

В.И. КАГАНОВ

ҚОЛДАНБАЛЫ ЭЛЕКТРОНИКА

ОҚУЛЫҚ

«Компьютерлік жүйелер мен жинақтар» мамандығы бойынша орта кәсіптік білім беру ұйымдарында білім алатын студенттерге арналған оқулық ретінде «СТАНКИИ» Мәскеу мемлекеттік технологиялық университеті Жоғарғы кәсіптік білім берудің Федералды мемлекеттік ақылы білім беру ұйымымен ҰСЫНЫЛҒАН

*Пікірді тіркеу нөмері 433
20 қазан 2014 ж.*



«Академия» баспа орталығы
Мәскеу, 2015

ӘОЖ 621.38(075.32)

КБЖ 32.85ші723

К129

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

Пікір беруші —

Мәскеу мемлекеттік индустриялау университетінің ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры, техника ғылымдарының докторы О. П. Новожилов

К129 Қолданбалы электроника: кәсіптік білім беру ұйымдарында білім алатын студенттерге арналған оқулық / В.И.Каганов. — М.: «Академия» баспа орталығы, 2015. — 240 б.

ISBN 978-601-333-267-3 (каз.)

ISBN 978-5-4468-0933-2 (рус.)

Оқулық «Компьютерлік жүйелер және жиынтықтар» ББ «Қолданбалы электроника» мамандықтары бойынша орта кәсіптік білім берудің Федералды мемлекеттік білім беру стандарттарына сәйкес әзірленген.

Электронды құралдардың және аналогтық, сандық, электрондық құрылғылардың негізгі түрлерінің сипаттамалары мен жұмыс жасаудың негізгі қағидалары көрсетілген. Микроэлектрониканың, оптоэлектрониканың және акустоэлектрониканың негіздері қарастырылған. Техниканың әртүрлі салаларында модем контролер мен микропроцессорды қолдану мысалдары келтірілген.

Орта кәсіптік білім беру ұйымдарының студенттеріне арналған.

ӘОЖ 621.38(075.32)

КБЖ 32.85ші723

© Каганов В.И., 2015

© «Академия оқу-баспала орталығы, 2015 ж.

© Әрлеуі «Академия» баспа орталығы, 2015 ж.

ISBN 978-601-333-267-3 (каз.)

ISBN 978-5-4468-0933-2 (рус.)

Аталмыш оқулық «Компьютерлік жүйелер мен комплекстер», ББ.03 «Қолданбалы электроника» мамандығына арналған оқу-әдістемелік жиынтықтың құрамдас бөлігі болып табылады.

Оқулық ББ.03 «Қолданбалы электроника» атты жалпы кәсіптік пәндерді оқытуға арналған.

Жаңа заманның оқу-әдістемелік жиынтығының құрамы, кәсіби модульдер мен жалпы білім беретін және кәсіптік оқытуды қамтуға мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу әдістемелерін қамтиды. Әрбір жиынтық жалпы және кәсіби құзыреттіліктерін үйренуге қажетті оқыту, бақылау құралдарын және оқулықтарды қамтиды.

Оқу басылымдары электронды білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электрондық ресурстар интерактивті жаттығулар мен тренажерлардың теоретикалық және тәжірибелік модульдерін, ғаламтордағы ресурстар мен қосымша ақпараттарға сілтемелерді қамтиды. Оған терминологиялық сөздік және оқу үрдісінің негізгі параметрлері белгіленетін электрондық журнал кіреді яғни: жұмыс уақыты, бақылау және тәжірибелік тапсырмалардың нәтижесі. Электронды ресурстар оқу үдерісіне оңай енеді және әртүрлі оқу бағдарламаларына бейімделуі мүмкін.

Оқулықта электровакуумды және жартылай өткізгіш құрылғылардың жұмыс істеу принциптері, микроэлектроника, оптоэлектроника және акустоэлектроника негіздері сипатталады, аналогтық, сандық және микротолқынды электронды құрылғылардың қарапайым базасы туралы ақпарат беріледі; микропроцессордың, модемнің және контроллердің жұмыс істеу принциптері және құрылымы қарастырылады; электронды аспаптарды ақпаратты беру, бақылау және ғарыштық бақылау жүйелерінде қолдану мысалдары келтірілген.

Кітаптағы материал электронды құрылғылардың негізгі каскадтары мен одан кейін функционалды аяқталған интегралдық электронды құрылғыларға және әр түрлі мақсаттағы ірі жүйелерде оларды қолдануда элемент базасының негізін құрайтын құрылғылардың жұмысын талдаудан дәйекті өту қағидасына негізделген.

Кітап 14 тараудан тұрады.

1-тарау электрониканың қалыптасуы мен даму тарихын қысқаша сипаттайды, оның негізін қалаушылардың ең ірі ғылыми жаңалықтарын тізеді. Электрондық құрылғылардың физикалық принциптері мен классификациясы, сондай-ақ заряд тасымалдаушы ағындары өзара әрекеттесетін электр және магниттік өрістер туралы негізгі мәліметтері берілген.

2-тарауда аналогтық және цифрлық сигналдардың параметрлері мен сипаттамалары көрсетіліп, электронды құрылғылардың көмегімен генерация, күшейту және конверсиялау жүргізіледі.

3-тарау бірінші буындағы радиоэлектрондық құрылғылардың жұмыс істеуіне негіз болатын жоғары жиілікті және жоғары жиіліктегі электровакуум құрылғыларының жұмысына және параметрлеріне талдау жүргізуге арналған.

Жартылай өткізгіш құрылғылардың физикалық негіздері 4-тараудың мазмұнын құрайды, ол сонымен бірге диодтар мен транзисторлардың дизайны мен сипаттамаларына қатыстырылады. Жартылай өткізгіш электрониканың маңызды түрі микроэлектроникаға 5 – тарау арналды.

Келесі тарауларда электрондық құрылғылардың әртүрлі типтерінің құрылымы мен жұмыс істеуі зерттеледі: аналогтық (6 және 7-тараулар), микротолқынды диапазон (8-тарау) және сандық (9 және 10-тараулар).

Өздігінен дамыған электрониканың екі жаңа бағыты 11-ші тарауда – көрсетілген, оптикалық электроника, ең алдымен, лазерлерге жатады және қатты электрлік акустикалық тербелістердің өзара әрекеттесуіне негізделген акустоэлектрондық құрылғыларды басқару 12 – тарауда көрсетілген.

13 және 14-тарауларда ақпаратты беру, бақылау және ғарыштық мониторинг жүйелерінде электронды құрылғыларды пайдалану мәселелерімен байланысты мәселелерді талқыланады.

Жоғарыда келтірілген мысалдардан шығарар қорытынды аталмыш оқулықтың ерекшеліктеріне төмендегілер жатады:

- заманауи электроника, соның ішінде оптоэлектроника және акустоэлектрониканы дамытудың барлық негізгі бағыттарын кешенді түрде ұсыну;
- микропроцессор, модем және бақылаушы сияқты интегралдық электронды құрылғыларды, әртүрлі техникалық құрылғыларда, таратылатын типтегі ақпараттық қолдау және басқару жүйелерін пайдалану мысалдары; сымсыз қатынау желісінде; зымырандық басқару жүйесінде; автокөлік құралдарын басқару және ұшқышсыз әуе кемелерін басқару үшін спутниктік мониторинг жүйесі;
- бірнеше негізгі электрондық схемаларды талдау кезінде компьютерлік бағдарламаларды пайдалану;
- Электровакуумдық және жартылай өткізгіш құралдардың, бір сызықтық жүйе мен бір сызықтық жүйе емес, жоғарғы және күшті жиіліктегі, аналогтық және цифрлық құрылғылардың жалпылама талдауы;
- Барлық электронды құрылғылардың жұмысына негіз болатын жалпылама заңдылықтарды көрсету.

Келесі физикалық құбылыстарды үйрететін ғылыми-техникалық пән – Электроника деп аталады:

- заряд тасымалдаушы ағынын электр, магниттік және электромагниттік өрістер;
- электрлік тербелістердің акустикалық тербелістермен өзара әрекеттесуі;

- Жоғары қуат пен тар бағыттылықтағы жарық монохроматикалық сәулеленулерді қалыптастыру. Практикалық тұрғыдан алғанда, электроника – аталған құбылыстардың негізінде физикалық заңдарға негізделген көптеген электрондық құрылғылар мен құрылғылардың құрылуымен айналысады.

Осы анықтамаға сүйене отырып, электроника ғылыми жоспарда әртүрлі физикалық табиғатпен материяның өзара байланысын қарастырады; техникалық тұрғыда – жиілікте, қуатта және пішінде ерекшеленетін әртүрлі сигналдарды генерациялауға, күшейтуге және түрлендіруге арналған электрондық құрылғылар мен құрылғылардың алуан түрлерін жасау; қолданбалы-қолданбалы технологиялардың көптеген салаларында оларды кеңінен қолдану.

Жалпы электроника құрылымының бір бөлігі болып табылатын негізгі бағыттарды қарастырамыз.

Электровакуалы жоғары жиілікті электроника. Оның ішінде электромагниттік өріспен электрондардың салыстырмалы түрде қысқа мерзімді өзара әрекеттесуіне негізделген; оған электровакуалды құрылғылар кіреді: триод, тетрод және пентод.

Электровакуум микротолқындығы (микротолқынды) электрлік. Электромагниттік толқындардың электромагниттік өрісімен ұзақ мерзімді өзара әрекеттесуі негізі болып табылады; бұл электровакуалды қондырғыларды қамтиды: қозғалыстағы толқынды түтік, кистрон, магнетрон, амплотрон және гиротрон.

Жартылай өткізгіш электроника. Электромагниттік өрісі бар электрондардың және оң зарядтардың (басқаша «тесіктер») өзара әрекеттесуіне негізделген; ол түрлі жартылай өткізгіш аспаптарды қамтиды: диод және транзистор. Жартылай өткізгіш электроника.

Электромагниттік өрісі бар электрондардың және оң зарядтардың (басқаша «тесіктер») өзара әрекеттесуіне негізделген; ол түрлі жартылай өткізгіш аспаптарды қамтиды: диод және транзистор.

Плазма электроникасы. Газды ағызу құрылғыларының жұмысын зерттейді және шығарылған газды ағызу кезінде электр тогының өтуі кезінде физикалық процестерді зерттейді. Плазма электроникасы – газды ағызу құрылғыларының жұмысын зерттейді және шығарылған газды ағызу кезінде электр тогының өтуі кезінде физикалық процестерді зерттейді.

Микроэлектроника. Ол жартылай өткізгіш материалдың кристалы болып табылатын интегралдық микрокрассаларға (IMS) негізделген, оның үстіне және бетінде көптеген р-п-қосылыстары мен бірге байланыстырылған басқа да элементтер пайда болады, олар бірге функционалды түрде толыққанды құрылғы болып табылады.

Оптоэлектроника. Басқа атау – кванттық электроника. Ол энергияның күшті және тар бағыттылығындағы ауытқулардың оптикалық диапазонында индуцирленген, үйлестірілген радиацияны зерттейді. Оптикалық сәуле шығарудың әр түрлі физикалық табиғатымен өзара әрекеттесуіне негізделген оптикалық кванттық генераторларды (лазерлерді) және электронды құрылғыларды дамыту.

Акустоэлектроника. Ол электрлі және акустикалық тербелістердің қатты күйде өзара әрекеттесуін зерттейді. Өртүрлі мақсаттарда акустоэлектронды құрылғылар әзірлеу. Жоғарыда айтылғандарды басшылыққа ала отырып, біз «Қолданбалы электроника» пәні бойынша оқытылатын мәселелер мен тақырыптардың тізімін анықтаймыз. Қабылдау және өңдеу және түрлі бақылау сигналдарды объектілерін қалыптастыру мен беру үшін арналған құрылғылар мен В сабақтарының пайдаланылатын электрондық құрылғылар. Электронды құрылғылар, бейнелеп айтқанда, «қызмет етеді» сигналдар. Сондықтан, соңғы екі маңызды нысандарын қарастыру қажет: аналогтық (үздіксіз) және сандық. жоғары жиілікті және микротолқынды және жартылай өткізгішті – биполярлы және өрістік, сондай-ақ олардың аналогтық және цифрлық құрылғылардың негізінде салынған жұмысты одан әрі іс-қимыл электронды вакуумдық құрылғыларын принципі және құрылғысы төрт ең ауқымды сыныптар тексеруге тиіс.

Аналогтық сигналдарды күшейту және түрлендіру кезінде электронды құрылғылардың екі режимі жұмыс істейді: сызықты, онда толқындар іс жүзінде өзгермейді және сигнал құрылымы өзгеретін сызықты емес. Тиісінше, электронды аналогты желілік және сызықты емес құрылғылардың мақсаты мен жұмысын қарастырған жөн, ал басқа үлкен топ сандық электронды құрылғылардан, яғни цифрлық сигналдармен жұмыс істеуге арналған. Мұнда әртүрлі негізгі сандық элементтердің схемаларын және жалпы қолданудың функционалды аяқталған сандық құрылғыларының жұмыс істеу принципін қарастырған жөн: микропроцессор, контроллер және модем. Сондай-ақ кейбір негізгі электрондық компоненттердің жұмысын талдау үшін компьютерлік бағдарламалармен танысу маңызды. Аналогтық сигналдарды күшейту және түрлендіру кезінде электронды құрылғылардың екі режимі жұмыс істейді: сызықты, онда толқындар іс жүзінде өзгермейді және сигнал құрылымы өзгеретін сызықты емес. Тиісінше, электронды аналогты желілік және сызықты емес құрылғылардың мақсаты мен жұмысын қарастырған жөн, ал басқа үлкен топ сандық электронды құрылғылардан, яғни цифрлық сигналдармен жұмыс істеуге арналған. Мұнда әртүрлі негізгі сандық элементтердің схемаларын және жалпы қолданудың функционалды аяқталған сандық құрылғыларының жұмыс істеу принципін қарастырған жөн: микропроцессор, контроллер және модем. Сондай-ақ кейбір негізгі электрондық компоненттердің жұмысын талдау үшін компьютерлік бағдарламалармен танысу маңызды.

