелеудің магниттік тәсілдері кеңінен орын алды. Ол кейбір материалдардың магниттену қабілетіне негізделген және мұндай жай-күйді, магнит өрісінен шыққаннан кейін де сақтауға болады. Алғаш рет бұл идеяны 1898 ж. дат физигі В.Паульсен пайдаланды. Магниттік жазба ферромагниттік денелердің салыстырмалы әлсіз магнит өрістеріндегі қатты магниттенетіндік қасиетіне негізделген және жойылып кеткеннен кейін де жай-күйін сақтайтындығында негізделген.

Магниттік жазба бірқатар артықшылықтарға ие :

- Оны бірден іске қосуға болады;
- бірнеше рет дыбыс жазуға пайдалануға болады; жазатын аппаратураны (магнитофон) басқару қарапайым және салыстырмалы арзан. Магнитофонның құрамы:
- таспа тартқыш механизм (бір, екі немесе төрт электромоторлары бар түрлі магнитофондарда) магниттік таспаларды тасымалдауға арналған;;
- кіріс құрылғылары, жазу күшейткіш, магнитті жазу бастиектері;
- жаңғыртушы аппаратураның магнитті бастиектері, күшейткіш ойнату және дауыс зорайтқыштың басы;;
- жоғары жиіліктегі генератор және өшірілетін магнитті бастиектер .

Фонограмманың магнит өрісі дыбыс жиілігін көздейд. Бұл сигнал ойнату күшейткішінде күшейіп, динамика басына беріледі.

Жазу және ойнату үшін жазу мен ойнату басы мен екі күшейткіштің орнына көп тұтынушы таспа жазу құрылғысында бір әмбебап бас және бір күшейткіш жазу мен ойнату үшін пайдаланылады .

Магниттік жазбадағы дыбыс шығару сапасын жақсарту үшін , сандық сигналдарды ұсынуды пайдаланады. Стерео сандық таспа жазу құрылғысы шығарылған .

Сандық грампластинкалар СД («компакт-дискілер») ол қалыңдығы 1,2 мм поликарбонаттан жасалған мөлдір пластикалық дискілер. (12,7 сүрет). Ұзақ уақыт ойнайтын пластинкаға қарағанда компакт – дискке жазу бір жағынан ғана жасалады, дыбыс ұзақтығы 1 сағаттан асады.

Компакт – дискінің тегіс бетінде спираль сызық бойымен әртүрлі ұзындықтардың шыңдары бар, олар пит деп аталады, питтің тереңдігі -0,1 мкм., ені 0,6 мкм (адам шашынан отыз есе жұқа болады).

Питтің ең аз ұзындығы шамамен 0,9 мкм., келесі питтің ұзындығы $4/3$, $5/3$, 2, $7/3$, $8/3$, 3, $10/3$, $11/3$ есе асады .

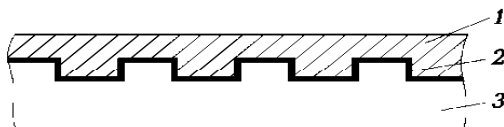
¹ Фонограмма — грампластинкада, магнитофондық таспада, дискіде немесе басқа тасымалдағышта жазылған дыбыс.

Питтардың бір қатарында орналасқан жазу жолын құрайды (12,8. сурет).

Шағын дискідегі көршілес тріктер арасындағы қашықтық 1,6 мкм., бұл 1мм-ге 625 жолға сәйкес келеді. Пит жағынан дискіге алюминий пленка қондырылған, ал жоғарғы жағынан мөлдір емес пленкамен қапталады.

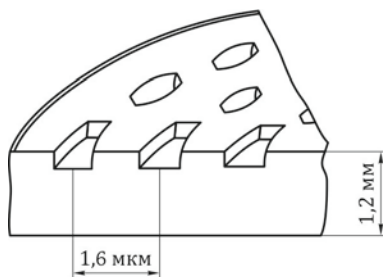
Сандық ойнатқышта галлий, алюминий және мышьяктың қорытпасына негізделген жартылай өткізгіш лазерді пайдаланады. Лазер сәулесі жазба жолында (. дақтың диаметрі 2 мкм .) назар аударылады және металл пленкамен фотодиодта көрсетіледі .

Егер сәуле питқа түссе, ол шашырайды және фотодиодқа бейнеленбейді.



12.7. – сурет. Компакт-дискінің бөлігінің бейнеленуі :

1 — қорғаныс пленкасы; 2 —шағылысатын қабат (алюминий қабаты пленка); 3 — мөлдір пластикалық пленка



12.8. сурет. Питтардың компакт – дискіде орналасуы

Осылайша пит арқылы көрсетілетін сигналды модульдеу және ақпаратты оқу жүзеге асырылады. Лазер сәулесін шағылысатын қабатқа үнемі шоғырландыру үшін арнайы автофокус жүйесі пайдаланылады .

Сандық ойнатқышта қазіргі таңда үлкен интегралды схемаларды пайдаланады .

Монофоникалық музыканы тыңдаған кезде, оркестірдің барлық құралдарынан дыбыс тыңдаушыға бір нүктеден келіп түседі, сондықтан мұндай дыбыстық сигнал беру арқылы табиғи қабылдау сезімін бұзады ,кеңістіктік әсер жоқ .

Тыңдаушы әртүрлі дыбыс көздерінен әсер алу үшін , түрлі жүйелер мен радиоэлектрондық құрылғыларды пайдаланады .

Тыңдаушыға стерео әсерін жасау тәсілдерінің бірі - монофониялық радиоқабылдағыштың немесе ойнатқыштың төменгі жиілікті күшейткіштің шығуындағы сигналды сүзгілеу арқылы жоғарғы жиілікті немесе төмен жиілікті компоненттерге бөлу.

12.4. ЕСЕПТЕУІШ ТЕХНИКА

Есептеулер ауызша, жазбаша немесе есептеуіш аспаптардың көмегімен жүргізіледі. Есептеу құрылғылары әр түрлі уақытта әр қилы мүмкіндіктері болды және атаулары әр түрлі аталды: есептеу тақталары, абак, есептеу құралдары, икемдеулер, аспаптар, машиналар және соңғы, электронды есептеуіш машиналар (ЭЕМ)¹, немесе компьютерлер² (сур.12.9). Егер электронды құрылғылардың қалыптасуының негізі есептеуіш техникалардың принциптеріне сүйенетін болса, онда ондай электронды құрылғы электронды-есептеуіш құрылғы деп аталады. Компьютер – электронды құрылғы, демек, оның барлық жұмысы ұзын және күрделі электрлі сигнал түрлендіру кезеңінен тұрады.

¹ Стереофония – (грек тіл. Stereos – «қатты», «кеңістіктік» + гр. Phone – «дыбыс») – дыбыс көзінің кеңістіктікте орналасуын қабылдау мүмкіндігінің сақталып дыбыстың шығуы немесе берілуі.



12.9 – сурет. персоналды компьютердің сыртқы көрінісі

Компьютерлер адамдардың барлық іс-әрекетіне белсенді түрде енді. Үлкен ЭЕМ халық шаруашылығында есептеулер жүргізу үшін, әр түрлі құрылғыларды құрастыруда сызбалар дайындау үшін қолданылады, компьютерлер көмегімен қойма бөлмелерінің бөлшектерін бақылау мен тіркеу жүзеге асырылады, компьютерлердің арқасында қызметтік жазбалар жеңілдетіледі және т.б. тек әрбір жұмысқа өзіне сәйкес арнайы бағдарламасын енгізеді. ЭЕМ бір-біріне қарапайым телефон желісі арқылы қосыла алады және осы арқылы керекті мәлімет алмасады. Енді компьютермен тек қана ақпаратты өңдеу саладағы мамандар ғана емес, сонымен қатар басқада сауатты адам қолдана алады. Бірінші ЭЕМ ең үлкен өлшемі, олардың салқындату жүйесінің күрделілігі, электронды шамдар мен реленің сенімсіздігі, электр энергиясын көп мөлшерде қолдану дамып жатқан техниканың талаптарын қанағаттандыра алмады.

¹ Электронды-есептеуші машина – 1945 жылдың соңында пайда болған бірінші есептеуші машина ЭНИАК, 18 мың электронды шамды, 1,5 мың электромеханикалық релені есептеді, 150 м² ауданды алып жатты, оның салмағы 30 т. Қуаты 200кВт-қа дейін жетті, жоба авторы – америкалық ғалымдар Д.Моучли және Д.Эккерт.

² Компьютер (ағылш. to compute – «есептеу», «саналу»).

XX ғасырдың 50-ші жылдардың ортасында жатрылай өткізгіштің арқысында негізгі элементі транзисторлар болып табылатын ЭЕМ-нің екінші кезеңі туындады. Транзисторларды қолдану арқасында электрлі-есептеуіш машиналарда сенімділік пайда болды, энергияны, габаритті қолдану азайтылды, жылдамдық өсті (секундына ондаған және жүздеген мың операция).

ЭЕМ тез әрекетінің ары қарай өсуі конструктивті элементтерінкішірейтумен байланысты: транзисторды, резисторды, конденсаторды, диодты. XX ғасырдың 60 жылдарында пайда болған шағын интегралды сызбалар ЭЕМ-нің үшінші кезеңінің (тез әрекет енді секундына мыңдаған – миллиондаған операцияларды жүргізді) негізі болды.