Электронды құрылғылардың жұмысын өз бетімен зерттеуге болмайтынын атап өткен жөн, оларды әртүрлі құрылғыларда қолдану қажет: өзін-өзі қоздыратын генераторлар, күшейткіштер, түзеткіштер, сүзгілер және түрлі белгілердің цифрлық тізбектері. Электрониканың үш негізгі бағыттары бойынша: микроэлектроника, оптоэлектроника және акустоэлектроника, көптеген кеңінен қолданылатын электрондық құрылғылар. Олардың жұмысы мен құрылғының принципі «Электроника» курсына да зерттеледі. Компьютерлік технологиялар, космонавтика, автомобиль өнеркәсібі, машина құрастыру және т.б. сияқты салалардың дамуы олардың әртүрлі электрондық құрылғыларын пайдалану арқылы ғана мүмкін болды. Әскери техникадағы электрониканың рөлі өте маңызды. Сондықтан әртүрлі техникалық өнімдер мен жүйелерде оларды қолданудың нақты мысалдарын қарастыру қажет. Жалпы қолданылған аяқталған цифрлық құрылғылар: микропроцессор, контроллер және модем. Сондай-ақ кейбір негізгі электрондық компоненттердің жұмысын талдау үшін компьютерлік бағдарламалармен танысу маңызды.

Электронды құрылғылардың жұмысын өз бетімен зерттеуге болмайтынын атап өткен жөн, әртүрлі мақсаттар үшін олардың әртүрлі құрылғылары: автогенераторлар, күшейткіштер, түзеткіштер, сүзгілер және цифрлық тізбектерді қолдануды қарастырған жөн. Электрониканың үш негізгі бағыттары бойынша: микроэлектроника, оптоэлектроника және акустоэлектроника, көптеген кеңінен қолданылатын электрондық құрылғылар. Олардың жұмысы мен құрылғының принципі «Электроника» курсында да зерттеледі. Компьютерлік технологиялар, космонавтика, автомобиль өнеркәсібі, машина құрастыру және т.б. сияқты салалардың дамуы олардың әртүрлі электрондық құрылғыларын пайдалану арқылы ғана мүмкін болды. Әскери техникадағы электрониканың рөлі өте маңызды. Сондықтан әртүрлі техникалық өнімдер мен жүйелерде оларды қолданудың нақты мысалдарын қарастыру қажет.

«ЭЛЕКТРОНИКА» ҒЫЛЫМ ӘЛЕМІ

1.1. ЭЛЕКТРОНИКА ТАРИХЫНА ҚЫСҚАША ШОЛУ

Электрониканың қазіргі заманғы көздерден дамуын мұқият талдап, оның дамуының бес негізгі кезеңін ажыратуға болады.

1 кезең – шам. Алғаш рет әзірленген электровакуалды құрылғылар, радиотехникалық құрылғылар, радиоқабылдағыштар және радио таратқыштар құрылды, ал электроника радиотехникамен тығыз қарым-қатынаста радиоэлектроника ретінде белгілі болды.

Вакуумдағы ағымды алғаш рет 1883 жылы американдық Т.Э. Эдисон ойлап тапқан. Кейінірек анод деп аталатын жарықтандырғыш шамның ішіндегі суық электродты орналастыру арқылы Эдисон ағымды ағынды анодқа дейін бір жақты өтуін анықтады. Дегенмен, ғалым Эдисонның эффектісі деп аталатын ашылуына үлкен мән бермеді. Бұл нәтиже 1904 жылы вакуумдық диод деп аталатын алғашқы екі-электродты вакуумдық түтікті, құрылған ағылшын инженері Джон. А. Флеминг, мүдделі болды. Мұндай диодтың кеңінен алды жоғары жиілікті сигнал берілетін хабарды бөлуге мүмкіндік беретін, детектормен, бір бағытта Айнымалы ток ретінде Радиоқабылдағыштар қолданылған.

Екі жылдан кейін, 1906 жылы, американдық ғалым Ли Де Форд, катодты және анод арасында вакуумдық диодтың үшінші электродын басқарушы тор деп атаған, үш электродтық электровакуалды құрылғы - триодты ойлап тапты. Үшінші электродты құрылғыға енгізу арқасында тор мен катод арасындағы кернеуді өзгерту арқылы анодтың токін басқаруға мүмкіндік болды. Орман – 100 Вт күші бар, екі шамлы радиоқабылдағышты алып, бірнеше жүз километр радиуста радиобайланысты өткізетін түтік түріндегі радиоқабылдағышты алғаш дамытты. Неміс ғалымы А. Мейснера – бірінші вакуумды құбырлы осциллятор әзірледі. Осылайша Радиоэлектроника дамыту «түтік» кезеңі басталды. Транзисторлар кейін екі (tetrode) және үш (pentode) торлар, сондай-ақ кеңінен құрылғыларды қабылдау және беру радио пайдаланылады электрондық құрылғылар, басқа да түрлері бар құрылғыны құру болды. Электроника дамыту 1895, 7 мамыр басынан бастап өлшенеді радио технологиясы, тығыз байланысты. Бұл күні, Санкт-Петербург университетінде өткен физикалық ресейлік қоғамның физикалық бөлу, отырысында, орыс ғалымы Александр Попов ол дауыл индикаторы деп аталатын «электр ауытқуына металл ұнтақтарын қатысты туралы» баяндама және сезімтал радио қабылдағышты алғаш көрсеткен, жасалған. Радиоқабылдағыш өзгертілген Герц генераторы шығаратын тербелістерді алды. Кезекті кездесуге қатысушылар А.Поповтың сөзін келесі сөздермен аяқтады: *«Қорытындылай келе, менің құрылғым одан әрі жетілдіру арқылы жылдам электрлік тербелістер арқылы қашықтықтан сигналдарды беру үшін қолданыла алады деп үміттенемін»*. А.Поповтың баяндамасы мен экспериментін сипаттайтын маңызды кездесулер туралы баяндама 1895 жылдың тамызында және 1896 жылдың қаңтарында қоғамның журналында жарияланды. 1896 жылдың 24 наурызында сол қоғамның мәжілісінде А. Попов өзі құрған ұшқын радиосының таратқышын көрсетті, бір ғимараттан 250 метрге дейінгі арақашықтықты басқа Морзе коды – әлемдегі бірінші радио телеграмма, ол оны жетілдірген радиоқабылдағышқа жалғанған телеграф лентасына жазады. Кейбір деректерге сәйкес, алынған радио-телеграмманың мәтіні қысқаша «ГЕНРИХ ГЕРЦ» деп аталды. Бұл жеделхатпен Попов неміс ғалымына алғаш рет электромагниттік толқындарды жарық жылдамдығымен бос кеңістікте тарату мүмкіндігін растады. Бұл жеделхатпен Попов неміс ғалымына алғаш рет электромагниттік толқындарды жарық жылдамдығымен бос кеңістікте тарату мүмкіндігін растады. Радионың тағы бір құрушысы – итальяндық өнертапқыш Г. Маркони. 1894 жылы сымсыз сигналдарды беру бойынша эксперименттерді бастаған ол өзінің құрылғысын үнемі жетілдіріп, 1901 жылы алғаш рет Атлант мұхиты бойынша Еуропа мен Америка арасындағы радио байланысын

орнатқан. 1912 жылы Маркони құрылғылары арқасында, «SOS» сигнализациясын жіберген апатқа ұшыраған «Титаник» кемесінен жүздеген адам құтқарылды. Радио өнертабысы үшін Г. Маркони 1909 жылы физика бойынша Нобель сыйлығымен марапатталды. Электровакуалды құрылғылардың дамуы екі негізгі бағытта жүрді: жиілік диапазонын көбейту және генерацияланған сигналдардың қуатын арттыру. Уақыт өте келе, металл-керамикалық триодтар мен тетродтар бірнеше гигахерттің сигналдар жиілігін арттыруға мүмкіндік берді. 100 МГц жиіліктегі генераторлық түтіктердің қуаты алғаш рет ондағанға, одан кейін бірнеше жүз киловаттқа дейін өсті.

Ресейде бірінші этапта жоғары қуатты электровакуалды қондырғыларды құруға ең үлкен үлес қосқан Михаэль Бонч-Брювич басқаратын Нижегород радиобағдарламасы жасалды. 2 этап – XX ғасырдың 30-шы жылдарында микротолқынды электровакуумдық құрылғылар құрылды. Радиолокациялық станцияның дамуы қуатты электровакуалды құрылғылардың микротолқынды диапазонында құруды талап етті. Кәдімгі лампалар (триодтар мен тетродтар) осы тапсырманы жеңе алмады, өйткені катодта анодқа дейінгі шамның электрондарының ұшу уақыты ұзағырақ болғандығы. Бұл физикалық кедергілерді еңсеру электромагниттік өріспен электронды ағынның ұзақ мерзімді өзара әрекеттесуіне негізделген жаңа электровакуалды құрылғылар - клистондар, толқынды түтіктер мен магнетронды жасау арқылы қол жеткізілді.

Электрондық ағынды жылдамдықпен модуляциялау туралы және электрондардың топыраққа біріктіру туралы алғашқы идеясы 1932 жылы ірі ресейлік физик Д.А. Рожанский тарапынан көрсетілген.

Алайда 1938 жылы бұл идеяны жүзеге асырған алғашқы американдық физиктер В Хан және Г. Меткалф, ол тікелей жұмыс істейтін тікұшақты әзірледі.

Алғашқы 1936 жылы американдық инженер А.Гаев тұзақты электромагниттік толқындардың электронды сәуленің өзара әрекет ету идеясы болып табылады. 1943 жылы алғаш рет қолданыстағы ТВТ-ны Р.Комфнер құрды және 1947 жылы оның жұмыс теориясын АҚШ азаматтары Дж.Пайстер дәлелдеді. 1921 жылы американдық физик А. Хэллом алғаш рет магнетронға қатысты теориялық және тәжірибелік зерттеулер жариялады. Ол осы құрылғыға «М» әрпін берді. 1928 жылы ол құрылғының өнеркәсіптік үлгісін жасады. Электрониканы дамытудың тағы бір қадамы 1924 жылы Чехияның физик-ғалымы А.Жачектің өнертабысына патент алған ДЦВ диапазонындағы магнетронды жасау болды.

Алайда, 1936-1937 жж. «М» типті құрал құруға шешуші үлес. ресей инженерлері Н.Ф. Алексеев және Д.Е. Малыров, олар алғашқылардың бірі

болып многоренонаторлық магнетронды құрды, ол құрылғының қуатын екі рет күшейтуге мүмкіндік берді. 1940 жылы Техникалық физика журналы ұсынған магнетрон өнертапқыштары әзірлеген уақытта, осы уақытқа дейін - 300 Вт толқын ұзындығы 9 см-дегі керемет параметрлері болған. Мұндай многотонаторлық магнетронды өнертабыспен сантиметр ауқымында радиолокациялық станцияларды құрудың нақты мүмкіндіктері

3 кезең - жартылай өткізгіш. Осы кезеңді қарқынды дамыту үш электрод жартылай өткізгіш құрылғы – транзистордың өнертабысымен байланысты. «Транзистор» сөзі екі ағылшын сөзінің біріктіруінің нәтижесінде пайда болды: трансфер-көшіру, беру және резистор – резистор, қарсылық. Екі электродтық жартылай өткізгіш құрылғылар – диодтар транзисторлар жасаудан бұрын белгілі болғанымен, радиоэлектроникада техникалық революция жасаған соңғы адамдар болды, өйткені олар радио сигналдарды генерациялауға, күшейтуге, радио сигналдарды түрлендіруге және радиотехникалық құрылғыларға тән басқа да көптеген функцияларды орындауға мүмкіндік берді.

Бірінші жартылай өткізгіш диодты 1906 жылы кейбір кристалдардың бірқалыпты өткізгіштігін тапқан неміс физик К.Ф. Браун ойлап тапты. Бұл ашу алғашқы радио қабылдағыштарда – көгерердің ең сенімсіз элементін алмастыратын кристалдық детекторды жасауға мүмкіндік берді. 1909 жылы Г. Марконимен бірге К. Браун физика бойынша Нобель сыйлығына ие болды.

Жартылай өткізгіш құрылымдарда жүретін физикалық процестерді зерттеуге Ресей ғалымы Академик А.Ф. Иофпенің ерекше көңіл бөлінді. Транзистор өнертабысының тарихын қысқаша қарастырайық. Зерттеулердің алғашқы қадамы – басқа элементтердің атомдарын қосу (допинг) арқылы жартылай өткізгіш кристалдардың – германий мен кремнийдің өткізгіштігін бақылауға мүмкіндік беретін әдістер табылды. Осылайша, допинг кезінде германийдің электрондық өткізгіштігін алу үшін, мысалы, сурьма және фосфор пайдаланылды, ал индия мен галлий тесік ретінде пайдаланылды.

Ұзақ уақыт бойы түтік триоды тәрізді жоғары жиілікті сигналды күшейтуге және генерациялауға жарамды жартылай өткізгіш құрылғыдағы электронды тесік түйіндерінің негізінде құрудың екінші қадамын жасау мүмкін емес.

1945 жылы американдық Bell Labs фирмасында Уильям Шокли бастаған жартылай өткізгіш материалдардың физикалық қасиеттерін зерделеу үшін зерттеу тобы құрылды, оның алдында ол жартылай өткізгіш құрылғыларда күшейткіш жасауды тапсырды.

1947 жылы алғаш рет осы мәселе бойынша У. Брэттейн мен Дж. Бірнеше айдан кейін оларды планерлі транзисторлар жасаған Шокли тобының басшысы басқарды.

1950 жылы Шокли «Жартылай өткізгіштердегі электрондар мен тесіктер» монографиясын шығарды, ол жартылай өткізгіш техника саласындағы зерттеушілерге арналған анықтамалық болды. 1956 жылы алғашқы транзисторды құрушылар (американдық ғалымдар В. Шокли, В.Браттейн және Дж. Барден) физика бойынша Нобель сыйлығына ие болды.

Осы сәттен бастап жартылай өткізгіш электрониканың қарқынды дамуы екі бағытқа бөлінді. Олардың біреуі транзисторлардың, диодтың, тиристордың, варикаптардың және басқа жартылай өткізгіш құрылғылардың жиілігі, күші мен мақсаттарының көп болуын қамтамасыз етті. Екінші бағыт микроэлектроникаға айналды.

4 этап – микроэлектроника. Осы кезеңді дамытудағы шешуші кадам кристалдану бетіндегі кремний диоксиді жұқа пленка түрінде сенімді изоляторды өндірудің маңызды элементі болып табылатын кремнийге қатысты пленарлы технологияны құру болды. Нәтижесінде кремний кристалының беткі қабатында өзара байланысты микроскопиялық транзисторлардың көп санын құруға және екі әдісті (фотолитография және диффузия) пайдалану арқылы интегралды схемаларды құруға болады. Алғашқы кезеңде мұндай схемалар ондаған электронды тесіктерді санап шықты. Қазіргі уақытта Кристалл бетінде бірнеше миллион миллиметрден артық емес миллионға дейінгі транзисторларға дейін үлкен (LSI) және ультра үлкен интегралды схемалар шығарылады. 3 және 4 кезеңдермен бір мезгілде радиотехникада түбегейлі өзгерістер болды, олардың көпшілігі жартылай өткізгіш құрылғыларға айналды.

5 саты – оптоэлектроника және акустелектроника. Электрониканың айырықша ерекшелігі оның басынан бастап басқа ғылыми пәндермен тығыз өзара әрекеттесуі болды: алдымен радиоэлектроника пайда болды; кейін жартылай өткізгіш құрылғылар – қатты электронды электроника, кейінірек электроника интерфейсінде оптикалық сәулелену – оптоэлектроника және электр және акустикалық сигналдардың өзара әрекеттесуі – акустелектроника.

Оптоэлектрониканы қалыптастыруға шешуші үлес қосқан ресейлік ғалымдар, академиктер А.М. Прохоров, Н.Г.Басов және американдық ғалым Х.Х. 1964 жылы Нобель сыйлығымен оптикалық кванттық генераторды (лазер) жасау үшін марапатталды. Екіншіден, екі жақты гетероструктурасы бар жартылай өткізгіш диодқа негізделген лазердің өнертабысы маңызды болды, оған Ресей академиктері Ж.И. Алферов пен американдық ғалым Г.Кремер, сондай-ақ Д.Килби, интегралдық микроскоптың өнертабысы үшін Нобель сыйлығы берілді. 2000 жылы физика саласында

Акустоэлектрониканы қалыптастыру мен дамытуда, акустомагнитоэлектрлік әсерді анықтауда академик Ю.В. Гуляевтың рөлін ерекше.

1.2. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР ЖӘНЕ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ КЛАССИФИКАТЫ

Электроника өнеркәсібі көптеген электронды құрылғылар мен функционалды толық электрондық құрылғылар шығарады. Олар бірнеше негізде жіктеледі.

Бірінші белгі электрлік, магниттік немесе электромагниттік өрістермен өзара әрекеттесіп жүретін заряд тасымалдаушылардың ағымы қозғалатын ортаға қатысты.

- Әр түрлі физикалық табиғат өрістерімен заряд тасымалдаушысының зарядының (электрондар, ең алдымен оларға тиесілі) зарядтарының өзара әрекеттесу түріне байланысты келесі электронды құрылғылар бөлінеді:
- *Electrovacuum*, онда электрондар терең вакуумда қозғалады;
- жартылай өткізгіш (жартылай өткізгіш), онда заряд тасымалдаушылары (электрондар және оң заряддар, абсолютті электрон зарядының тендеуі және тесік деп аталатын оң заряд) жартылай өткізгіш материалдарда қозғалады;
- заряд тасымалдаушылардың газ тәрізді ортада қозғалатын газ шығуы немесе плазмасы деп аталады.

Жекелеген топтарда оптоэлектрондық және акустоэлектрондық құрылғыларды бөлу қажет.

Екінші ерекшелігі электрондық құрылғылардың немесе құрылғылардың электроника секцияларының біріне тиесілі: микроэлектроника, сондай-ақ қатты күй немесе жартылай өткізгіш электроника деп аталады, микроскопиялық, жартылай өткізгіш және микрометрлермен өлшенген және бір-бірімен байланысқан басқа компоненттер бір ортақ субстратта орналасқанда; оптикалық сәулеленудің өрістермен және физикалық әртүрлі сигналдармен өзара іс-қимылында оптоэлектроника;

- акустикалық өрістермен электромагниттік ауытқулардың өзара әрекеттесуінде акустеэлектроника;
- газды ағызу құрылғыларының жұмысын үйлестіретін плазмалық

электроника.

Ең алдымен интегралды схемалар қамтиды, арсенид галлий немесе басқа жартылай өткізгіш материал тиелген және P-N тораптары мен компоненттері ретінде өзара байланысты элементтердің үлкен санын қалыптасатын бетіндегі, өкілдік-кристалды кремний құрайды. жылы-интеграл фишкалар пайдалану электронды есептеуіш жүйелерді (мысалы, микропроцессорлық және контроллер) немесе толық радиоэлектрондық құрылғылардың (мысалы, қабылдағыш, таратқыш және электрмен жабдықтау жиілік синтезатор) бүкіл блоктар болып табылады. Көптеген плазмалық құрылғылардың жартылай өткізгіш электроникадағы сенімді және ұзаққа ұқсас аналогтары бар екенін атап өткен жөн. Осылайша, тиратронның тиристор сияқты аналогы бар.

■ плазмалық қондырғылардан тек газ лазері төменде қарастырылады.

Үшінші белгі электронды құрылғының технологиясы мен пайда болуымен анықталады. Мұнда:

■ функционалды аяқталған электрондық құрылғылардың (электр аппараттары, транзисторлар, диодтар, сондай-ақ резисторлар, конденсаторлар, индукторлар, трансформаторлар және басқа да элементтер) белгілі бір санын жалпы жобалау шеңберінде құрастыру және қосу кезінде көлемдік типтегі электрондық құрылғылар; интеграцияланған электронды құрылғылар – электронды және басқа компоненттер жиынтығы түрінде жасалған жалпы технология бойынша бір схемада байланысқан, олардың саны бір миллионға жетуі мүмкін;

■ интеграциялық-гибридті электронды құрылғылар, онда кейбір элементтер интеграцияланған технология көмегімен жасалады, ал басқалары (мысалы, күшті транзисторлар) оларды бөлек элементтер ретінде біріктіреді.

Төртінші функция электронды құрылғы басқару және түрлендіру үшін арналған толқынды формамен байланысты. Еске сала кетейік, сигналдардың мынадай түрлері бар: аналогтық немесе үздіксіз, импульстік және сандық.

Осыған байланысты аналогты, импульстік және цифрлық электронды құрылғыларды ажыратуға болады.

Бесінші атрибут электронды құрылғының функционалды мақсаты, яғни осы құрылғыдағы сигналдың нақты түрлендірілуі мен өңделуіне байланысты айқындалады. Мұнда электрондық құрылғылардың мынадай түрлері бар

Автоматты генераторлар деп аталатын сигналдық генераторлар, әртүрлі жиілік ауқымында, микротолқын жиілігіне дейін;

■ электрмен сигналдарды күшейтуге арналған сыртқы қозғаумен генераторлар;

■ кішігірім амплитудасының сигналдарымен жұмыс істейтін шағын шуыл күшейткіштері, микроволттың фракцияларына дейін өлшенеді; сигналдардың көбейткіштері мен жиіліктік түрлендіргіштері; модуляторлар және демодуляторлар, бір сигналды басқа жерге көшіруді жүзеге асырады және сигналдар қоспасынан қажетті тербелісті бөлудің кері операциясы;

■ логикалық операцияларды және әртүрлі математикалық есептеулерді екілік сандармен, соның ішінде жиынтықтау және азайту, дифференциациялау және біріктіруді жүзеге асыратын цифрлық құрылғылар;

Уақытша жылжу сияқты уақытша сипаттарды орындайтын құрылғылар;

сигнал құрылымын өзгертетін құрылғылар: аналогты сигналды аналогтық, кодтау және декодтауға, шифрлауға және шифрлеуге сандық және сандық түрлендіру.

Келесі тараулар осы жіктеуде ұсынылған электронды құрылғылар мен құрылғылардың жұмысын талқылайды.

1.3. ЭЛЕКТРОНИКА ҚАЗІРГІ ИНЖИНИРИНГІНІҢ КОМПОНЕНТТІК БӨЛІМІ

Тұрмыстық техникалардан микротолқынды пештерден, ғарыш аппараттарына, ұшақтарға, автомобильдерге және зымырандарға қарсы жүйелерге дейінгі электрондық компоненттер мен құрылғыларсыз заманауи техникалық өнім шығарылмайды.

Радиотехника, авиация және өнеркәсіп өнімдеріндегі электронды құрылғыларды кеңінен қолдану радиоэлектроника, авионика және өнеркәсіптік электроника секілді ғылыми-техникалық салалардың қалыптасуына негіз болды. Электроника болмаса, компьютерлік техника, ғарыштық ізденіс, автокөлік, машина құрылысы сияқты салаларды дамыту мүмкін емес еді.

Әскери техникадағы электрониканың рөлі өте маңызды. Мысалы, зениттік зымырандық жүйелердің жұмыс істейтін және жоғары құндылықтары – заманауи әуе шабуылына және зымыранға қарсы қорғаныстың негізі – оларда электронды құрылғыларды пайдалану арқылы ғана мүмкін. Қарудың жаңа түрлерін құру, дәлірек қару мен ұшқышсыз әуе көліктері сияқты, электроника жетістіктеріне негізделген

Электроника тығыз өзара әрекеттеседі және газдардың молекулалық-кинетикалық теориясы, қатты дене физикасы және

жартылай өткізгіш материалдар, оптика және акустика секілді ғылыми дисциплиналарға сүйенеді. Осы пәндермен электроника интерфейсінде микроэлектроника, оптоэлектроника және акустоэлектроника сияқты ғылыми бағыттар пайда болды және қалыптасты.

Радиотехникадағы және басқа да көптеген технологиялық салаларда, оның ішінде авиация мен ғарышты зерттеуде прогресс электроникадағы қол жеткізілген нәтижелермен тікелей байланысты деп дәлелдеуге болады. Осылайша, электромагниттік құрылғылардың өнертабысы арқасында, жиілікте жоғары тұрақсыз тербелістерді тудыратын түтік шамдарына жетілмеген ұшқын радиомераторларынан көшу мүмкін болды. Соңғысының көмегімен түбегейлі жаңа радиоқабылдағыштар да пайда болды. Жартылай өткізгіш аспаптар мен интеграцияланған микросхемалар пайда болуы бізге параметрлерін түбегейлі жақсартуға мүмкіндік берді, радиотехникалық құрылғылардың құрылымын және сыртқы түрін өзгертуге, олар миниатюрленген, берік және сенімді жұмыс істеді.

Сонымен қатар, радиотехниканың қажеттіліктері электронды құрылғылардың жаңа түрлерін жасау үшін қуатты ынталандыру болды, мысалы радиотехника және теледидар сияқты радиотехника сияқты үрдістердің пайда болуы микротолқынды диапазонда – магнетрондар, клистондар мен жол серіппелерінде түбегейлі жаңа микротолқынды құрылғыларды құруға әкелді. Толқын, сенімділік, ұзақ мерзімділік және радиотехникалық құрылғылардың көлемін азайту ниеті – транзисторлар жасау. Электроника мен радиотехника сияқты тығыз өзара әрекеттесудің мысалдары жалғасуы мүмкін. Бейнелеп айтқанда, электроника радиотехника және басқа да көптеген технологиялық салалар үшін «локомотивтің» бір түрі болды.

1.4. ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ МАГНИТТІК ӨРІСТЕР

Жоғарыда айтылғандай, электроника негізі заряд тасымалдаушылардың, бірінші кезекте электрондардың, физикалық табиғаттың өрістерімен, оның ішінде электрлік және магниттік өзара әрекеттестігі. Сондықтан осы өрістердің негізгі қасиеттері мен параметрлерін қарастырамыз. Электр өрісі стационарлық және қозғалыстағы электрлік зарядтардың, магнит өрісінің – қозғалыстағы ғана жұмыс істейді. Осы өрістердің жағында электр заряды бойынша әрекет ететін күштер бағдарлы болып табылады және сондықтан векторлар арқылы сипатталуы мүмкін. Естеріңізге сала кетейік, математикада вектор белгілі бір ұзындық пен бағытқа ие сегмент деп

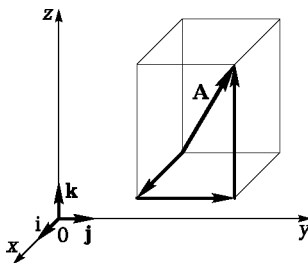
аталады. Үш өлшемді, Декарттық координат жүйесінде вектор $0x, 0y, 0z$ осінде 3 проекциямен сипатталады (1.1-сурет):

$$A(x, y, z) = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}, \quad (1.1)$$

$\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ - осьтер бойымен бірлік векторлары (бірлік); a_x, a_y, a_z - скаляр, тік бұрышты Cartesian координаты A векторлары болып табылады, олар осы вектордың проекциясы координат осіне $0x, 0y, 0z$.

Векторлардың жиынтығы векторлық өрісті қалыптастырады, ол графикалық түрде күш-кеңістіктік қисық сызықтары арқылы бейнеленген, әр нүктесінде вектор ауытқымалы бойымен бағытталған. Скалярлық өріс тек кейбір жазықтықтар үшін анықталған, тегіс деп аталады. Кез-келген уақыт кезіндегі кез-келген нүктесінде электр өрісі екі вектормен сипатталады $\mathbf{E}$ - электр өрісінің кернеулігі.