XX ғасырдың 70 жылдардың басында орташа интегралды сызбаны қолдану ЭЕМ-нің төртінші кезеңінің туындауына әкелді. Әрбір осындай сызбалар ондаған және жүздеген белсенді және белсенді емес элементтерден тұрды.

ЭЕМ-нің бесінші кезеңі үлкен интегралды сызбаның пайда болуымен байланысты. Бір жартылай өткізгішті монокристаллда бірнеше жүздеген тіпті мыңдаған әр түрлі элементтерден құралды.

Жалпы алғанда, компьютер ақпаратты енгізу құрылғысынан, қажетті ақпарды және ескерту командасын тартатын процессордан, және ақпаратты шығару құрылғысынан тұрады (сур. 12.10).

Ақпаратты енгізу құрылғысы. Ақпаратты енгізу құрылғысына пернетақта мен манипуляторлар жатады.

Әрбір компьютерде есептеуіш машинаға мәліметті енгізу үшін негізгі құрылғы болып табылатын пернетақта (сур. 12.11) болады. ЭЕМ-ның пернетақтасы электрлі жазу машинасы секілді, тек қана клавиштері әлдеқайда үлкендеу. Клавиатураның бес негізгі клавишін бөліп көрсетуге болады:

- 1) Стандартты жазу машинасының клавиштері;
- 2) Функционалды клавиштер;

¹ Тез әрекет - машинаның секундына орындайтын операция саны.



Сур. 12.10. ЭЕМ жалпы түрдегі сызбасы

- 3) Қызметтік клавиштер;
- 4) Курсорды басқару клавиштері;
- 5) Сандық клавиштер.

Стандартты жазу машинасының клавиштеріне мәліметтер кезекпен, жазу машинасына терген сияқты белгі-белгімен енгізіледі. Егер функционалды клавишке бассаныз экранда немесе қағазда ешқандай белгі туындамайды. Бұл клавиштер компьютерді қандай да бір функцияны орындауға мәжбүрлейді. Функционалды клавиштердің қатарына, мысалға, [ENTER] (ВВОД) клавиші жатады. Кейбір клавиштердің екі мағынасы болады, мысалы, астында сан көрсетіліп тұрса, ал жоғары жағында – арнайы белгі (!, «, және т.б.) егер функционалды клавишке [SHIFT] (РЕГИСТР) басқа бір клавишпен бір уақытта басатын болсақ, онда клавиштің жоғары жағында көрсетілген белгі енгізіледі. [SHIFT] клавиші, сонымен қатар бас әріпті теру үшін қолданылады. Бос орын қалдыру үшін ең ұзын клавишті басу қажет.



Сур. 12.11. Пернетақтың сыртқы көрінісі

Компьютер жұмысын басқару үшін әр түрлі манипуляторлар кеңінен қолданылады. Ең кеңінен таралған манипулятор түрі «тінтуір» (сур. 12.12). «Тінтуір» құрылысы корпустаң, байланыс желісінен және басқару батырмасынан тұрады. Негізінен екі немесе үш басқару батырмасы бар «тінтуірді» қолданады. «Тінтуір» оператордың алақанында оңай сыйып кетеді, ал клавишті басу үшін оператор қолын ауыстыруын талап етпейді.

Процессор және жад. Үлкен ЭЕМ-лар бірнеше процессорлар болуы мүмкін, персоналды компьютерлерде үлкен ЭЕМ-ға процессорына қарағанда өлшемі бойынша дәне мүмкіндігі бойынша шағын микропроцессорлар орнатылады. Процессор бар компьютерді қозғалысқа әкелетін команда келгеннен кейін өз жұмысын бастайды. Логикалық кезекпен байланысты командалар жиыны бағдарлама деп аталады.

Процессордың бір бөлігін мыңдаған белгіден тұратын жад алып жатыр. Жұмыс жадына сыйып кететін белгілер саны жад сыйымдылығын анықтайды. Жад – бұл ерекше машина тілінде жазылған ақпаратты немесе мәліметті қабылдуға қабілетті құрылғы, оларды қажет кезінде беріп отырады.

Компьютерде әрқашанда екі жад болады: тұрақты және оперативті. Тұрақты жадқа енгізілген барлық белгілер (тұрақты есте сақтау құрылғысы ТЕСҚ), өндіруші бір жола енгізеді және онда ештеңені өзгертуге болмайды. ТЕСҚ тек қана санауға арналған жұмыс жады болып табылады. Бұл жағынан ол кітапқа ұқсас. Ол жадты өндірушінің өзі толтырады: онда қолданушыға компьютерді



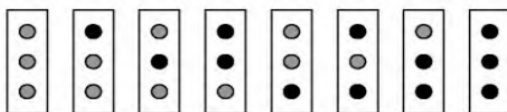
Сур. 12.12. Компьютердің «тінтуірінің» сыртқы көрінісі

қолдану ыңғайлы болу үшін (ЭЕМ іске қосу, қолданушы командасын орындау, пернетақтаны басқару, дисплейді басқару, құрылғыны тестілеу, принтерді басқару, сыртқы жадты басқару, дешифровка, ЭЕМ-ді тоқтату) керекті барлық мәліметті енгізеді. Бәрінен бұрын, тұрақты жадқа процессордың өзінің жұмысын басқару бағдарламасын жазады. Дәл осы жерде бағдарламалық тіл командасынан ішкі машина тіліне аудару бағдарламасы орналасқан.

Жадтың басқа түрі – жедел жад немесе жедел есте сақтау жады (ЖЕСЖ). Белгілерді компьютермен жұмыс жасап орыған қолданушы енгізеді. ЖЕСЖ – бұл қажетінше мәліметтермен толтырып және оларды санауға мүмкіндік беретін жұмыстық электронды жад. «Жедел» сөзі осы жадтың әрбір ұяшығына жедел қарауға болады, қажет болған жағдайда деректерді жазуға немесе оларды санауға болады дегенді білдіреді. Сырттан келген әрбір мәлімет, мысалы, компьютер пернетақтасынан жедел жадқа (компьютердің жазба кітапшасы сияқты) жіберіледі. Егер жедел жадтағы мәліметтерді санайтын болсақ, онда оның құрамы тұрақты жадтағы сияқты қозғалмаған күйі қалады (өзіріліп кетпейді). Бірақ, егер мәліметтерді қандай да бір ұяшыққа сақтайтын болсақ, онда оның ішінде бұрын жазылған мәліметтер кшіріліп кетеді. Бұрынғы жазба қайтарусыз жойылып кетеді. Қажетті операцияны тез орындау үшін жедел жад тұрақты жадтан әрқашан көп болады.

Жадта адам машинаға пернетақта көмегімен енгізетін, сонымен қатар барлық мүмкін мәліметтер, процессор жұмысының бағдарламасы сақталады. Пернетақтада тергеннің барлығы уақытында қатені тауып, түзету үшін ЭЕМ-ға қосылған экранда көрсетіледі. Бұл мәліметтер оператор жадқа енгізгеннен кейін қолдануға болады. Ол үшін оператор қажетті клавишті басу керек. Компьютерге енгізілген әрбір белгінің жадта өзінің жеке ұяшығы болады. Әрбір жад ұяшығының өзінің адресі бар.

Икемді магнитті диск (дискета) магнитті бөлшекті қабаты жағылған икемді жұқа материалдан құралған пластинадан тұрады. Дискетаны жүйелік блоктың алдыңғы панеліндегі арнайы тесікке орналастырады. Онда жазу және оқу құрылғылары орналасқан. Жазу құрылғысының көмегімен дискетаға мәліметтерді сақтау үшін және бірнеше рет қолдану үшін жазады. Егер дискетаға жазылған мәліметті оқу қажет болған жағдайда оқу құрылғысын қосады. Дискетаға сонымен қатар бағдарламалар да сақталады.



Сур. 12.13. Ақпараттар сақталған үш сигналдың қосылуы

Ақпараттар өлшемі. Егер сұраққа «иа» немесе «жоқ» деген дұрыс қарапайым екі жауап болса, мысалы: «ток ағама жоқ па?» - онда әрбір жауап қандақ жауап екеніне байланысты емес бір ақпарат бит береді. «Иа» жауабы «1» дегенді білдіреді, ал «жоқ» жауабы «0» дегенді білдіреді. Бит – ақпаратты өлшеу бірлігі, сонымен қатар басқа да электронды ақпарат өлшемі.

Егер әрбіреуі 1 бит ақпараттан тұратын үш сигналды алып қарайтын болсақ, онда осы үш бит көмегімен екі сандық комбинациядан тұратын сегіз хабарлама жіберуге (сур.12.13) болады.

Сегіз екі таңбалы саннан тұратын комбинация (яғни бірлік пен нөл) 256 әртүрлі белгі мен символды кодтауға мүмкіндік береді. Егер сегіз битті екі таңбалы сан үшін нөлдер мен бірліктердің барлық үйлесімін жазатын болсақ, онда олардың нөлдер мен 00000000 және 11111111 дәл 256-ға тең болады. Осы үйлесімділік алфивиттің әрбір әріпінде (латын немесе орыс, тіпті екеуі бірге), әрбір санында және компьютер клавиатурасындағы барлық арнайы белгілер тек өзінің және тек қана өзінің нөл мен бірлік биттен тұратын комбинациясы сәйкес келуі жеткілікті. Осыдан, компьютер клавишын басу арқылы нақты екі белгілік комбинацияға керекті жерге жібереміз. 0 - дегеніміз ток импульсі жоқ дегенді белдіреді, ал 1 – ток тізбек бойынша жүреді. Осындай кодталған ақпаратты электрлі тізбек бойынша компьютерге жіберуге болады, ал онда өңдеп, электронды сызбада қайта құрып, керегіне қарай қолдану.әрбір 8 бит тен тұратын комбинация байт деп аталады^{1 2}.

3 бит бірлік пен нөлден тұратын осындай сегіз комбинацияны жазуға мүмкіндік береді: 0 — 000; 1 — 001; 2 — 010; 3 — 011; 4 — 100; 5 — 101; 6 — 110; 7 -111.

Бағанның оң жағында 0-ден 7-ге дейін күнделікті санау жүйесіндегі сандар жазылған, ал оң жағында сол сандар, тек екілік санау жүйесінде. Екілік жүйеде тек қана екілік жүйе рұқсат етілген: 0 және 1.

¹ Бит (ағылш. Bit – «бөлік»)

² Байт – жасанды сөз.

$0+0$ қосу арқылы 0 аламыз, $0+1$ және $1+0$ қосу арқылы 1 аламыз, $1+1$ қосындысы 10 құрайды. Екілік жүйедегі көбейту: $0 \times 0 = 0$; $0 \times 1 = 0$; $1 \times 0 = 0$; $1 \times 1 = 1$.

Ақпаратты өңдеу үшін НЕМЕСЕ, ЖӘНЕ және ЖОҚ деген логикалық операцияларды орындайтын қарапайым үш логикалық сызба (сур.12.14) болу жеткілікті.

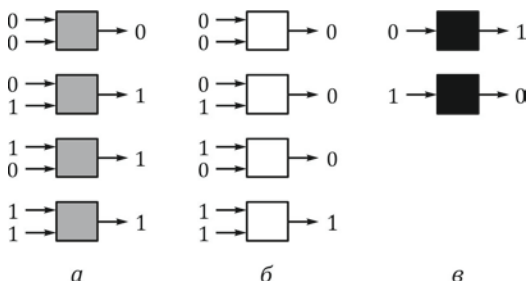
НЕМЕСЕ логикалық сызбасының екі кіруі және бір шығуы бар және логикалық құрастыру операциясын орындайды,

ЖОҚ логикалық сызбасының бір шығуы және бір кіруі бар және терістеу операциясын жүзеге асырады.

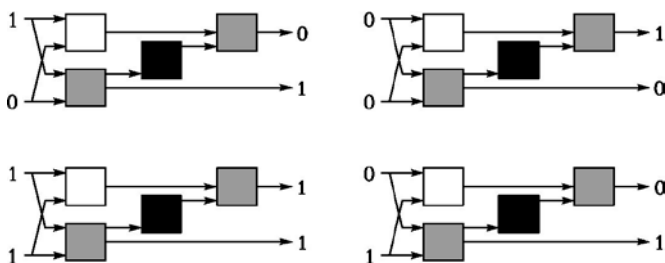
ЖӘНЕ логикалық сызбасы НЕМЕСЕ сызбасы сияқты бірнеше кіруі және бір шығуы бар. Осы логикалық сызба арқылы көбейту операциясын орындайды.

ЖӘНЕ сызбасының кіруіне 2 бит беретін болсақ, онда шығуында оның көбейту нәтижесін аламыз. Екі биттің қосылуы үшін осы үшеуінен (негізгі НЕМЕСЕ, ЖӘНЕ және ЖОҚ) тұратын күрделі сызбаны таңдау керек. Сур.12.15-те НЕМЕСЕ, ЖӘНЕ және ЖОҚ үш сызбасының қосылуы көрсетілген. Осы сызбалар $0 + 0 = 00$; $0 + 1 = 01$; $1 + 0 = 01$; $1 + 1 = 10$ секілді операцияларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Егер ақпаратты тез өңдеуге мүмкіндік беретін және әлдеқайда ыңғайлы болатын байтпен беретін болсақ, онда сызбалар одан да күрделене түседі. Есептеуіш-шешуші құрылғы сигналды өңдеу үшін НЕМЕСЕ, ЖӘНЕ және ЖОҚ үш сызбасының көп сандарды талап етеді, артынан сызбаның өзі компьютердің көлемінен аспайтын кішігірім болуы керек.

Процессор және жад құрылғысы жүйелің блок орнатаылатын микросызба түрінде орындалады. Жүйелік блок корпусының алдыңғы жағында индикатор, дисковод, шамдар және батырмалар; артында – мониторды қосу



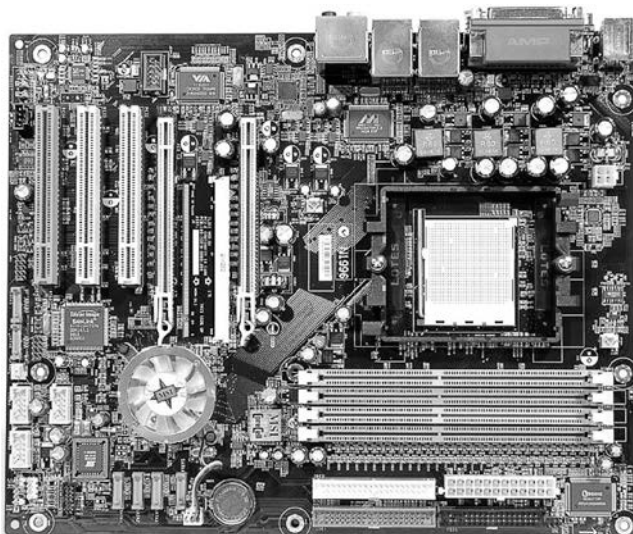
Сур. 12.14. Логикалық операцияларды орындайтын сызба:
а – НЕМЕСЕ; в – ЖОҚ



Сур. 12.15. үш сызбаның әр түрлі қосылуы: НЕМЕСЕ, ЖӘНЕ және ЖОҚ

үшін қосқыш, «тінтуір», клавиатура, принтер және басқа да құрылғылар.

Компьютердің барлық электроникасын баспа тақтасында (сур.12.16) орналастырады. Баспа тақтасында микросызба түрінде орындалатын бір немесе бірнеше процессор орналасқан. Тұрақты есте сақтау құрылғысы және жедел есте сақтау құрылғысы жадтың арнайы микросызбасы түрінде орындалады.



Сур. 12.16. персоналды компьютердің баспа тақтасы

Баспа тақтасында, сонымен қатар компьютердің барлық бөлігінің жұмысы үшін импульсты бақылаудың сағаттық жиілігін беретін сағаттық генератор орналасқан. Басқа микросызбалар сыртқы сигналды ішкі қолдану сигналына түрлендіру немесе керісінше секілді функцияларды орындайды, бұл компьютерлік ойындарды ойнатуға, экран дисплейіне сурет салуға мүмкіндік береді. Баспа тақтасының сыртында компьютерді энергиямен, дискеттің айналу құрылғысымен және т.б. қамтамасыз ететін қуат блогы орналасқан.

Ақпаратты шығару құрылғысы. Ақпаратты шығару құрылғысына монитор мен принтер жатады.

Монитор – ақпаратты көрсететін құрылғы. Монитор көлемі қолданбалы тапсырмаларға байланысты болады. Жалпы мәндегі жүйелер үшін 15... 19" өлшемді монитор ыңғайлы болып табылады. Монитор өлшемі дегеніміз электрондық-сәулелік түтік әйнегінің өлшемі, дегенімен осындай монитордың шынайы өлшемі монитор өлшемінен 1" кіші. Экраннан өшіп кеткен сурет қайтадан экранда пайда болмайды.

Ең кеңінен таралған мониторлар сұйық кристалды индикаторда және газ плазмалы панелдегі (сур.12.17) мониторлар. Осы класстың артықшылығы түсінің анықтығымен ерекшеленетін сурет көрсетілетін экранның жайпақтығы.



Сур. 12.17. Басу құрылғысының сыртқы көрінісі



Сур.12.18. Монитордың сыртқы көрінісі

Мониторға қарағанда басу құрылғысы (сур.12.18) қағаз бетіне компьютер таңдаған, қалаған уақытында көруге болатын барлық қажеті ақпаратты түсіреді. Сонымен қатар басу құрылғысы тек қана мәтінді емес графиканы, суреттерді, түрлі-түсті және ақ-қара сызбаларды да басып шығарады. Басу құрылғысы **принтер** деп аталады.

Ақпаратты дискретті және сандық өндеу үшін негізгі элемент ретінде импульты беру, құрылғыны құраушылар, импульс генераторы, сызбаны іске қосу, синхронизация және жиілікті бөлу, логикалық сызбалар үшін жүйелер қолданылады.

Сандық және импульстық құрылғылардың бірден бір негізгі элементі әр түрлі тізбектердің электронды коммутация тапсырмасын шешуге арналған және электр сигналдарымен басқарылатын электрондық кілт болып табылады. Электрондық кілттің әрекетінің принципі (диодта, өрісте немесе биөрістік транзисторда) токты бір бағытта және артқа келтірмеу қабілеттілігіне негізделген. Диодтық кілттің негізгі ерекшелігі оның қарапайымдылығы. Ең кеңінен тарлған импульстық техниканың базалық элементтерінің: триггер, бір вибратор және мультивибратор негізі болып табылатын транзисторлық кілттер.