Сурет. 1.1. Үшөлшемді кеңістіктегі вектор



V/m ; D — электрлік ығысу (немесе электрлік индукция), $Кл/м^2$.

Электр өрісіне ұқсас магнит өрісі H сипатталады. Магниттік өрістің кернеулігі A/m , и B — магниттік индукция, Тл.

Бірліктер жүйесінде қабылданған белгілерді береміз СИ: V — вольт; m — метр; $Кл$ — кулон, $1 Кл = 1 А \cdot 1 с$; A — ампер; c — секунда; Тл — тесла, $1 Тл = 1 В \cdot 1 с / 1 м^2$; Гн — генри, $1 Гн = 1 В \cdot 1 с / 1 А$.

Электр өрісінің өзгермейтін қасиеттері бар ортадағы параметрлері өзара байланысқа байланысты

$$D = \epsilon_M \epsilon_0 E = \epsilon E, \quad (1.2)$$

ϵ_M — Ортаның салыстырмалы электрлік тұрақты, вакуумда $\epsilon_M = 1$; ϵ_0 — электрлік тұрақты, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} Кл/(В \cdot м)$; ϵ — абсолютті электрлік тұрақты, $\epsilon = \epsilon_M \epsilon_0$.

Магнит өрісінің өзгермейтін қасиеттері бар ортадағы параметрлері келесі қатынастар арқылы бір-бірімен байланысты:

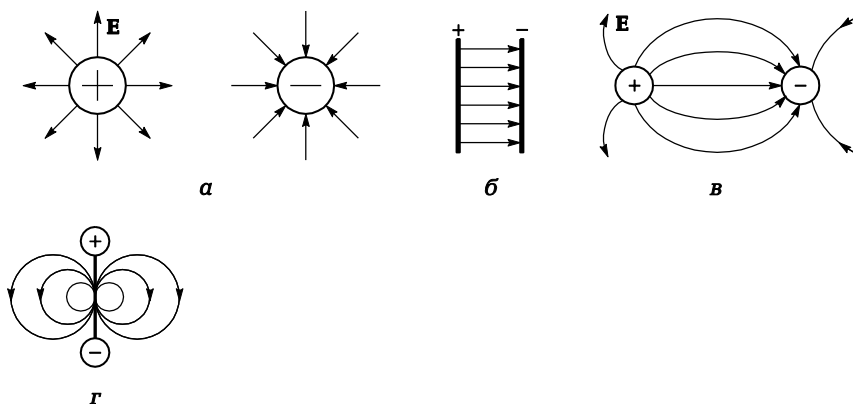
$$B = \mu_M \mu_0 H = \mu H, \quad (1.3)$$

μ_M — ортадағы салыстырмалы магниттік тұрақты, вакуумда $\mu_M = 1$; μ_0 — магнитті тұрақты, $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} Гн/м$; μ — абсолютті магнитті орта тұрақты, $\mu = \mu_M \mu_0$.

Төрт вектордың әрқайсысы: **D**, **E**, **B**, **H** — Өрістің еркін нүктесінде $M(x, y, z)$ үш координатпен анықталады (1.1-суретті қараңыз) және уақыт t_k . Эксперименттердің нәтижелері электрлік және магнит өрістерімен байланысты заңдылықтарды белгілеуге және олардың арасындағы жалғыз электромагниттік өріс түрінде байланыс орнатуға мүмкіндік берді. Бұл өрістерде **E** векторының сызықтары электр күштері деп аталады, ал **H** векторының сызықтары магнит сызықтары деп аталады. Электрлік және магниттік өрістердің бірнеше мысалын қарастырайық.

Тұрақты зарядтардың электр өрісі. Мұндай өріс электростатикалық болып табылады, яғни уақыт бойынша өзгермейді.

Бір оң және теріс зарядтың электростатикалық өрісі күріш. 1.2, а. Мұндай өрістің қарқындылығының сандық мәні мыналармен берілген:



$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (1.4)$$

q — заряд, Кл; r — өрістің зерттелетін нүктесіне дейінгі қашықтық, м әр түрлі полярлықты зарядтаумен екі тегіс металл пластиналар арасындағы электростатикалық өріс. 1.2, б.

Біртекті электр өрісіндегі сызықтар параллельді.

Әр түрлі зарядтардың $+q$ және $-q$ тендеуінің екі электростатикалық өрісі 1.2-суретте көрсетілген.

Эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, электростатикалық өріс магнит өрісіне әсер етпейді, ал статикалық магнит өрісі электр өрісіне әсер етпейді.

Токпен өткізілетін магнит өрісі. Эксперименттік түрде электр

өткізгіштің ток өткізгішінің ағымдық ток деп аталатын ағымы қоршаған кеңістіктегі магнит өрісінің пайда болуымен бірге жүреді. Магнит өрісінің күш сызықтары соленоид жағдайда, яғни сымнан спиральдар, тұйық қисық сызықтар (1.4-сурет, б).

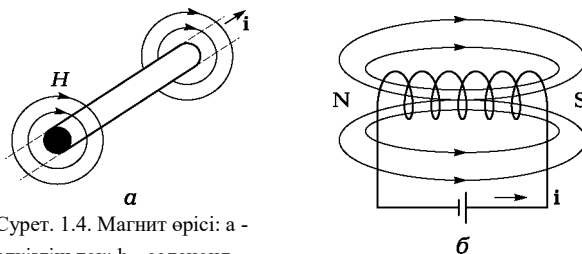
Осылайша, тәжірибе бойынша

- Электр заряды тұрақсыз болғанда электростатикалық өріс бар (1.2 суретті қараңыз);

Электр тоғын анықтайтын бірдей зарядтардың қозғалысы әрдайым магнит өрісінің пайда болуымен бірге жүреді (1.4 суретті қараңыз).

Бірінші құбылысты даниялық физик Х.К.Эрстед анықтады.

Жоғарыда айтылғандар негізінде зарядтардың қозғалысы мен электр өрісіндегі байланысты өзгеріс магнит өрісінің пайда болуына әкелетінін ескере отырып, онда қарсы құбылыс болуы керек: магнит өрісінің өзгеруімен электр өрісінің пайда болуы. Бұл идея электр және магнит өрісінің арасындағы байланысты анықтауға арналған эксперименттерден бастаған, ұлы ағылшын физик-экспериментатор М. Фарадей (1791-1887) басшылығымен жүргізілді. Міне, ол электр және магниттік күштердің өзара әрекеттесуі туралы жазған: «Олар бірдей немесе бірдей ме, жоқ па деген шешім қабылдау өте маңызды болар еді



Сурет. 1.4. Магнит өрісі: а - өткізгіш ток; б - соленоид

бұл екі түрдің күші жеке болып табылады және олардың шынайы қарым-қатынастарын орнатады. Бұл мәселе, әрине, оны шешуге тырысатын адамға бай тәжірибе алуға және уәде етеді ».

Фарадейдің өзі де өзінің күнделіктерінде сипатталған эксперименттер сериясын жасап, өзі ойлап тапқан мәселенің жауабын тапты. (Фарадейдің күнделіктері 1931 жылы Ұлыбританияда, ал 1947 - 1959 жылдары үш томда «Электрэнергия бойынша эксперименттік зерттеулер» деген атаумен Ресейде жарық көрді).

Фарадейдің күнделігін оқыған кезде оның ерекше сипаты мен

физикаға

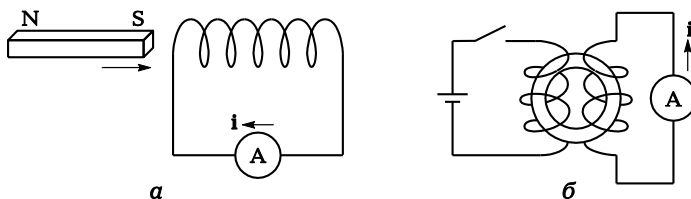
а  еген

б  сүйтсепеншілігі

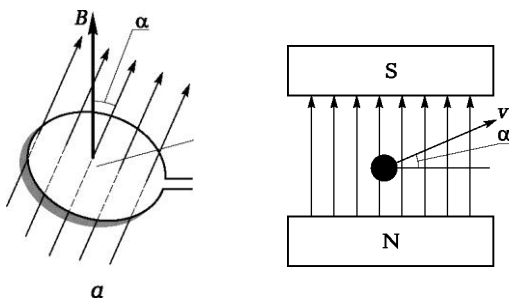
кіріс - 16041) (соңғы

және оның толық сипаттамасымен мұқият, сөзбе-сөз филиппирлік эксперимент. Фарадейдің өзі электромагниттік индукция заңын ашуға әкелген тәжірибесі (1.5, а) «Цилиндрлік магнит жолағын (диаметрі 3/4 дюйм және ұзындығы 8 1/4 дюйм) алдым және оның бір шетін гальванометрге жалғанған мыс сымының ұзындығы 220 футқа орналастырдым. Содан мен спиральдың ішіндегі магниті тез арада толығымен итеріп, гальванометрдің көрсеткісі басылды. Содан кейін магнитті спиральдан тез арада тартып алдым, ал көрсеткі қайтадан бұрылды, бірақ керісінше. Магнит жылжыған немесе итерілген сайын, бұл бұрылыс көрсеткілері қайталанды. «Эксперименталды нәтижеге сүйене отырып, Фарадей келесі қорытындыға келді:» ... электр толқыны тек магнит қозғалады, демалу кезінде оған тән қасиеттерге байланысты емес ».

Мәселен, Фарадейдің магнит позициясының өзгеруі – оны соленоидтан енгізу немесе алу арқылы өзгерсе, онда амператор арқылы табылған тұйық электр тізбегінде пайда болады (он тоғызыншы ғасырда мұндай құрылғы гальванометр деп аталады) (суретті қараңыз). Сондықтан, магнитті түрде өзгерту -



Сурет. 1.5. Фарадейдің эксперименттеріне арналған суреттер:
а - қозғалатын магнитпен; б - жабылған кезде - тізбекті ашу



Сурет. 1.6. ЭҚК пайда болуы: а - магнит өрісінің өзгеруі; б - өткізгіш магнит өрісінде қозғалса

Тұрақты магнит өрісінде өткізгіштегі кернеу оны қозғалту арқылы ғана туындауы мүмкін (1.6-сурет, б). Өйткені L ұзындығының өткізгіштігі тұрақты магнит өрісінде уақытша қозғалыс жылдамдығымен жылжиды, сол кезде $\Delta\Phi = B L v \Delta t$ ауданын жабады, онда (1.5) сәйкес:

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1.5)$$

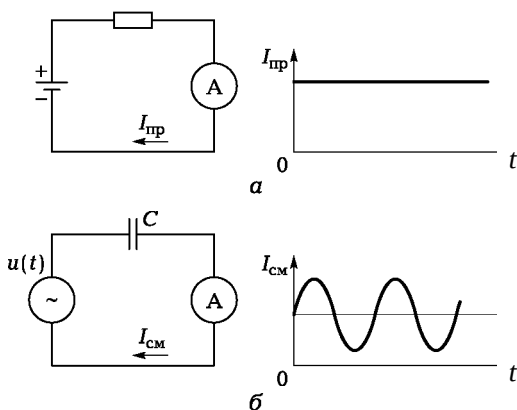
$$e = - S N \cos \alpha \frac{dB}{dt} \quad (1.6)$$

$$e = - B_H l v \cos \alpha. \quad (1.7)$$

Индукциямен қатар, Фарадей өздігінен индукция феноменін анықтады, ол электр өткізгіш кернеуді ЭМҚ өткізгіштегі басқа токөткізгіште өзгергенде, мысалы, тізбекті жабылып, тізбектің ашылуына байланысты (1.5, б). Кілтті бірінші схемада жабық және ашқан кезде, яғни ағымдағы өзгерген кезде, қысқа уақытты ағым екінші тізбектегі ампермердің бұрылыс көрсеткі бойынша өтеді. Тізбектер арасындағы байланыс - темір сақина айналасында екі оқшауланған сым

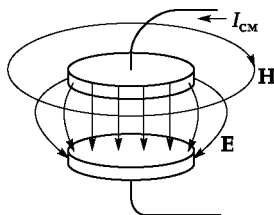
сегменттерінің соғұрлым күшеюі, соғұрлым екінші ток тізбегіне ағып кеткен. Бұл құбылыс бірінші электр тізбегіндегі өзгеретін магнит өрісі екінші тізбектегі кернеудің ЕМҚ-ны тудыратындығымен түсіндіріледі. Осылайша, бұл жағдайда электр және магнит өрісінің өзара әрекеттесу құбылыстары бар: кілтпен тізбекте, өзгеретін электр өрісі өзгерген магнит өрісін жасайды, бұл өз кезегінде электр тізбегіне айналады.

Электромагниттік өріске қатысты негізгі түсініктерді қарастырайық. Біріншіден, екі электр тізбегіндегі ток өлшеуге арналған эксперимент жүргіземіз: резистор және конденсатор арқылы (1.7-сурет).



Сурет. 1.7. Желі:

а - тікелей ток; б - айнымалы ток



Бірінші схемада (1.7, а) суреттегі электрлік зарядтардың реттелген қозғалысы болып табылатын өткізгіштік ток $I_{пр}$. Екінші схема сынған (1.7, b), сондықтан оны электр зарядтарының үзіліссіз қозғалысы болуы мүмкін емес, яғни өткізгіш ток $I_{пр}$. Дегенмен, эксперименттік белгіленуі мүмкін, бұл схема конденсатор бар, мүмкін, әлі күнге дейін ағыны ток, бірақ тек айнымалы және, демек, өткізгіш токтарының айырмашылығы.