Триггер дегеніміз екі тұрақты қалыпқа ие және бір қалыптан екінші қалыпқа енуге қабілетті құрылғы.

¹ *принтер (ағылш. to print – «басу») – ақпаратты шығарудың сыртқы құрылғысы (ақпаратты басуға арналған құрылғы)*

Триггерге карағанда **бір вибраторлы** құрылғы бір тұрақты қалып және бір уақытша қалыпқа ие. Сыртқы басқау сигналының (іске қосатын) әсерінен бір вибраторлы құрылғы уақытша қалыпқа көшеді және кейін автоматты түрде бастапқы тұрақты қалыпына келеді. Осыдан, бір вибраторлы құрылғы қыста іске қосылатын импульстың кірінің әсерінен қажетті аралықта тікбұрышты импульсты қалыптастырады.

Мультивибратор тепе-теңдіктің екі тұрақсыз қалыпына ие, тікбұрышты пішіндегі импульсты кезең-кезеңімен генерациялауға арналған.

Электронды логикалық элемент. Логикалық элемент – бұл шығыс және кіріс сигналдары логика алгебрасының заңымен байланысты болатын құрылғы.

Ол дискреттік екілік сигналдардың логикалық операцияларын орындауға арналған құрылғы. Ақпаратты өңдеу кезіндегі логикалық операциялар екі мәлімет ағынының өзара қарым-қатынасын білдіреді, нәтижесінде үшінші ағын – логикалық функция алынады. Электронды логикалық элементтер диодта, биөрісте және өрістік транзистордар орындалады. Диодтағы және биөрістік транзистордағы элементтер өрістегі транзисторларға карағанда жоғары өнімділікке ие.

Сандық электроникадан бөлек аналогтық сигналдарды өңдейтін, яғни аналогтық функцияларды орындайтын аналогтық электроника да кеңінен таралған. Аналогтық функцияға күшейту (негізгі функция), фильтрация, генерация, жиілік пен пішінді түрлендіру, модуляция, түзету және т.б. жатады.

3D-шығару. 3D-шығару (3D-прототиптеу) – бұл дайын өнімді қабат бойынша «өндіру» немесе дайын өнімді қабаттап синтездеу немесе электронды мәлімет бойынша – компьютерлік CAD-үлгі. 3D-шығару технологиясы көмегімен әр түрлі күрделіліктегі өнімнің бөлшектерін CAD бағдарламасының мәліметтері бойынша модельдеуді жүргізуге болады. 3D-шығару өзі санаулы ғана уақытты алады, ол дайын өнімді жобалаудың уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Осындай процесстің артықшылықтары:

- бірыңғай үлгілерді өндіру жылдамдығы, дәлдігі, шығындарын азайту;
- өндірістің икемділігін елеулі түрде арттыру;
- өндірістің бәсекеге қабілеттілігін арттыру;
- өндіріс шығындарын азайту, әсіресе шағын өндірістің;
- Жаңа өнімдердің нарыққа шығу уақытын қысқарту;
- компьютерлік технологиялар мен CAD жүйелерін біріктіру.

Флеш-жад. Флеш-жад - электрмен қайта бағдарламаланатын жадтың жартылай электрөткізгіштік технологиясының бір түрі.

Жартылай өткізгіш флеш жады технологиясының принципі жартылай өткізгіш құрылымның оқшауланған аймағында («қалта») электр зарядын өзгерту және тіркеу негізіне негізделген.

Компактность, арзандық, механикалық беріктік, үлкен көлем, жұмыс жылдамдығы және қуаттың төмен тұтынылуы арқасында, флеш-жады сандық портативті құрылғыларда және сақтау құралдарында кеңінен қолданылады.

Флеш жадты пайдаланудың екі негізгі жолы бар: мобильді сақтау құралы және сандық құрылғылар үшін бағдарламалық жасақтаманы сақтау орны ретінде. Көбінесе бұл екі бағдарлама бір құрылғыда біріктіріледі.

12.5. ОПТИКАЛЫҚ ЭЛЕКТРОНИКА

Оптика мен электрониканың бірігуі заманауи техникадағы жаңа бағыт-оптоэлектрониканы дүниеге әкелді.

Оптикалық электроника-ғылым мен техниканың жаңа әрі перспективті саласы. Бұл бағыт түрлі электронды және оптикалық тәсілдер мен құралдар арқылы генерация мәселесі, ақпараттарды қабылдау, жеткізу, қайта өңдеу, сақтау мәселелерімен айналысады. Оптикалық электроника құралдарының жұмысы негізінде түрлі орталардағы оптикалық сәулелену процесстері, сәулеленудің заттармен байланысы, сонымен бірге электрондық сигналдардың оптикалыққа(жарықтық) немесе керісінше: оптикалық сигналдардың электрондыққа айналу процесстері қарастырылады.

Мысалы: заттың құрылымын зерттеу, нақты өлшемдер, ақпаратты өңдеу және сақтау, түрлі технологиялық процесстерді басқару, түрлі объектілерді анықтау және олардың әрекеттерін басқару, сыртқы ортаны зерттеу.

Көптеген табиғи құбылыстар мен өндірістік процесстер оптикалық сәулеленумен жүреді. Ол зерттелінетін объектінің өзімен генерацияланады, я болмаса зерттелінетін объект көрсететін немесе басқа көздердің оптикалық сәулелерін таратуы нәтижесінде пайда болады.

Оптикалық сәулелену микропроцесстер (атом және молекула деңгейінде) ағымында, сондай-ақ макропроцесстер (ғаламшар масштабында) ағымында да пайда болады. Шамамен қоршаған орта жайлы ақпараттың 90% көз арқылы аламыз.

Визуалды бақылау кезінде өлшемдер, пішін, кеңістіктегі орналасу, бақыланатын объектінің орын ауыстырулары көз арқылы

бекітіліп, кейін ми арқылы анализденеді. Бұл жердегі ақпаратты тасымалдаушы генерацияланатын, таралатын және бейнеленетін сәулелену болып табылады. Көрінетін сәулеленуді электрондық сигналға да айналдыруға болады. Бұл жағдайда оптикалық сәулеленудегі объект туралы ақпарат электрондық сигналда сақталатын болады. Бұл сигнал оны шулар фонында ерекшелеу үшін, тіркеу үшін өңделуі мүмкін.

Визуалды бақылау кезінде ақпарат субъективті түрде бағаланады, электронды сигналдарды анализдеу бақыланатын объект жайлы неғұрлым объективті ақпарат алуға мүмкіндік береді. Алайда электрондық сигналға тек қана көрінетін сәулеленуді ғана емес, сонымен қатар адамның көзі сезбейтін ультракүлгін және инфрақызыл диапазондар сәулеленуін де жасақтауға болады. Сол себепті, оптикалық сәулеленуді электрондық сигналға ауыстырып, сигналды анализдеу арқылы-визуалды бақылаудан гөрі бақыланатын нысан жайлы терең ақпарат алуға болады.

Адам баласы алыс қашықтықтағы және 0,1 мм-ден кем өлшемдегі заттарды көре алмайтындығы бізге жақсы белгілі. Біз қараңғыда да нашар көреміз, себебі көзіміз тек көрінетін сәулеленуді және жарықты ғана қабылдайды. Ал оптикалық-электрондық құралдар болса сол көздің қабілеті жетпейтін процесстерді жүзеге асырады, өйткені олар кішкентай және алыстағы объектілерді зерттеп, көзге көрінбейтін сәулеленулерді тіркейді.

Оптикалық-электрондық құралдың негізгі элементтері сәулелену көзі және оны қабылдағышы; сәулелену көзін қабылдағышқа немесе бақыланатын объектіге бағыттайтын оптикалық системалар; және қабылдағыш жасақтайтын сигналды өңдейтін электрондық элементтер. Сонымен қатар, оптикалық-электрондық құрал құрамына модулятор, дефлектор, түрлі фильтрлар, ақпаратты жазатын және бейнелейтін құралдар т.б. да жатқызылады.

Сәулелену көзі. Сәулелену көздері табиғи және жасанды болып бөлінеді.

Табиғи сәуле көздеріне Күн, Ай, жұлдыздар, бұлттар, жер атмосферасы, өндірістік ғимараттар мен құрылымдар, ұшақтар, автомобильдер, сондай-ақ адам және жануар денесі.

Ал **жасанды сәуле** көздеріне басқаруға келетін көздер жатқызылады. Мұндай көздер оптикалық-электрондық белсенді құралдар жарықтандырғыштарында, байланыс және ақпаратты жеткізу құралдары, ғылыми зерттеуге арналған түрлі құралдарға арнап қолданылады. Жасанды көздерге газразрядты және доғалық шамдар, жарықдиод пен электролюминесцентті сәулешығарғыштар, оптикалық квантты генераторлар, кейбір жылубергіш көздер жатқызылады.

Сәулеленудің жарық көздері-электромагниттік сәуле көздері, дененің ішкі энергиясының жоғарылауы арқылы жүреді. Абсолютті қара дене немесе толық сәлешығарғыш деп-берілген температурада толқындардың барлық ұзындықтарына максималды мүмкін энергия тарататын денені атаймыз. Толық сәулешығарғыш-бұл физикалық абстракция, сондықтан да тәжірибеде толық сәулешығарғыштың қасиеттеріне сәйкес келе алатын оның моделдері қолданылады. Абсолютті қара дене қасиеттеріне жақын келе алатын модель ретінде шағын саңылауы бар жылытылған қуыс қолданылады.

Аталған абсолютті қара дене моделдерінен басқа жылу көздеріне қатты қыздыру шамдары да жатады-бұл қыздыру жібі беретін жылу сәулесі арқылы алынатын, электрондық тоқпен қыздырылатын жарық көзі. Қыздыру шамдары-жарық көздерінің ең жиі таралған түрі. Оның негізгі кемшілігі-шамалы жиілікпен де болатын шам сәулеленуінің электрондық модуляциясының мүмкін еместігі. Газразрядты жарық көздері керісінше осы қасиетке ие. Бұларда сәлешығарғыш орта ретінде тоқ өткенде газ разряды пайда болатын газ немесе металл булары бар. Газразрядты шамдар үзілмейтін, сондай-ақ импульсивті сәлелену шығара алады.

Сәулешығарғыш көз ретінде тура тоқ өтетін p -л-өтпелі электролюминесценциясы (электроөткізгіштігі түрлі типтегі жартыөткізгіштердің байланысы) қолданылады.

Сәулелену қабылдағыштары. Сәуле қабылдағыштардың міндеті оптикалық сәулеленуді түрлі схемалар арқылы тіркеуге ыңғайлы болу үшін басқа энергия түрлеріне айналдыру. Оптикалық сәулелену әсерімен қатты дене беті электрондарды шығарады. Бұл құбылыс сыртқы фотоэффект немесе фотоэлектронды эмиссия деп аталады.

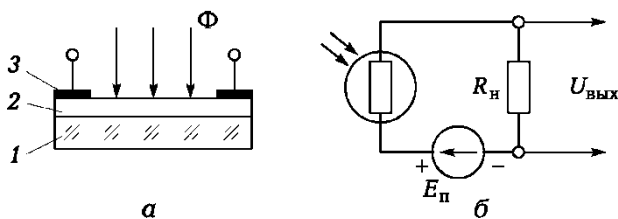
Фотоэмиссия құбылысын қолдану арқылы фотоэлементтің сыртқы фотоэффектімен байланысы жүзеге асады. Бұл фотоэлемент диод ретінде болады, мұндағы электродтардың бірі - фотокатод, ал басқасы - фотоэлектрондардың коллекторы - анод. Жарық ағымының Φ фотокатодаына түскен кезде және анодқа оң

қысым таратқанда катодтан бөлінетін фотоэлектрондар анодқа қарай қозғалып, фотоэлементтің сыртқы тізбегінде ток пайда болады.

Түрлі жартылай өткізгіш қабылдауыштар жұмысы ішкі фотоэффектіні қолдануға негізделген, мұнда сәулелену әсерінен өткізгіштердегі заряд тасымалдауыштарында-электрон мен кемтік бу генерациясы болады. Бұл қосымша тасымалдаушылар жартылай өткізгіштің электрондық өткізгішін ұлғайтады. Мұндай фотондар әсерімен жүзеге асатын қосымша өткізгіштік фотоөткізгіштік деп аталады. Кейбір құрылғыларда фотоэлектрон мен кемтіктер генерациясы нәтижесінде ЭДС (әдетте фото ЭДС дейді) пайда болады, сол кезде бұл құрылғылар ток көзі ретінде жұмыс жасайды.

Жарықтың түсуімен заттың электрондық өткізгішін өзгерту құбылысын қолданатын қабылдағыштар фоторезисторлар деп аталады. Оларды қоспалық және қоспалық емес жартылайөткізгіштерден дайындайды. Олар түрлі спектрлардың аумағында жұмыс істейді: рентген және ультракүлгіннен бастап инфрақызылдарға дейін.

Фоторезисторлардың құрылысы 12.19. суретте көрсетілген. 1 диэлектрлік тілімшеге 2 жартылайөткізгішті соңындағы 3 түйіспелермен жұқа қабаты жасақталады. Спектральді сезімталдық аумағы фоторезистор жасалатын материалымен анықталады. Мысалы, күкіртті қорғасын инфрақызыл сәулелерге сезімтал, ал күкіртті кадмий -көрінетін сәулелерге сезімтал болып келеді.



Сурет 12.19. Фоторезистор құрылысы мен қосу схемасы:

a — құрылғы; b — іске қосу схемасы; Φ — жарық ағыны; E_n — жүктеме кедергісі; $U_{ш}$ — шығыс кернеулік, жүктеме кедергісінен алынады; E_k — қоректендіру көзі; 1 — диэлектрлік тілімше; 2 — жартылайөткізгіштің жұқа қабаты; 3 — түйіспелер

Фоторезисторлар түрлі оптикалық-электрлік құрылғылардың элементтері ретінде пайдаланылады, себебі олардың спектрлік сезімталдық аумағы жарық диодтары мен электрлюминесценттік конденсаторлардың сәулелену спектрларымен жақсы сәйкес келеді. Фотодиодтардың маңызды ерекшелігі-жоғары жылдамдылық әрекеті. Олар бірнеше миллион герц жиілікке дейін жұмыс істеуі мүмкін. Фотодиодтарды әдетте кремний мен германийден жасайды.

Егер құрамында бірнеше p — л-өтпелері бар құрылымдарды қолданса, фотодиод жарықтандыруы кезінде фотоағын күшейтілуі мүмкін (сурет 12.20.).

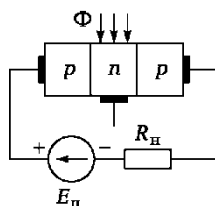
Оптикалық-электрондық құрылғылардың оптикалық жүйелері. Оптикалық сигналдардың электрлікке айналатын құрылғылар оптикалық-электрондық деп аталады. Бұл құрал-сәулелену көзінен таралатын оптикалық сәулеленуді тіркеу, оптикалық сәулеленуді электрлік сигналға өңдеу жұмыстарын жасайды.

Оптикалық-электрондық құрылғының жалпы құрылымдық схемасы 12.21. суретінде көрсетілген. Оптикалық жүйе қабылдағыштағы сәулеленудің сәуле көзінің көп бөлігін белгілейді және сәулеленуді қабылдағышқа жеткізеді. Қабылдағышта оптикалық сигналдың электрлікке айналу процессі жүреді. Электрондық жүйеде электрлік сигнал тіркеуге ыңғайлы болатындай формаға өңделеді.

Шынайы құрылғылардың жүйелік схемалары көрсетілген үлгіден біраз өзгешеліктері болады. Пассивті схемада жұмыс істейтін оптикалық-электрондық құрылғыларда қабылдағыш элементте сәулелену объектісінің көп бөлігін жинап немесе қажет сапаны бейнелейтін оптикалық қабылдағыш жүйелері болады. Активті типтегі құрылғылар, қабылдағыштан басқасы, сонымен бірге тасымалдайтын оптикалық жүйеге де ие, оның міндеті-зерттелінетін объект бетінде қажетті жарықтылықты қамтамасыз ету. Байланыс және ақпаратты тасымалдау құрылғыларында оптикалық жүйе жарық шоғын тудырады.

Сурет 12. 20. Биполярлы-фоторезисторды қосу схемасы мен құрылысы:

Φ — жарық ағыны; R_H — жүктеме кедергісі; E_K — коректендіру көзі





Сурет 12.21.Оптикалық-электрондық құрылғының жалпы құрылымдық схемасы

бұл жарық шоғы ақпарат тасымалдаушысы болып табылады. Оптикалық жүйе арқылы оптикалық сигналды спектрлік немесе кеңістіктік фильтрациялау жүзеге асырылады.

Оптикалық-электрондық құрылғылардың оптикалық жүйелері белгілі бір жолмен комбинацияланған келесі оптикалық бөлшектерді қамтиды: линзалар, айналар, призма, фильтр, диафрагма және тағы басқалары.

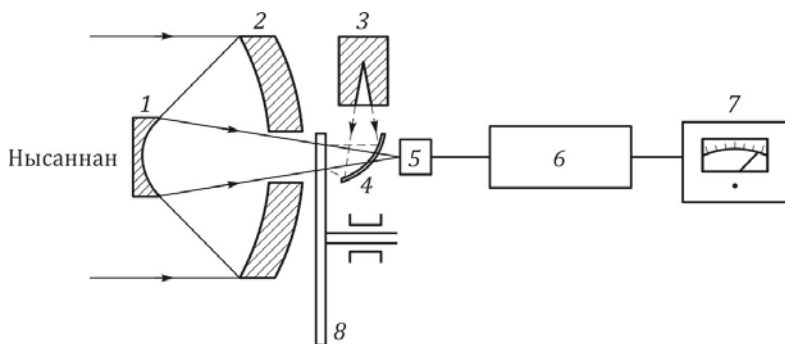
Тек идеалды оптикалық жүйеде ғана бір зат нүктесінен тарайтын сәулелер бейне бетінде қайта бір нүктеге жиылады. Яғни, тек идеалды оптикалық жүйе ғана нақтылы нүктелік зат бейнесінің анық өлшемдерін жасақтайды. Алайда мұндай жүйелер табиғатта кездеспейді. Кез-келген шынайы оптикалық жүйеде бейне нүктесі сейілу дөңгелегі ретінде көрінеді, оның мөлшері оптикалық жүйемен енгізілетін абберрация (бұрмалану) және дифракциямен (табиғи жарықтың толқындығы) анықталады. Абберрация іс жүзінде кескіннің сапасын төмендетеді, әсіресе қарапайым оптикалық жүйелерді - біржақтылы линзалар немесе сфералық айналарды қолдануда көрінеді. Сол себепті, қазіргі заманғы оптикалық жүйелерде күрделі сфералық беттері бар оптикалық элементтер қолданылады, мысалы параболалық немесе гиперболалық.