Жоғарыда айтылғандай, ток өткізгіштің ағыны магниттік өрісті қалыптастырады, ал сақина түріндегі күштің сызығы дирижер айналасында бірегей конвертті құрайды (1.4-суретті қараңыз). Алайда, мұндай «қабық» конденсатордың пластиналарында тоқтамайды, бірақ конденсатордың айнымалы электр өрісін магнит өрісінің дөңгелек сызықтарымен қоршай береді (1.8-сурет).

Фарадейдің эксперименттеріне сүйене отырып, ағымдық тоғынан ерекшеленетін және ағымдық ток деп аталатын ағымның болуы туралы алғашқы ойды ағылшын физигі Д.К. Максвелл (1831 - 1879) білдірді. Бұл туралы ол жазған: «Олар арқылы электр тогының ағуына жол бермейтін органдар оқшаулағыштар деп аталады. Бірақ электр энергиялары олар арқылы өтпесе де, электр эффектілері олар арқылы таралады және бұл әсерлердің деңгейі органдардың табиғатына байланысты ...» Максвеллдің 1873 жылы жарық көрген «Электр және магнетизм туралы дәрістер» атты толық жұмысында Фарадей идеялары мен эксперименттеріне негізделген Максвеллдің теориясы электр және магниттік құбылыстардың өзара байланысын түсіндіріп, оптика мен электродинамика арасындағы байланысты анықтады .

Фарадагы ($\Phi = K\lambda/(B \cdot m)$) сыйымдылығы бар параллельді пластиналармен (1,2-суретті қараңыз) жалпақ конденсатордағы биастың тогының шамасын анықтаймыз.

$$C = \epsilon S/h, \quad (1.8)$$

м онда ϵ - абсолютті электрлік тұрақты, $K\lambda/(B \cdot m)$; S - пластиналардың ауданы, m^2 ; h - пластиналар арасындағы қашықтық, м

конденсатордағы және Максвелл деп аталатын ауыспалы токпен тізбектегі ток,

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} = Ch \frac{dE}{dt}, \quad (1.9)$$

мұндағы q - конденсатордың, Кл; C - сыйымдылық, Ф; u - олардың арасындағы кернеу, В; E - конденсатордың электр өрісінің беріктігі $E = u/h$, В/м.

Есептеу кезінде (1.8) және (1.9) ток тығыздығы үшін, А / м², конденсатор арқылы өтетін

$$j_{cm} = \frac{i_{cm}(t)}{S} = \frac{C}{S} \frac{du}{dt} = \varepsilon \frac{dE}{dt}. \quad (1.10)$$

$u(t) = U_m \sin \omega t$ генераторының синусоидальды толқындық формасы үшін конденсатордағы тізбектегі бұрмалану тогын анықтаңыз (1.7, b суретін қараңыз). (1.9)

$$i(t) = C \frac{du}{dt} = \omega C U_m \cos \omega t = I_m \cos \omega t, \quad (1.11)$$

онда I_m - биіктік ток амплитудасы,

$$I_m = \omega C U_m.$$

Алғашқы тоқты өлшеуге арналған алғашқы эксперименттер сигналдың төменгі жиілігінде, C сыйымдылығының шамалы шамасында және, сәйкесінше (1.11), ток амплитудасының шамалы шамасымен сәйкес жүргізілді. Бұл электронды және магнетизмнің мән-мағынасын ашып, бір-бірімен өзара іс-қимыл жасау үшін саяхат басында XIX ғасырдың ортасында физиктер үшін қолжетімді төмен сезгіштігі бар аспаптар арқылы ток өлшеуге мүмкіндік бермеді. Сондықтан Максвелл «ауыспалы ток» тұжырымдамасын тек қана алыпсатарлық жолмен құрастырған және тәжірибелік деректерге негізделмеген тендеулерге енгізді. Кейінгі эксперименттер оның гипотезасының негізділігін толық растады.

Жалпы алғанда, магнит өрісі магнит өрісінің беріктігін қамтамасыз ететін (1.10) ток өткізгішіне де, оның тығыздығына да тәуелді $J_{np} = I_{np}/S$ (S - токпен өткізілетін жер беті)

$$H = \Phi_1(j_{np} + j_{cm}) = \Phi_1(j_{np} + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}). \quad (1.12)$$

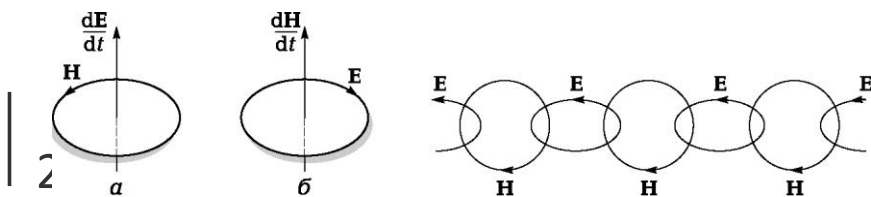
Өткізгіште өткізгіштік ток ағымдық тоттан айтарлықтай асып кетеді. Вакуумда, керісінше, магнитті құрудағы басты рөл өріс ағымдық токпен ойнайды, өйткені ток өткізгісі жоқ. Бұл жағдай Максвеллдің келесі оңайлатылған түрінде жасаған теңдеулерін (1.12) және (1.5) ескере отырып, мүмкін етеді:

$$H = \Phi_1(\varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}); \quad E = \Phi_2(-\mu \frac{\partial H}{\partial t}). \quad (1.13)$$

Теңдеулер (1.13) вакуумдағы ауыспалы электрлік және магниттік өрістердің өзара әрекеттесуіндегі симметрия принципін көрсетеді. Бірінші теңдеуден (1.13) магнит өрісінің сызықтары электр өрісінің өзгерісін сипаттайтын векторды қамтиды, екіншіден, құйынды электр өрісінің сызықтары магнит өрісінің өзгерісін анықтайтын векторды қамтиды (сур.1.9).

Максвеллдің биак ағымының бар екендігі туралы жорамал электр және магнит өрісі арасындағы жабық және өзара байланысқан күш сызықтарымен тығыз, ажырамас байланыс орнатуға мүмкіндік берді. Мұндай электромагниттік өрістің сипатын шартты түрде ұсыну күріш. 1.10, онда ол жабық электр және магниттік күш сызықтарының сақиналарының тізбегі түрінде ұсынылған. Суретте. 1.10 өзгеретін магнит сақиналы ағынның айналасында құйынды түрінің электрлік сақиналы ағыны пайда болып, бұл өз кезегінде магниттік сақина ағыны және т.б.

Осылайша, өзгеретін электр өрісі магнит өрісінің пайда болуына, магнит өрісінің өзгеруіне, электр өрісінің құрылуына әкеледі. Екі түрлі өрістердің осы өзара әрекеттесуінің нәтижесі жарық жылдамдығымен еркін кеңістікте тарататын электромагниттік толқынның қалыптасуы және оның көзімен байланыссыз болуы. Бұл



Сурет. 1.9. Векторлары сипатталады Сурет. 1.10. Электрлік сакина изменение электр және магниттік ағындар (a) және магнит (b) өрістер

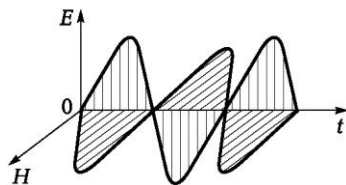
кез-келген уақытта электромагниттік өрістің құрылымын кеңістіктің кез-келген нүктесінде сипаттайтын Максвелл теңдеулерінен су керек.

Максвелл өзінің «Динамикалық теория» атты мақаласында осы теориялық зерттеуді қорытындылады: «Мен ұсынған теория электромагниттік өріс теориясы деп аталуы мүмкін, өйткені ол электр және магнит органдарының айналасындағы кеңістікті қарастырады және оны динамикалық деп те атауға болады өйткені бұл ғарышта қозғалыстағы заттар бар, оның көмегімен байқалатын электромагниттік құбылыстар пайда болады ».

Осылайша, «зат» және «ауырлық өрісі» іргелі санаттарында бейнеленген материалдық әлемнің сипаттамасында жаңа концепция - электромагниттік өріс қосылды.

Жылдар өтіп, электромагниттік өріс теориясы физикада берік орнатылған. Ақыр соңында барлық ірі ғалымдар оның әділдігін және материалдық әлемді сипаттаудағы көрнекті рөлін мойындады. Мысалы, 1931 жылы, теорияның негізін қалаушы ғасырдың жүз жылдығына орай, электронды ашқан және оның зарядтарын анықтаған ең көрнекті британдық физиктердің бірі Джозеф Томсон: Максвелл, өзінің моделін пайдаланып, бұл модельдің келесідей екенін анықтады: электрлік күштердегі өзгерістер магниттік күшті тудырады. Бұл идеяны енгізу және дамыту - Максвеллдің физикадағы ең үлкен үлесі. Максвелл жасаған қадамның маңыздылығы электромагниттік теорияда оған дейін қабылданған, электр толқындары болмағанымен, оның теориясындағы электрлік және магниттік күштердегі кез-келген өзгерістер ғарышта таратылатын толқындарды жіберді.

Электромагниттік толқындардың бір түрі - 0з осі бойынша таралатын жазықтық толқыны (1.11-сурет). Мұндай толқындардың E және H векторлары бір-біріне перпендикуляр және таратудың бағыты бойынша, сондықтан толқын көлденең, толқындық векторлардың әрқайсысының уақытына және координатына байланысты өрнектермен сипатталады.



1.11 сур. Жазық электромагниттік толқын

$$u(t, z) = U_0 e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z), \quad (1.14)$$

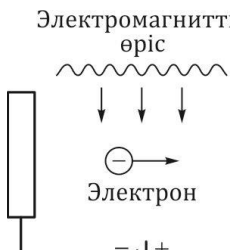
мұнда a — өшу тұрақтысы; p — тұрақты фаза, $p = 2\pi/X$, m^{-1} ; X — толқын ұзындығы, m ; U_0 — амплитуда, V ; t — уақыт, s ; z — координат, m .

(1.14) сәйкес, толқындар тарайды және ыдырайды. Вакуумда ұшқын электромагниттік толқын жарық жылдамдығындай таралады

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{1}{\sqrt{1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 300 \text{ 000 км/с}.$$

Көптеген көрнекті физиктер он тоғызыншы ғасыр физикасының орталық проблемаларының бірін шешуге, электр және магнетизм табиғатын ашуға және олардың өзара әрекеттесуіне үлкен үлес қосты. Олардың ішінде екі атау айрықша: Фарадей және Максвелл. Біріншісі магнит сызықтары туралы идеяны ұсынды және электромагниттік индукция заңын тапты, екіншісі — электромагниттік өріс теориясы әзірленді.

1.5. Электронды ЖЖ құрылғылар жұмысының жалпы принципі



1 В ықтимал айырмашылығы бар еркін қозғалысы бар бір электронды электр энергиясына тең электронды-вольтты энергияны өлшеу бірлігі енгізілді:

$$W = qU = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. (Естеріңізге сала кетейік, бұл } 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с.)}$$

3) Осылайша, екінші феномен тұрақты электр көзінің энергиясын тұрақты электр өрісі ішіндегі зарядтау тасымалдағыштарына беріліп, осылайша жеделдетуге ие болады;

4) кез келген жиіліктің тербелістерін күшейтуге немесе генерациялауға арналған құралдардағы заряд тасымалдаушылардың қозғалысы осы тербелістердің электромагниттік өрісімен бақыланады және өзара әрекеттеседі. Бұл өрістің әсерінен заряд тасымалдаушылар бәсеңдейді, нәтижесінде олардың күші электромагниттік өріске беріледі.

Осылайша, тұрақты электр өрісінің әсерінен заряд тасымалдаушылар жеделдетіліп, энергияны сатып алады, содан кейін ингибирлеу нәтижесінде белгілі бір жиіліктің электрлік тербелістерін анықтайтын электромагниттік өріс беріледі. Бұл жағдайда тербелістер жиілігі төмен жиіліктен бастап өте жоғары жиілікте болуы мүмкін.

Осылайша, электронды құрылғылардың үлкен тобын пайдаланудың жалпы қағидаты мынада, олардағы заряд тасымалдаушылар алдымен тұрақты ток көзінен W_0 энергиясын сатып алып, оны W_3 электрлік немесе электромагниттік өрісіне жеткізеді. Бұл екі энергияның қатынасы электрондық құрылғының тиімділігін анықтайды

$$\eta = W_3/W_0.$$

Әрине, осы жалпы принциптен кейбір кетулер мүмкін. Мысалы, энергияның бастапқы көзі тұрақты емес, импульстік кернеу болуы мүмкін. Алайда бастысы өзгеріссіз қалады: зарядтардың энергиясын белгілі бір жиіліктің және пішінінің электромагниттік ауытқуларының энергиясына айналуы. Ең маңызды оптоэлектрондық құрылғының физикалық жұмысы – лазер – мәжбүрлі немесе индий феноменіне негізделген

Сыртқы энергия көзінің әрекетіне байланысты көптеген атомдар мен молекулалар арқылы электромагниттік толқындардың үйлестірілген бір мезгілде эмиссиясы нәтижесінде пайда болатын радиация.

Акустоэлектрондық құрылғылардың негізі электр және магнит өрісі бар қатты денеде таралатын акустикалық толқындардың өзара әрекеттесуімен байланысты физикалық құбылыс.

Келесі тарауларда электронды құрылғылардың әртүрлі типтерін қарастырған кезде оларды пайдалану қағидалары толығырақ қарастырылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

- 1.«Электроника» ғылыми бағыты бойынша қандай міндеттер шешілуде?
2. Электрониканың дамуының негізгі кезеңдерін көрсетіңіз.
3. Электрондық құрылғылардың негізгі түрлері қандай?
4. Электрондық құрылғылардағы заряд тасымалдаушылармен қандай өрістер өзара әрекеттеседі?
5. Өнеркәсіптік өнімдерде электронды құрылғыларды пайдалану мысалдарын келтіріңіз.