Соңғы онжылдықтарда оптикалық электрониканың жаңа бағыты-кванттық электроника қарқынды дамуда. Оптикалық кванттық генераторлардың дайындалуы (лазерлер) оптикалық-электрондық құрылғылардың мүмкіндіктерін арттырып, жаңа ашуларға бағыт берді.

Оптикалық электроника құралдарының кең қолданылуына жоғары сапалы талшықты-оптикалық элементтердің жасалуы себепші болды, сол арқылы қазіргі кезде алыс-жақын байланыс жүйелері мен түрлі физикалық өлшемдерді анықтау датчиктері де жан-жақты жетілуде.

Инфрақызыл радиометр. Қызған дененің жарық шығарудағы түсі температурамен өзгередіні белгілі, сондықтан дене температурасын жарық түсіне қарап анықтауға болады. Егер дене $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан жоғары температурада болса ,адамның көзі затты өзінің сәлеленуі бойынша көре алады. Практика жүзінде енжар қыздырылған заттардың температурасын қашықтықтан өлшеу үшін инфрақызыл радиометр көмектеседі. Радиометр-көзге көрінбейтін инфрақызыл жылулық сәулелерді тіркейтін оптикалық-электрондық құрал.

Инфрақызыл радиометр схемасы 12.22. суретте көрсетілген. Инфрақызыл сәулелену объектісі -қыздырылған объект болып саналады. Сәулелену сәулелену қабылдағыш 5-гі 1 2 айналардан тұратын оптикалық жүйемен белгіленеді. Қабылдағышпен жасалатын сигнал сәле көзі күшімен пропорционалды,сондықтан оның мәні объектінің температурасымен анықталады. Қабылдағыш сигналы 6 күшейткішімен үдетіліп,құрал 6-мен тіркеледі. Бірақ,өлшеудің бұл жолымен тек объект сәулелену интенсивтілігінің салыстырмалы өзгешеліктерін,сондай-ақ оның температурасын анықтауға болады. Интенсивтілік мәні - жарық толқынындағы электр өрісінің кернеулілік амплитудасы квадратына пропорционал.



Сурет 12.22. Инфрақызыл радиометрдің схемасы:

1 және 2 — айналар; 3 — эталонды көз (абсолютті қара дененің моделі); 4 — қосымша айна; 5 — сәуле қабылдағыш; 6 — күшейткіш; 7 — өлшеу құралы; 8 — айналмалы секторлы модуляторлық дискі

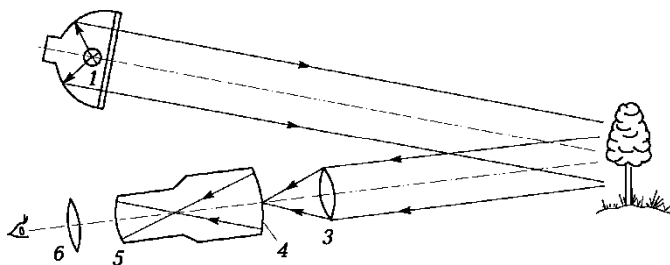
Объектінің абсолютті температурасының мәнін табу үшін нысанның сәулелену интенсивтілігін құралға бекітілген эталондық көзінің 3 сәулеленуімен (абсолютті қара дененің моделі) салыстыру қажет. Бұл мөлдір және мөлдір емес секторлардан тұратын 8 айналмалы секторлық модуляторлық диск көмегімен жүзеге асырылады. Сол себепті де қабылдағыш модулятордың мөлдір емес секторларымен жабық болған кезінде, эталонды сәулелену көзі қосымша 4 айнасы мен модулятордың сырт жағынан әсер алып, қабылдағышқа жеткізіледі. Ал басқа уақыттарда қабылдағыш алдында модулятордың мөлдір секторлары орналасып, қабылдағышқа объектінің сәулесі түседі. Күшейткіш 6-мен күшейтілген эталондық сәулешығарғыш пен объект сигналын өлшегенде салыстыру сигналы (айырымдық сигнал) нөлге тең болғанша дейін эталондық сәулешығарғыштың температурасын салыстырып, өзгертіп отырады. Бұл құбылыс эталондық сәулешығарғыштың температурасы объект температурасымен тең болғанда орын алады.

Инфракызыл радиометрде сәулелену көзі- объектінің өзі болып табылады. Егер оптикалық-электрондық құрылғы объектінің оптикалық сәулеленуін тіркесе, онда ол пассивті схемада жұмыс істейді екен. Бұл схема бойынша тек радиометрлер ғана емес, сонымен қатар объектінің жылулық кескінін жасайтын құрылғылар, өздігінен бағытталатын, бақылайтын құралдар да қызмет атқарады.

Оптикалық-электрондық құрылғылардың көп бөлігі активті схемада жұмыс істейді, мұнда зерттелінетін объект оптикалық сәулеленудің арнайы көзімен жарықтандырылады және объектінің шашыраңқы немесе бейнеленген сәулесі тіркеледі.

Активті типтегі құралдарда міндеті объект бетіне сыртқы сәулелену көзінің көп бөлігін шоғырландырып және ондағы жеткілікті жарықтылықты қамтамасыз ету болып табылатын арнайы тасымалдағыш оптикалық жүйелер болады. Сыртқы көз рөлін Күн де атқара алады, бірақ оның сәулеленуін бақылауға мүмкіндік жоқ болғандықтан Күн сәулеленуін беретін объектіні тіркейтін оптикалық-электрондық құрылғыларды пассивтіге жатқызған дұрыс болады.

Сондай активті схема бойынша жұмыс істейтін құрылғылардың бірі әскери істерде кең қолданылатын - түнде көру құралы. (сур. 12.23). Мәселен, қараңғы түні бір объектіні, ағашты көргіміз келеді делік. Оны көрінетін прожектор сияқты жарық көзімен жарықтандыруға болады.



Сурет 12.23. Түнде көру құрылғысының схемасы:

1 — инфракызыл сәулелену көзі; 2 — фильтр; 3 — кескіндерді электрондық-оптикалық өңдегіш; 4 — фотокатод; 5 — флюоресцендіретін экран; 6 — окуляр

Алайда, әскери істерде әшкереленбеу үшін бұл әдіс тиімсіз. Мұндайда көзге көрінбейтін инфрақызыл сәулелі жарықпен объектіні жарықтандырып көруге болады. Жарықтандырудың 1 көзі ретінде, мысалы, 2 фильтрімен жабылған автомобиль фараларын қолданға болады, ол инфрақызыл сәулелену үшін мөлдір және көрінетін сәулені сіңіреді. Түнде көру құрылғысының қабылдағыш бөлігі кескіндерді өңдегіш электрондық-оптикалық объективінен 3 (ЭОӨ) және окуляр 6 тұрады. Объектив 3 фотокатод 4-гі(ФК) ЭОӨ объектінің инфрақызыл кескіні жасады. Инфрақызыл сәулелену әсерінен катодтан электрондар ұшады, мұндағы катодтың түрлі бөліктерінен тарайтын электрондар саны катодқа проекцияланған инфрақызыл объект кескінінің таралуымен байланысты.

Фотоэлектрондар фотокатод пен флюоресцендіретін экран 5 (Э) арасындағы электрлік өріспен жылдамдықтарын арттырады, фокустайтын жүйемен жиналып, экранды бомбалайды. Электрондардың бомбалауы экранның жарық шығаруын туындатады. Экраннің жеке нүктелерінің жарық шығару интенсивтілігі фотоэлектрондар ағымымен байланысты, оның нәтижесінде экранда объектінің көрінетін кескіні пайда болады. Осылайша ЭОӨ инфрақызыл объектінің кескінін окуляр 6 арқыды көруге болатын көрінетін кескінге айналдырады.

Активті схема бойынша сонымен қатар шалғайдағы объектілерді тауып, кеңістіктегі орнын анықтау үшін қолданылатын-оптикалық локаторлар да жұмыс істейді. Активті типтегі оптикалық-электрондық құрылғыларға

акпаратты тасымалдаушы және байланыс құралдарын жатқызуға болады. Мұндай құрылғылар сәулеленуін басқаруға болатын көздерді қамтиды, мұнда олардың спектрлі құрамын, күшін, импульстер ұзақтығын, жиілігін, амплитуда сияқты басқа да көрсеткіштерін өзгерту мүмкіншілігі бар.

Басқару арнайы модуляторлар көмегімен жүзеге асырылады.

Бұл құрылғылардағы оптикалық сәулелену көзі мен тіркеу-қабылдағыш жүйесі жақын немесе болмашы қашықтықта ораналсады. Мұндағы тірке-қабылдағыш жүйеге бағытталатын сәулелену атмосфера немесе көбінесе талшықты-оптикалық жүйе бойынша сәулеленуді каналіздейтін арнайы элементтер арқылы таралады. Соңғы аталған жолмен оптикалық сәулелену турасызықты және қисықсызықты трассалар бойынша таралады.

Дискретті оптикалық-электрондық құрылғылар орнына интегралды оптоэлектрондық құрылғылар таралуда.

Оптикалық сәулеленудің жер атмосферасында және басқа орталарда таралуымен байланысты процесстер қазіргі кезде барынша терең зерттелген. Мәселен, атмосфераның мөлдірлік терезелері бар екені анықталған, олар оптикалық сәулеленуді минималды мөлшеде сіңіреді. Негізгі мөлдірлік терезелері 3...5 және 8...12 спектрлі аумақтарында орналасқан. Яғни, оптикалық-электрондық құрылғының дәл осы спектрлердегі жұмысы эффективтілігі жоғары болады.

Сол себепті объект сәулелендіретін тербелістер спектрін тіркейтін интегралды құрылғылармен қатар, ультракүлгін (0,01.0,38 мкм), көрінетін (0,38.0,78 мкм) және инфрақызыл (0,78 мкм...1,00 мм) диапазонындағы салаларда жұмыс істейтін оптикалық-электрондық құрылғылар да бар. Қажетті спектр аумағы үшін арнайы фильтрлерді пайдалануға болады.

Көрінетін жарық толқындары-радиотасымалдағышта кездесетін толқындардан миллион есе жиілігі көп болатын электромагниттік толқындар. Дәл осы жарық толқындары үшін жаңа кванттық құрылғылар-лазерлер(кванттық оптикалық генераторлар) жасалды.

1905 жылы А.Эйнштейн жарық бөлшектері-фотондар туралы ұғымды енгізді. Жарық-фотондар ағымы. Олардың толқындары да өзгешеленеді. Жарық толқындарының ерекшеліктері дифракция мен интерференция құбылыстарында көрінеді. Мұнан басқа фотондар корпускулярлы қасиеттерге де ие.

Электрмагниттік сәулелену кванты-фотондар-тыныштықта тіршілік етпейді, яғни олар жарық жылдамдығымен қозғалады. Фотондар түрлі процесстер нәтижесінде пайда болады. Көбіне қоздырылған күйден неғұрлым азырақ қоздырылған күйге немесе қоздырылмаған күйде болатын сәулелену денесінде жүзеге асатын атом(молекула) қозғалыстары негізінде жиі жүзе асырылып отырылады.

Атом(молекула)энергиясының мәні дискретті. Егер атом энергиясы E_2 -ден азырақ энергияға орын ауыстырса E_1 , сол сияқты энергиялық E_2 деңгейінен энергиялық E_1 деңгейіне ауысса онда бұл ауысу фотон энергиясының $E_2 - E_1$ сәулеленуімен жүреді. Сол сияқты кері ауысу процессінде де фотон $E_2 - E_1$ энергиясы сәулеленуімен жүреді.

Атомдардың жоғарғы энергетикалық деңгейлердегі орны тұрақсыз, олар өздігінен бір деңгейден келесіге тоқтамсыз ауыса беруі мүмкін. Мұндай ауысулар жарық энергиясының кванттық сәулеленуімен бірге жүреді. Бұл сәулелену түрлі ұзындықтағы толқындарда бір уақытта жүрмейді. Сондықтан да заттағы түрлі атомдардың сәулелену көлемі когерентті⁵ емес. Мұндай сәулелену мысалдары ретінде қарапайым жарық көздерін келтіруге болады-қызу шамы, газразрядты лампалар және т.б. Бірақ атом жоғарғы энергетикалық деңгейден төменгі деңгейге өздігінен емес, жиілігі ауысу жиілігіне сәйкес келетін сыртқы электрлік өріс әсерінен ғана ауыса алады. Бұл жағдайда атомдар электрмагниттік толқынға энергияны когерентті сәулелену ретінде жеткізеді. Осындай мәжбүрлі сәулелену нәтижесінен өзіндік жарық (стимулды, индукцияланған) «индукциясы» пайда болады.

¹ Дифракция (лат. diffractus — «қираған») — толқындармен (жарық, дыбыс, т.б.) кедергілерді айналып өту.

² Интерференция (лат. inter — «арасында» + ferens — «тасымалдаушы», «жеткізуші») — кеңістік нүктесіндегі толқындардың күшеюі когерентті толқындарды беттестіруде басқалардың әлсізденуі.

³ Корпускула (лат. corpusculum — «тельце») — заттың өте кіші бөлшегі

⁴ Квант (нем. Quant — «бөлшек») — қандай да бір физикалық өрістің қасиетін тасымалдаушы бөлшек (мысалы, электрмагниттік өрістің кванты-фотон).

⁵ Когерентті — белгілі бір уақыттағы тербелмелі және толқынды процесстердің біріккен ағымдары.

Бұл құбылыс оптикалық кванттық генераторлар жасалуына себепші болды.

1954 жылы кеңес ғалымдары Н.Басов және А.Прохоров, сондай-ақ американдық ғалым Ч.Таунс кванттық генераторлар мен күшейткіштерді жасау үшін индукцияланған сәулеленуді қолдануды бастады.

Алғашқы лазер рубин негізінде жасалды (қызыл түсті минерал, бағалы тас). Жыл өткен соң гелий және неон (инертті газдар) қоспасындағы газды лазерлер пайда болды. «Лазер» сөзі ағылшын тілінен аударғанда «мәжбүрлі сәулеленумен күшеюі» дегенді білдіреді. Лазер — оптикалық резонатордағы активті ортамен мәжбүрлі шашыранқы жарық пен жарықты мәжбүрлі шығаратын когерентті электромагнитті толқындарды генерациялайтын құрылымы. Резонатордан шыққан сәле шамамен параллельді шоқ түрінде шығады. Қарапайым көздер жарықты барлық бағыт бойынша таратады (сызықтық таралым 360° тең).

Лазерлер энергияны үздіксіз немесе импульсивті шығара алады. Оптикалық жүйе арқылы лазерлік сәулеленуді қосымша шоғырландыруға болады, бұл арқылы басқа сәулелену көздері үшін мүмкін емес ағымның жоғары тығыздығын алуға болады.

Оптикалық кванттық генераторлар өте қысқа толқындарды зерттеуге жол ашты. Оның нәтижесінде миллиондаған телевизиялық каналдарды орналастырып қана қоймай, шексіз қашықтықта байланысуға мүмкіндік те алуға болады. Оптикалық кванттық генераторлар жұмысын, жасалуын, қолданылуын зерттеумен жас ғылым саласы-кванттық электроника айналысады. Бұл ғылым оптика, электроника және кванттық механика сынды ғылымдар түйісуінде пайда болды.

Лазерлер теңіз тереңдігін зерттеу, мұнайдың су бетіндегі ластануларын, термоядролық басқарылатын синтезі үшін аса жоғары температуралы плазманы қолдау үшін және т.б. үшін қолданылады.

XX ғ. тамаша жаңалықтарының бірі голография¹ — жазу мен жаңғыртудың принципіалды жаңа әдісі.

¹ Голография негізі 1948 ж. ағылшын физигі Д.Габор еңбегімен қаланды. Голографияның қарқынды дамуы XX ғ. 60-жылдарында лазерлер пайда болғанда басталды. 1960 ж. американдық Э.Лейт и Ю.Упатниекс алғашқы лазерлік голограмаларды жасақтады, ал кеңестік ғалым Ю. Н. Денисюк үшжақтылы ортадағы голограма жазуды қалыңқабатты фотоэмульсияны қолдану арқылы жасап, тәжірибеден өткізді.

Голография — кеңістіктегі кескінді лазер көмегімен жаңғыртуда кескіннің өзі емес, жарық арқылы бейнеленген толқынды суреті жазылатын фотографиялық әдіс. Толқынды суреттің жазбасы фотопластинкаға лазер көмегімен түсетіндіктен, голографияны кейде лазер сәулелері арқылы фотоға түсіру деп те атайды. Фотоға түсіруден голографияның айырмашылығы, мұнда кескінмен шоғырланатын интерференцияланған сурет жазылады. Голограма бақыланатын объектінің барлық жақтарын бейнелейді, сонымен бірге оның аумақтылығын (тереңдігін) көрсетеді, ал фотосуретте жәй ғана жазықтық сурет ғана көрсетіледі, мұнда шынайы объектілерге тән бөлшектер көрсетілмейді. Голограма арқылы алынатын кескіндер шынайылығы соншалықты көз арқылы көрінетін шынайы зат көрінісімен бірдей.

Голография өз алдына басқа белгілі техникалық құралдар шеше алмайтын мәселелерді шешуде алдыңғы қатарда.

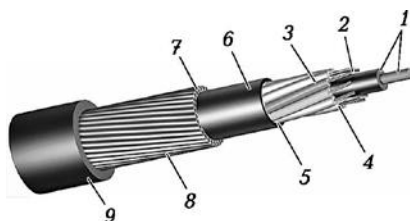
12.6.

ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ТАСЫМАЛДАУШЫ ЖҮЙЕЛЕРІ

Автоматизацияланған басқару жүйелерінде микропроцессорлық техниканың қолданылуы осы техниканың локалды ақпараттық ағымға бірігу алғышарттарын әкелді. Осындай байланыстарды жүзеге асыруда автоматизация жүйелерінде сенімді және жылдам байланыс тізбектері қажет. Осындай байланыс тізбектерінде талшықты-оптикалық тасымалдағыш жүйелер қолданылады (ТОТЖ). ТОТЖ-барлық сигналдар түрі оптикалық кабель арқылы берілетін жүйе (сур.12.24).