ХАБАРЛАМА ЖӘНЕ СИГНАЛ

2.1. САНДЫҚ ХАБАРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Аналогтық немесе сандық электр сигнал: беру кезінде алынған ақпарат телекоммуникациялық жүйелерде екі түрін қабылдай алады хабар, айналады. функциясы бекітілген құндылықтарды соңғы саны бар - аналогтық сигнал дискретті, уақыт үздіксіз функциясы сипатталады. Мысалы, микрофонды пайдалана сөйлеу беру, электр сигнал, оның шығу (сур. 2.1, а) уақыт үздіксіз функциясы сипатталады. электрондық жадтан немесе ықшам дискіден оқу арқылы өндірілетін компьютерлік ақпарат «0» екілік жүйесін (Сурет негізі сандық микросхема жиынтығы ретінде ұсынылған дәлірек дискретті жүйелі блок, кіреді «1» және. 2.1 , б).Теледидар сурет аналогтық және цифрлық нысанда де берілуі мүмкін. Екінші жағдайда теледидар сандық деп аталады. Қазіргі заманғы электрондық жүйелердің көпшілігі сандық болып табылады, яғни цифрлық түрде ұсынылған хабарды жібереді. Осылайша, аналогтық хабарды екілік сандар жүйесі негізінде сандық түрге айналдыру туралы мәселені егжей-тегжейлі қарастырамыз. Математикадан сандар жүйесі туралы ақпаратты еске түсірейік. Әдетте, ондық жүйе пайдаланылады, онда оның саны база деп аталатын 10 қуаттың жиынтығы ретінде ұсынылады:

$$N_{10} = K_p 10^p + K_{p-1} 10^{p-1} + \dots + K_2 10^2 + K_1 Q^1 + K_0 10^0, \quad (2.1)$$

онда $K_0, K_1, \dots, K_p$ - ондық мәндердің бірін қабылдайтын сандар - 0-ден 9-ға дейін.

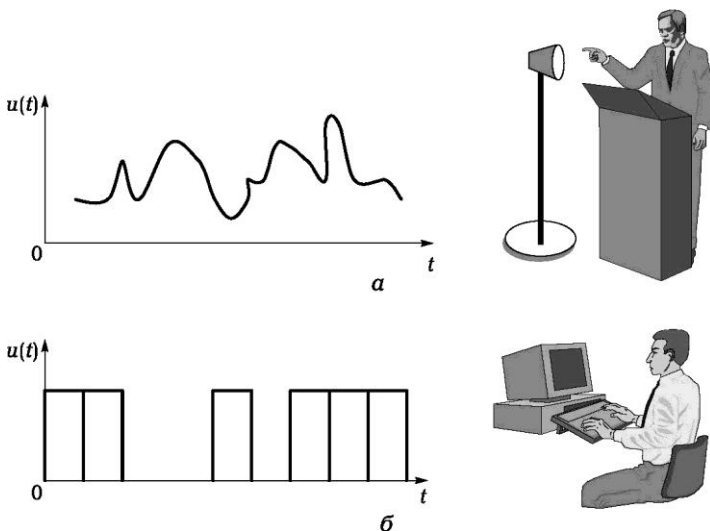
Серияның әрқайсысы (2.1) ағынды деп аталады. Сондықтан N_{10} саны бір, екі, үш, және т.б. болуы мүмкін. бит. Мысалы, 371 саны - үш таңбалы, ал 69 025 - бес таңбалы. Әрбір кейінгі санның цифры алдыңғы санның тиісті санынан 10 есе көп.

Екілік жүйеде нөмір 2 базаның негізі ретінде қабылданады және әрбір санға тек 0 немесе 1 болуы мүмкін. Әрбір келесі сан бұрынғыдан 2 есе артық болуы мүмкін. Осылайша, екілік жүйедегі сан 2:

$$N_2 = M_q 2^q + M_{q-1} 2^{q-1} + \dots + M_2 2^2 + M_1 2^1 + M_0 2^0, \quad (2.2)$$

$M_0, M_1, \dots, M_q$ — мұндағы екі мәnnің бірін қабылдайтын сандар — 0 немесе 1.

Екілік сандар жүйесін таңдау, оны пайдалану кезінде тек екі күйі бар электронды құрылғылардағы сандар мен жұмыс істеу яғни «қосулы» «өшірулі» «схема жабық» «схема ашық»



Сурет. 2.1. Сигналдар: аналогтық; сандық

Мұндай күйлердің біріне «1» саны біріне «0» саны сәйкес келеді.

Сандық сигнал үш параметрлермен сипатталады негізі m , мәні n и және композиттік сигналдардың ең көп саны немесе кодтамалардың ең көп саны N . m кодының негізі аралас сигналды қалыптастыратын әртүрлі қарапайым рәміздер саны $m = 2$ екілік жүйесінде кездеседі, себебі екі жай ғана «1» немесе «0» мүмкін.

N мәні - құрамдас сигнал немесе код комбинациясын құрайтын қарапайым рәміздер саны. Құрамдас сигналдар мен кодтық комбинациялардың максималды саны N $m = 2$ и қосындысы мен мәнінде n

$$N = 2^n, \quad (2.3)$$

Бұл жерде $n = \log_2 N$ мәні — Бір композиттік сигналда немесе бір код комбинациясында биттердің немесе разрядтардың саны.

(2.3) сәйкес, $n = 2$ үшін біз төрт кодың комбинациясын аламыз: $n = 3$ - сегіз, $n = 4$ - 16 және т.б. 2.1-кестеде келтірілген (2.2) және ондық жүйедегі сәйкес сандарға сәйкес анықталған тіркесімдер берілген. Жіберілген хабарлама көлемі, жылдамдығы, сенімділігі, жасыру дәрежесі сияқты параметрлерді пайдалана отырып есептеледі. Оларды толығырақ қарастырайық. Жіберілген хабарламаның көлемі. Сандық байланыс «1» және «0» тіркесімі түрінде берілсе, басқаша айтқанда, екілік кодты бір қарапайым бөлік деп атайды. Мәселен, суретте. 2.1, b хабарлама 9 бит тұрады және алты «1» және үш «0». Сегіз биттер (ағылшын екілік санынан - екілік сан) байт деп аталады. Ақпаратты өлшеудің үлкен өлшемдері: килобит (Кб), мегабит (Мб), гигабит (Гбит): $1 \text{ Кбит} = 2^{10} \text{ бит} = 1\,024 \text{ бит}$; $1 \text{ Мбит} = 2^{20} \text{ бит} = 1\,024 \text{ Кбит} = 1\,048\,576 \text{ бит}$; $1 \text{ Гбит} = 2^{30} \text{ бит} = 1\,024 \text{ Мбит} = 1\,048\,576 \text{ Кбит} = 1\,073\,741\,824 \text{ бит}$, или килобайт (Кбайт), мегабайт (Мбайт), гигабайт (Гбайт), соответственно равные: $1 \text{ Кбайт} = 2^{10} \text{ байт} = 1\,024 \text{ байт}$; $1 \text{ Мбайт} = 2^{20} \text{ байт} = 1\,024 \text{ Кбайт} = 1\,048\,576 \text{ байт}$; $1 \text{ Гбайт} = 2^{30} \text{ байт} = 1\,024 \text{ Мбайт} = 1\,048\,576 \text{ Кбайт} = 1\,073\,741\,824 \text{ байт}$. Осылайша, хабардың цифрлық формадағы көлемі биттерде немесе байттармен, килобайтпен, мегабайтпен анықталады.

Кесте 2.1			
Ондық жүйедегі сан	n = 2 екілік жүйедегі сан	Екілік жүйеде n = 3 саны бар	n = 4 екілік жүйедегі сан
0	00	000	0000
1	01	001	0001
2	10	010	0010
3	11	011	0011
4	—	100	0100
5	—	101	0101
6	—	110	0110
7	—	111	0111
8	—	—	1000
9	—	—	1001
10	—	—	1010
11	—	—	1011
12	—	—	1100
13	—	—	1101
14	—	—	1110
15	—	—	1111

Сол бірліктерде сақталған ақпараттардың мөлшері, оның ішінде дискеттер мен CD-ROM дискілерінде өлшенеді. Хабарларды беру жылдамдығы. Бір секундта берілетін биттердің немесе байттардың саны секундына бит (бит / сек) немесе секундына байт (байт / с) ретінде анықталған хабардың беру жылдамдығы. Секундына килобит (Кбит / с), секундына мегабит (секундына), секундына гигабит (секундына) немесе килобайтпен (Kbps), секундына мегабайтпен (МВ / с) өлшенеді), секундына гигабайт (Гб / с). Аналогтық хабарламаларды беру кезінде (2.1 суретін қараңыз, а), электр тарату сигналының спектрінде жоғарғы жиілікте беру жылдамдығы анықталады. Мысалға, мысалы, сөйлеу беру кезінде сіз 3,4 кГц жолда берілген хабардың спектрінде жоғарғы жиілікті шектей аласыз, және 6,5 МГц түсті

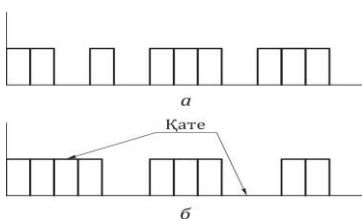
теледидар кескінін шектеуге болады.

Жылдамдықты біле отырып, берілген сандық хабардың көлемін анықтай аласыз: $A = VT$, (2.4)

мұндағы V - хабарлама жіберу жылдамдығы, бит / с (немесе Kbps, Mbps, Gbit / s); T - хабарлама жіберу уақыты, сек. Берілген аналогтық хабардың көлемін анықтау қиынырақ. Ең қарапайым әдіс – аналогтық сигналды сандық түрлендіру және формулаға сәйкес жіберілген хабардың көлемін анықтау (2.4). Хабардың сенімділігі. Алынған хабар үшін әртүрлі себептер бойынша қателер орын алуы мүмкін, мысалы, жіберілген хабарға кедергі әсері. Нәтижесінде, сандық хабарлама алынған кезде, берілген «1» нышаны «0», және керісінше ретінде қабылдануы мүмкін. Жіберілген хабарламаны алынған біреуімен салыстыра отырып, хабардың алушыдан оның көзінен қанша қате жіберілгенін анықтауға болады. Мысалға, 2.2 суретте көрсетілген 12 символдан алынған хабарда екі қате қабылданады. Хабардың сенімділігі жіберілген A санының жалпы санына қате қабылданатын қате қабылданған X таңбалар саны арқылы анықталуы мүмкін:

$$H = X/A. \quad (2.5)$$

Мысалы, $X = 1$ және $A = 10\,000$ болғанда, $H = 10^{-4}$ мәні, $X = 1$ және $A = 106$ болса, $H = 10^{-6}$ мәні. Кедергі әсері көптеген жағдайларда кездейсоқ болғандықтан, H параметрі алынған символдың қателік ықтималдығы деп аталады.



Сур. 2.2. берілген (а) және алынған (б) сигнал

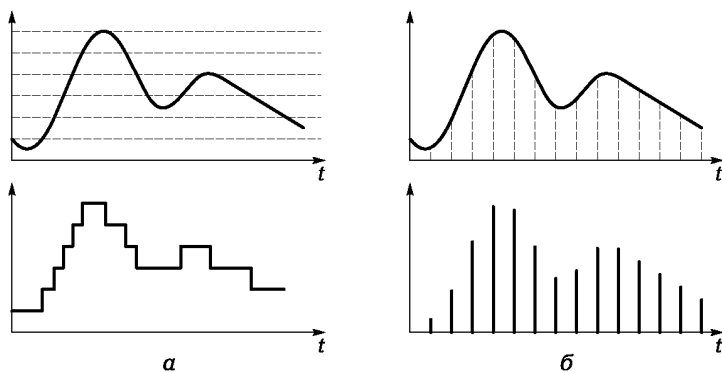
«1» және «0» әр комбинациясы тек белгілі бір санға ғана емес, алфавиттің әріптеріне де сәйкес келуі мүмкін, мысалы 00001 комбинациясы - «А» әрпі, 00010 тіркесімі - «В» әрпі, 00011 тіркесімі - «В» және т.б. Осылайша, берілген хабарды әріптердің әрбір әрпін белгілі бір санмен орналастыру және әріптердің орнына сандарды беру, яғни сандық сигнал беру арқылы кодтау мүмкін болады.

Хабарламаның кешігу дәрежесі. Көптеген жағдайларда жіберілген хабарламаның құпиялығын немесе құпиялығын қамтамасыз ету қажет, яғни оның дұрыс түсінуі тек кімге жіберілгенін біледі. Мұндай талап әскери іс-қимылдарда міндетті болып табылады: жау жіберілген ақпараттарды ұстап қалмауы керек және қайғылы салдарға әкелуі мүмкін. Бәсекелестерден өзіңізді қорғау үшін экономикалық сипаттағы ақпаратты жіктеу қажет. Банк ақпаратын беру кезінде оның құпиялығын қамтамасыз ету қажет, яғни сырттан келген адамдардан құпия. Жіберілетін хаттардың құпиялығы шифрлеу арқылы жасалады оның ішінде хатты кодтау арнайы алгоритм мен « кілтке» сәйкес жасалады.