ТОТЖ арқылы ақпаратты тасымалдау мыс кабельдеріне қарағанда көптеген артықшыларға ие:

- бір талшық арқылы бір уақытта 10 млн телефондық және бейне сигналдарды таратуға болады (мұндағы тасымалдау жылдамдығы екі бағытта таратылу арқылы ұлғайтыла алады, себебі жарық толқындары талшықтарда тәуелсіз түрде тарала алады);



Сур. 12.24. Талшықты сәулежел:

1 — осьтік элемент — болат арқан (стренга, сым), полимерлік қапталған және жарық-пластикалық шыбықша, полимерлі қапталған немесе қапталмаған; 2 — оптические волокна; 3 — оптикалық модульдер; 4 — ішкі модульді гидрофобты толтырғыш; 5 — өзекше гидроизоляциясы — гидрофобты толтырғыш немесе илi су тоқтатқыш элементтер; 6 — аралық қабықша — полиэтилен; 7 — қабатты брондайтын гидроизоляция (гидрофобты толтырғыш немесе су тоқтатқыш элементтер); 8 — дөңгелек бірдей сым сауыты; 9 — қорғаныш қабықшасы (полиэтилен немесе полимер, жануды жібермейді)

- өте шағын басқа орталармен салыстырғанда) талшықтағы сигналдың өшуі (1,55 мкм толқын ұзындығындағы 1 км-ге негізделген 0,2...0,3 дБ өшу);
- құрамында кремний қостотығы бар кварцтан жасалған талшық өте кең таралған, себебі мысқа қарағанда арзан;
- оптикалық талшықтар 100 мкм диаметрде болады, сондықтан компактiлi және жеңiл, бұл оларды авиацияда, кабельдi техникада қолдануда ыңғайлылық тудырады;
- оптикалық талшықтағы байланыс жүйелері электр магниттік кедергілергi төзiмдi, жарық өткізгішпен берілетін ақпарат санкцияланбаған жолдан қорғалған (талшықты-оптикалық тізбектерін жасырын тыңдау мүмкін емес);
- жұмыс ұзақтылығы (талшық жарамдылығы, қасиеттерінің сақталуы 25 жылдан артық, бұл оптикалық-талшықты кабельдi қолданып, қажетіне қарай қабылдағыштарды уақытымен ауыстырып отыруға мүмкіндік береді). Аталған артықшылықтарымен бірге оған тән кемшіліктер де жоқ емес;
- тізбекті жасақтауда өте жоғары сапалы элементтер қажетолар электрлік сигналдарды жарыққа және жарықты электрлік сигналдарға ауыстырады;
- оптикалық талшықтарды монтаждау үшін прецизионды қымбат технологиялық құрал-жабдық қажет;

- авария кезінде оларды қайта қалыпқа келтіру үшін мыс тізбектеріне қажет қаражаттан да артық шығын жұмсалады;
 - жарық шығарғыштар зақымданғанда олар толық тізбек жұмысына кедергі келтіруі мүмкін.
- Жарық шығару жүйесінің негізгі элементтері:
- оптикалық таратқыш блогі, олар оптикалық импульстерге ауысыпжарық шығару байланыс тізбегіне тасымалданады;
 - талшықты-оптикалық тізбек;
 - оптикалық қабылдағыш блогі, оптикалық сигналдарды қабылдап, оларды электрлік импульстерге өңдейді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Оптикалық электроника ғылымы нені зерттейді?
2. Сәулеленудің қандай табиғи және жасанды түрлері бар?
3. Оптикалық-электрондық құралдар дегеніміз қандай құралдар,мысал келтіріңіз.
4. Түнде көрсету құралы қалай жұмыс істейді?
5. Голография деген қалай түсіндіресіз?

1. *Игумнов Д. В.* Микроэлектроника негіздері / Д. В. Игумнов, Г. В. Королев, И.С.Громов. — М. : Жоғ. мект., 1991.
2. *Журавлева Л. В.* Радиоэлектроника : оқулық/Л. В. Журавлева. — 3-басылым, стер. — М. : «Академия» Баспа орталығы, 2008.
3. *Журавлева Л.В.* Электрматериалтану: оқулық/ Л. В. Журавлева. — 9-басылым, стер. — М. : «Академия» Баспа орталығы, 2013.
4. *Манаев Е.И.* Радиоэлектроника негіздері / Е. И. Манаев. — М. : Радио және байланыс, 1990.
5. *Мухин И. А.* Кескін жаймасының принциптері және плазмалық панель ұяшығының жарқырауы жарықтылығының модуляциясы / И. А.Мухин // Байланыс оқу орынд. тр. № 168. — СПб. : СПбМТУ, 2002.
6. *Нефедов В. И.* Радиоэлектроника негіздері / В.И.Нефедов. — М. : Жоғ. мект., 2000.
7. *Петров К. С.* Радиоматериалдар, радиокомпоненттер және электроника: оқу құралы / К.С.Петров. — СПб. : Питер, 2004.
8. *Поляков В. Т.* Радиоэлектроникаға кіріспе / В. Т. Поляков. — М. : Радио және байланыс, 1988.
9. *Степаненко И.П.* Микроэлектроника негіздері / И. П.Степаненко. — М. : Негізгі білімдер лабораториясы, 2000.
10. *Ушаков Н.Н.* ЭЕМ өндіру технологиясы / Н.Н.Ушаков. — М. : Жоғ. мект., 1991.
11. *Хотунцев Ю.Л.* Радиоэлектроника негіздері / Ю.Л.Хотунцев, А. С. Лобарев. — М. : Агар, 1998.
12. ГОСТ 15133 — 77. Жартылай өткізгіш құрылғылар. Терминдер мен анықтамалар.
13. ГОСТ 26599 — 85. Талшықты – оптикалық тасымалдау жүйелері.
14. ГОСТ Р 52002 — 2003. Электротехника. Негізгі ұғым анықтамалары мен терминдер.

Алғысөз.....	4
Кіріспе.....	5
1-бөлім. Радиотолқындар мен электрлік тербелістер.....	.7
1.1. Радиобайланыстың жалпы схемасы.....	7
1.2. Радиотолқындардың таралуы.....	11
1.3. Электрлік сигналдар туралы жалпы мәліметтер.....	21
2-бөлім. Электрлік тербелістердің күшейтілуі.....	30
2.1. Күшейткіштердің негізгі сипаттамалары мен Классификациясы.....	30
2.2. Кернеулікті күшейткіштер.....	38
2.3. Токты күшейткіштер.....	42
2.4. Қуатты күшейткіштер.....	46
2.5. Кері байланысты күшейткіштер.....	48
3-бөлім. Электрлік тербелістердің генерациясы.....	53
3.1. Электрлік тербелістер генераторы.....	53
3.2. Үйлесімді тербелістер генераторы.....	56
3.3. Үйлесімді емес тербелістер генераторы.....	59
4-бөлім. Электрлік тербелістердің өңделуі.....	65
4.1. Модуляция.....	65
4.2. Жоғары жиіліктегі тербелістерді детектрлеу.....	71
4.3. Жиіліктерді өңдеу.....	72
5-бөлім. Электрлік қуат беру көздеру.....	79
5.1. Электрлік қуат берудің алғашқы көздері.....	79
5.2. Электрлік қуат берудің қосалқы көздері.....	82
6-бөлім. Шоғырланған параметрлер тізбегі.....	97
6.1. Радиотехникалық тізбектердің негізгі элементтері.....	97
6.2. Тербелгіш жүйелер.....	106

7-бөлім. Электрвакуумды құрылғылар.....	113
8-бөлім. Жартылай өткізгіш құрылғылар.....	125
9-бөлім. Таралған параметрлі тізбектер.....	146
9.1. Электрмагниттік толқындарды тарату тізбегі.....	146
9.2. Антенналар.....	154
10-бөлім. Радиотаратқыш құрылғылар.....	163
11-бөлім. Радиоқабылдағыш құрылғылар.....	169
12-бөлім. Радиоэлектрониканың қолданыс аясы.....	177
12.1. Радиолокация.....	177
12.2. Теледидар аясы.....	180
12.3. Дыбысты жазу және жаңғырту.....	198
12.4. Есептеу техникасы.....	207
12.5. Оптикалық электроника.....	219
12.6. Талшықты-оптикалық тасымалдау жүйелеру.....	231
Әдебиеттер тізімі.....	234

Оқу басылымы

Журавлева Людмила Васильевна

Радиоэлектроника негіздері

Оқулық

5-басылым, толықтырылған және өңделген

Редактор Ә.Қ. Шапауов.

Компьютерлік терілім: Л. М. Беляева

Корректор Е. О. Беркутова

Басылым. № 105107370. Баспаға қол қойылды 23.07.2015. Формат 60 x 90/16.
Гарнитура «Балтика». Офсетті қағаз. Офсетті баспа. Шартты. баспа. б. 15,0.
Тираж 1 000 экз. Тапсырыс №

ООО «Академия» Баспа орталығы . www.academia-moscow.ru 129085,
Москва, пр-т Мира, 101В, бет. 1.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16679 от
25.05.2015.

Ульяновск Баспа үйінде басылды