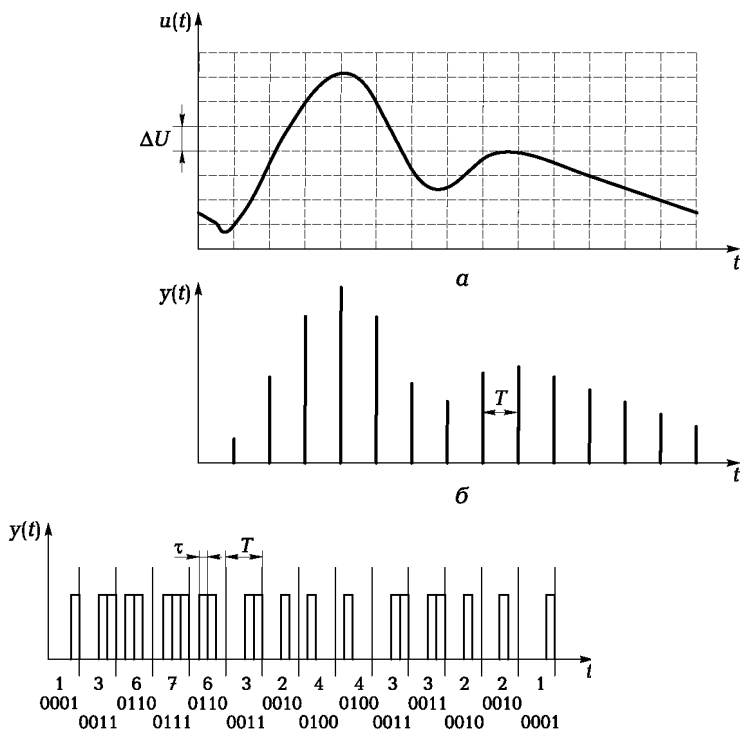
2.2. САНДЫҚ ДИАПАЗОНДАҒЫ АНАЛОГТЫҚ СИГНАЛДЫҢ КОНВЕРСИЯСЫ

Аналогтық сигналды сандық сигналға түрлендірген кезде оны дискретті түрде көрсету керек. мұндай айырбастау жүзеге асырылады қалай қарастырайық. Аналогты сигналды түрлендірудің үш түрі мүмкін: уақыт бойынша және бір мезгілде деңгей мен уақыт бойынша квантизациялау арқылы және сәйкесінше сигналдардың үш түрін: реле (сурет 2.3a), импульс (сурет 2.3b) және сандық (сур. 2.4, с). Релелік элементте кіріс сигналы белгілі бір тіркелген мәнді өткізген кезде шығыс сигналы күрт өзгереді. Сондықтан амплитудасының күрт өзгеруіне байланысты сигнал релелік сигнал деп аталады (сур. 2.3a).

Аналогты хабардың $u(t)$ сандық $s(T)$ түрлендіруі 2.4 суретте түсіндіріледі. Біріншіден, $u(t)$ функциясының есептері бірдей іріктеу аралықтары арқылы жасалады (2.4, а). Нәтижесінде $u(t)$ функциясы әртүрлі амплитуда импульстерінің «тарак» түрінде алынады.



Сур. 2.3. Кванттық күш: *a* — деңгей бойынша; *б* — уақыт бойынша



Сур. 2.4. Сандық сигналдың қалыптасуы: ***B***
a — шығарылатын аналогтық сигнал; *б* — импульстық сигнал;
в — сандық сигнал

екілік санау жүйесінде өлшенетін амплитудасы әр мен ұзақтығы T қысқа импульс арқылы «1» деген, және «0» -. Нәтижесінде T , орнына $U(T)$ сандық $S(T)$ алынған аналогтық хабарлардың сол ұзақтығы әрекетсіздігіне. Ондық және екілік жүйелердегі сигнал амплитудасының өлшенген мәндері 2.4 суретте келтірілген, с.Уақыт және амплитудасы да, бастапқы функциясын $U(T)$ үлгілерін іріктеу ретінде, белгілі бір қате байланысты сандық түрлендіру сипатталған аналогтық хабарлар белгілі бір кадаммен өндіріледі. Бұл кадам жеткілікті шағын таңдалған Алайда, егер, онда қате шамалы болады, және абсолютті мән пек жартысын аспайды. Екілік жүйедегі кодекс комбинациясының жалпы саны және сәйкесінше, амплитудасының квантизациясының деңгейлері (2.4 суретін қараңыз б) $N(2,4)$ сәйкес $N = 2^n$ болады, мұнда n - бір кодталған таңбадағы биттердің немесе биттердің саны.Временной шаг дискретизации устанавливается равным

$$T = 1/(2F), \quad (2.6)$$

мұнда A - берілген аналогтық хабардың спектрінде ең жоғары жиілік, Гц.

Қарапайым парцелла ұзақтығы

$$\tau = T/n = 1/(2Fn).$$

(2.

7)

(2.7) формуласынан берілетін хабардың жылдамдығына, бит / с, цифрланған:

$$V = n/T = 1/\tau = 2Fn. \quad (2.8)$$

Мысалы, $F = 4$ кГц, сөйлеу, аналогтық хабарды сандық сигнал түрлендірудің мысалын қарастырайық. $N = 8$ квантования деңгейіне сәйкес, сәйкес (2.6)...(2.8) бізде бар: $N = 256$, $T = 1/(2F) = 1/8\,000$ Гц = 125 мкс, $\tau = T/n = 125/8 = 15,625$ мкс, $V = 2Fn = 2 \cdot 4\,000 \cdot 8 = 64\,000$ бит/с = 64 Кбит/с = 8 Кбайт/с. Стандартты цифрлық сым байланыс арнасында дауыс пен басқа хабарларды беру жылдамдығы қандай.

Аналогты хабарламаны сандық түрге айналдыру үшін арнайы микросхемалар - аналогты-цифрлық түрлендіргіштер (ADC) және кері кері түрлендіру үшін - цифрлық сигналдарды аналогты-сандық-аналогтық түрлендіргіштерге (DAC) пайдаланыңыз (9.4 бөлімін қараңыз).

Сигналдарды зерттеудің екі әдісі бар: уақыт пен спектрлік. Бірінші жағдайда сигнал функциясымен сипатталады (2.3, 2.4-суреттерді қараңыз), екінші жағдайда ол жиілік спектрінде көрінеді. Электрондық құрылғылардағы үрдістерді зерттеу үшін екі әдіс де қолданылады.

Жиілік сигналдар келесі функциялармен сипатталады.

$$\Phi(t) = \Phi(t + nT), \quad (2.9)$$

$T = 2\pi/\omega$ — ауытқу кезеңі; n — кез келген оң және теріс сан; ω — дөңгелек жиілік.

Оның (2.9) функциясының кезеңділігі уақыт аралығына $-ж < t < ж$ -ге дейін созылатынын түсіндіреді. Мұндай мерзімді функция бірқатар басқа функциялардың сомасы ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл мақсат үшін көбінесе Фурье қатарынан тригонометриялық функциялардан және нақты нысандағы келесі формалардан тұрады:

$$\Phi(\omega t) = a_0 + \sum_{k=1}^n (a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t)), \quad (2.10)$$

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \Phi(\omega t) d\omega t; \quad a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \Phi(\omega t) \cos(k\omega t) d\omega t;$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \Phi(\omega t) \sin(k\omega t) d\omega t.$$

Мұнда $\omega = 2\pi/T$.

Осылайша, у осі бойынша симметриялы жұп функция $\Phi(\omega t)$, коэффициенттер $b_k = 0$. Сонымен (2.10) мерзімді сигналдың тағы бір эквиваленті бар:

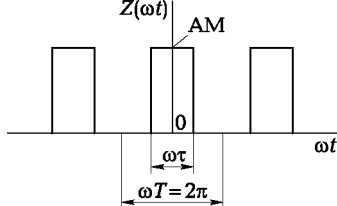
$$\Phi(\omega t) = a_0 + \sum_{k=1}^n C_k \cos(\omega t - \varphi_k), \quad (2.11)$$

Бұл жерде C_k — амплитуда, $C_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$; φ_k — фаза, $\varphi_k = \arctg(b_k / a_k)$. Сигналдың күрделі амплитудасы $C_k = C_k e^{-j\varphi_k}$.

Фурье қатарында кеңейтілуі мүмкін $\Phi(\omega t)$ функциясы шектелген

болуы керек, үзіліссіз және үздіксіз

Сурет. 2.5. Тік бұрышты импульстердің мерзімді дәйектілігіжәне экстремумның соңғы саны. Іс жүзінде бұл шарттар әрқашан орындалады.



C_k модулінің жиынтығы $\Phi(\omega t)$ мерзімді функциясының амплитудалық-жиілік спектрін құрайды және фазалар фазалық-жиілік спектрін құрайды. Амплитудалық спектр дискретті немесе басқарылады, онда $\omega_k = k\omega$ мәндерімен анықталған жеке спектральды компоненттер $\Delta\omega = 2\pi/T$ -ге тең интервалмен жалғасады. Mathcad ортасында компьютерлік бағдарламаны қолданып, мерзімді функцияны кеңейтудің екі мысалын қарастырайық.

Мысал 2.1. Мерзімді функция амплитудасы AM, ұзақтығы τ және қайталау кезеңі бар тікбұрышты нысанын импульстардан тұрады (2.5-сурет). $-\pi < \omega t \leq \pi$ секциясында бұл функцияның нысаны бар:

$$\begin{aligned} Z(\omega t) &= AM \text{ бола } |\omega t| < \alpha\pi; \\ Z(\omega t) &= 0 \text{ бола } \alpha\pi < |\omega t| \leq \pi, \end{aligned} \quad (2.12)$$

Мұнда $\alpha = \tau/T < 1$.

$Z(\omega t)$ (егеуқұйрық) функциясы біркелкі болғандықтан, кеңейтудегі синусын компоненттері нөлге тең. Міне, A6 тұрақты құрамдас бөлігін және гармоникалық амплитудаларды есептеу үшін Mathcad тілінде бағдарлама

A_k :

$$\alpha := 0.1 \quad N := 20 \quad AM := 1$$

$$Z(x) := \begin{cases} AM & \text{if } |x| \leq \alpha \cdot \pi \\ 0 & \text{if } \alpha \cdot \pi < |x| \leq \pi \end{cases}$$

$$k := 0..N$$

$$A_k := \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^\pi Z(x) \cdot \cos(k \cdot x) dx$$

$$A_0 := \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^\pi Z(x) dx$$

$$AD_k := 20 \cdot \log\left(\frac{|A_k|}{A_1}\right)$$

	0
0	0.1
1	0.197
2	0.187
3	0.172
4	0.151
5	0.127
6	0.109
7	0.074
8	0.047
9	0.022
10	$1.768 \cdot 10^{-8}$
11	-0.018
12	-0.031
13	-0.039
14	-0.043
15	-0.042
16	-0.038
17	-0.03
18	-0.021
19	-0.01
20	$-7.054 \cdot 10^{-8}$

	0
0	-5.877
1	0
2	-0.435
3	-1.182
4	-2.278
5	-3.779
6	-5.154
7	-8.54
8	-12.475
9	-19.084
10	-140.926
11	-20.83
12	-16.006
13	-13.946
14	-13.161
15	-13.322
16	-14.315
17	-16.241
18	-19.516
19	-25.573
20	-128.908

Бағдарламада: $x = \omega t$, N - гармоника саны, $AD_k = 20 \lg (A_k / A_1)$ - сигналдың 1 гармоникасына қатысты децибелде көрсетілген гармоникалық мән.

$\alpha = 0.1$ және $N = 20$ бағдарламалары бойынша есептеу нәтижелері бұрын ұсынылған.

Бұл бағдарламада гармоника N және $\alpha < 1$ параметрінің кез-келген басқа мәндері үшін есептеуге болады.

Тікбұрышты импульстар үшін, спектральды компоненттер формула бойынша анықталуы мүмкін (2.10): A_k коэффициентінің интегралы:

$$A_k = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \Phi(\omega t) \cos(k\omega t) d\omega t = \frac{2}{\pi} \int_0^{\alpha\pi} AM \cos(k\omega t) d\omega t =$$

$$= \frac{2AM}{\pi k} \sin(k\omega t) \Big|_0^{\alpha\pi} = \frac{2AM}{\pi k} \sin(\pi k \tau / T). \quad (2.13)$$

(2.13) сәйкес $k = n/\alpha$, онда n бүтін сан болып табылады, дөңгелек жиіліктегі гармоника $A_k = 0$ амплитудасының мәніне ие.

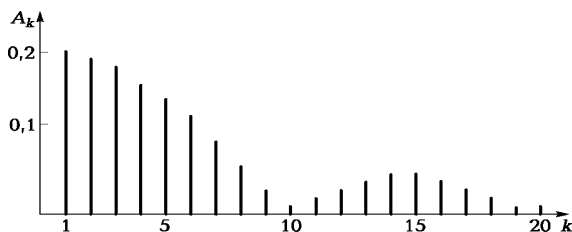
Бағдарламадан есептелген спектрлер желілік болып табылады: олардағы спектральдық компоненттер аралықта $\omega = 2\pi/T$ немесе $F = 1/T$ аралығында болады. Бағдарламадан есептелген $\alpha = 0,1$ -ге тең тік бұрышты импульстардың осындай спектрі (2.5 суретті қараңыз) күріш. 2.6.

Мысал 2.2. Мерзімді функция синусоидалы пішіндегі импульстардан тұрады (2.7-сурет). Сәйтіне $-\pi \leq \omega t \leq \pi$

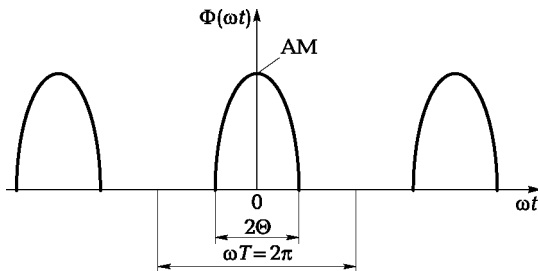
$$\Phi(\omega t) = AM \frac{\cos(\omega t) - \cos\Theta}{1 - \cos\Theta} \quad \text{при } |\omega t| \leq \Theta;$$

$$\Phi(\omega t) = 0 \quad \text{при } \Theta < |\omega t| \leq \pi. \quad (2.14)$$

Көлем Θ деп бөліндінің тқменгі бұрышы аталады. $\Phi^{\wedge}$ функциясы жүп болғандықтан, орналасудағы синустық құраушылар нөлге тең



Сурет. 2.6. Тікбұрышты импульстардың дәйектілігі спектрі



Сурет. 2.7. Косинус импульстарының мерзімді дәйектілігі

A_0 тұрақты құрамдас бөлігін және ак гармоника амплитудасын есептеу үшін математика:

UG		π	
			0
Φ(x)	0		0218
	1		0391
	2		0276
	3		0138
	4		0028
	5		-0028
	6		-0032

N		M := 1	
			0
	0		-5.075
	1		0
	2		-3.036
	3		-9.057
	4		-23.036
	5		-23.036
	6		-21.876

$$0 \text{ if } U < |x| \leq \pi$$

$$k := 0..N \quad AM \cdot \left[\frac{(\cos(x) - \cos(U))}{1 - \cos(U)} \right] \text{ if } |x| \leq U$$

$$A_k := \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^x \Phi(x) \cdot \cos(k \cdot x) dx$$

$$A_0 := \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^x \Phi(x) dx$$

$$AD_k := 20 \cdot \log\left(\frac{|A_k|}{A_1}\right)$$

7	$-9\ 845 \cdot 10^{-3}$
8	$9\ 844 \cdot 10^{-3}$
9	0.014
10	$5\ 012 \cdot 10^{-3}$
11	$-5\ 011 \cdot 10^{-3}$
12	$-7\ 711 \cdot 10^{-3}$
13	$-3\ 029 \cdot 10^{-3}$
14	$3\ 028 \cdot 10^{-3}$
15	$4\ 923 \cdot 10^{-3}$

7	-31.979
8	-31.98
9	-29.057
10	-37.844
11	-37.845
12	-34.102
13	-42.218
14	-42.22
15	-38

Бағдарламада: $x = \omega t$, N - гармоника саны, $AD_k = 20 \lg (A_k / A_1)$ - сигналдың 1 гармоникасына қатысты децибелде көрсетілген гармоникалық мән, $\Theta = \Theta$ - радианның өлшемі үшін төменгі қиылысу бұрышы және UG - дәрежесі.

$\Theta = UG = 60^\circ$ және $N = 10$ болатын бағдарлама бойынша есептеу нәтижелері бұрын ұсынылған. Бағдарламаға сәйкес гармоника N және $\Theta = UG$ параметрлерінің кез келген басқа мәндері үшін есептеуге болады.

2.4. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР АРҚЫЛЫ СИГНАЛДЫҢ ӨЗГЕРУІ

Электрондық құрылғыларда кездесетін әртүрлі процестер сигналдардың трансформациясымен тікелей байланысты. Сигналдарды трансформациялау алты негізгі топқа бөлінеді: 1) сигналдың жиілігін және фазасын өзгертуге алып келеді; 2) билік; 3) модуляция; 4) сүзгілеу; 5) демодуляция; 6) формасы (аналогтан сандық және артқы).

Арнайы, жетінші топқа сигналды өңдеуге және күрделі сипатқа ие өзгерістерге тура келеді. Осы өзгерістердің кейбірі сызықтық тізбектерде, ал басқалары сызықты емес тізбектерде жүзеге асырылады.

Белгіленген сигнал түрлендіру топтарының мазмұнын қысқаша қарастырайық және келесі бөлімдерде егжей-тегжейлі талдау жүргізіледі.

Сигналды жиілігін өзгерту. Бастапқы сигнал синусоидалы болсын:

$$u_j = U_0 \sin \omega t.$$

Жиілік көбейтілсе, біз аламыз

$$u_2 = U_0 \sin(n\omega t).$$

Жиілікті бөлу кезінде бізде бар

$$u_3 = U_0 \sin(\omega t/n),$$

мұндағы n - бүтін сан.

Екі бастапқы синусоидалы сигналдар болсын:

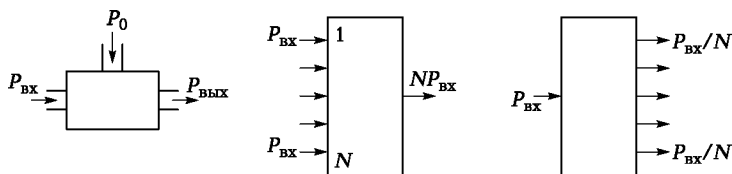
$$u_1 = U_1 \sin(\omega_1 t) \text{ и } u_2 = U_2 \sin(\omega_2 t).$$

Конверсиядан кейін жалпы немесе жиілік жиілігімен сигнал аламыз:

$$u_3 = U_3 \sin[(\omega_1 + \omega_2) t] \text{ немесе } u_4 = U_3 \sin[(\omega_1 - \omega_2) t].$$

Сигнал қуатын өзгерту. Күшейткіштерде сигнал қуаты артады. $P_{\text{вых}}$ сигналының кіріс қуатымен оның шығу қуаты $P_{\text{out}} > P_{\text{dx}}$ мәніне тең. Электр энергиясының мұндай өсуі DC-ток көзінің қуатын жоғары жиілікті тербелістердің қуатына айналдыру арқылы қол жеткізіледі (2.8-сурет, а). Сонымен қатар, N бірдей сигналдардың күштерін қорытындылауға немесе N уақыт сигнал қуатын бөлуге болады (2.8-сурет, б, с).

Сигналды модуляциялау. Модуляция - берілген хабардың заңына сәйкес жоғары жиілікті тербелістердің бір немесе бірнеше параметрлерін басқарады. Сандық жүйелерде жіберілген хабарлама модуляцияға дейін сандық болып табылады.



Сурет. 2.8. Сигнал қуатын өлшеуге арналған схемалар: а - күшейту арқылы; б - қосу кезінде; с - бөлу кезінде

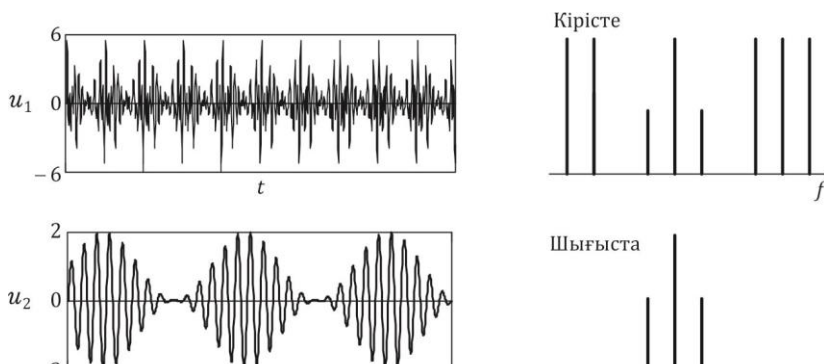
Сигналды сүзу. Көптеген жағдайларда ауытқулардың қосындысы қажетті сигналды оқшаулау қажет, яғни қажетсіз тербелістерді «тазалау» үшін тізбекті немесе радиоэлектрондық құрылғыны енгізеді. Спектрлік теория тұрғысынан бұл сигнал спектрін трансформациялауды білдіреді: пайдалы спектралды компоненттерді бөлу және басқалардың сөнуі. Бұл операция сигнал сүзгісі деп аталады.

Кейбір жағдайларда спектрдің төменгі бөлігін, ал басқалары – жоғарғы, үшіншіде – орталық, төртіншісінде – белгілі бір спектральдық компоненттерді мүмкіндігінше басу керек. Жоғарыда көрсетілген сигнал спектрін түрлендіру бойынша операциялар сүзгілер арқылы жүзеге асырылады.

Мысал 2.3. Схеманың кірісі амплитудалық модуляциямен пайдалы сигналды және бес кедергі жасайтын синусидалды ауытқуларды қамтитын тербелісті алайық:

$$u_{BX}(t) = U_0(1 + m \sin(\Omega t)) \sin(\omega t) + U_1 \sin(0,6\omega t) + U_2 \sin(0,7\omega t) + U_3 \sin(1,3(1,3\omega t) + U_4 \sin(1,4\omega t) + U_5 \sin(1,5\omega t).$$

Кестенің шығуында амплитудалық модуляциямен ғана пайдалы сигнал алуға болады: $u_{\text{вых}}(t) = U_0 (1 + m \sin(\Omega t)) \sin(\omega t)$ күн (шұңқыр), барлық кедергі тербелістерінің спектрін «тазарту». Бұл тапсырманың орындалуын қамтамасыз ететін сүзгінің кіріс және шығысындағы $U_0 = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_5$ үшін сигналдар және олардың спектрлері күріш. 2.9.



Сурет. 2.9. Сигналдың (а) және спектрінің (b) сүзгілері

Сигналды демодуляциялау. Сигналды демодуляция – бұл модуляцияға қарама-қайшы және модуляцияланған тербелістерден алынатын хабарды бөлуден тұратын процесс. Бұл мәселені шешу үшін модулированный сигнал алдымен анықталады, содан кейін сүзгілейді және, қажет болған жағдайда, декодталған.

Сигналды өңдеу. Радиоқабылдағыш құрылғыға кедергі келтіргендіктен, берілетін және қабылданған хабарлама арасында мүлдем дәл сәйкес келу мүмкін емес. Сондықтан, радио сигналдарды қабылдаған кезде, пайдалы сигнал мен кедергі радиохабарлағышына бір мезгілде жауапты ескеру қажет және соңғы ақпаратты ықтимал сөндіруге жағдай жасай отырып, сенімді ақпарат алуды азайтады. Алынған хабардың сапасы, оның сипатына қарай әртүрлі тәсілдермен бағаланады. Осылайша, бит ақпаратын берудің сандық жүйелерінде бұл сапа алынған символдың қателігі ықтималдылығымен анықталады. Мысалы, егер бұл ықтималдық 10-5 болса, бұл 100 мың жіберілген биттердің 1 биті қате болуы мүмкін дегенді білдіреді. Дауыс ақпаратын беру кезінде алынған хабарламаның сапасы оның анықтығы, яғни мағынасы белгісіз, дұрыс түсінілген сөздер санымен бағаланады. Телевизиялық сигнал беру кезінде, алынған өлшемдердің сапасы теледидар экранында бағаланатын бірнеше өлшемдер қолданылады. Аналогтық хабарларды берудегі осы гетерогенді крипторлар сигналдың қуатына радио қабылдағыштың шығуындағы кедергі күші (шу) - (РДРпДон.

Осылайша, аналогтық сигналды өңдеу сигналдық қуат пен радиожабдықты қабылдау құрылғысының ($P \wedge P_{dbx}$ немесе басқа критерийдің қажетті мәнін кірудегі ((РДРд) бірдей сигналдардың осы коэффициентінің қатынасына қажетті интерференция алуын білдіреді. жұмыс жағдайлары, аналогтық сигналды өңдеу әдісі, ара қатынасының максималды мәнін (FDRdx, оңтайлы деп аталады) береді.

Сандық сигналдарды өңдеу кезінде бит ақпаратын жалған қабылдау ықтималдығын төмендетуге тырысу керек. Бұл жағдайда оңтайлы әдіс - бұл бірдей шарттарда қабылданған таңбаның қателік ықтималдығының минималды мәнін беретін өңдеу.

Сигналды өңдеу желілік және сызықты емес тізбектерде де, табиғатта күрделі болуы және демодуляция, сүзу, **амплитудалық шектеу, уақыт кешігуі, интеграция және басқа да сигналдық өзгерістер.**

Белгіленген сигнал түрлендірулерінің барлық түрлері үшін электрондық компоненттер мен құрылғылар әзірленді.

ЭЛЕКТРОВАЦИЯЛЫҚ АНЫҚТАМАЛАР

3.1. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ШАМЫ

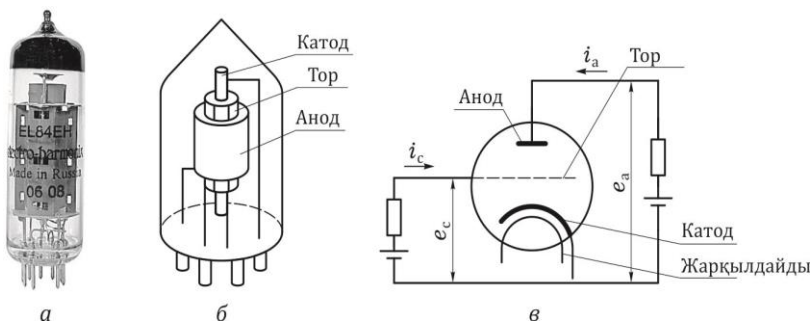
Электронды түтік – бұл терең вакуумды ($10^{-6} \dots 10^{-7}$ мм Hg дейін) айнымалы цилиндр, оның үстіне электрондардың басқарылатын ағыны бір бағытта қозғалады. Электродтар, триодтар, тетродтар мен пентодтар санына байланысты ерекшеленеді. Құралдардың барлық үш түрінде электрондардың көзі катодты болып табылады, мысалы, вильфондынан, жіппен $2\ 000 \dots 2\ 500$ °C температураға дейін қызып, термоялық эмиссияның феноменіне байланысты электрондардың ағымын шығарады.

Электр өрісінің әсерінен электродтар торлы, спираль немесе шыбық түрінде жасалған бақылау торынан өтетін катодтың көмегімен оң полярлық кернеу қолданылатын анодқа қарай жылжытады. Катод пен тор арасында қолданылатын кернеуді өзгерту арқылы ол арқылы өтетін электрондардың ағымы бақыланады, бұл анодты ток шамасына әсер етеді. Триодты және оның контурын жобалау сурет 3.1.

Жалпы алғанда, триодтың жұмысы анодтың және тор торының тәуелділігімен, кернеулердің анодтық ток және ток торынан токтарға байланысты анықталады. Мұндай тәуелділіктер - бұл триодтың келесі статикалық немесе ток кернеу сипаттамалары:

- әр түрлі мәндер үшін анод торы, $i_a = \Phi_1(e_c)$ (Сурет 3.2, а);
- әр түрлі мәндер үшін анод $i_a = \Phi_2(e_a)$ (Сурет 3.2, б);
- N әр түрлі мәндері үшін $i_c = \Phi_3(e_c)$ торы (3.2-сурет, а).

Триодының қасиеттерін күшейту бірінші кезекте анықталады



mA / В өлшемі (3.2-сурет, а). Тордағы теріс кернеу электрон ағынының ($i_a = 0$) толығымен құлыпталатын кернеуі Е қиылысының кернеуі деп аталады (3.2-суретті қараңыз, а).

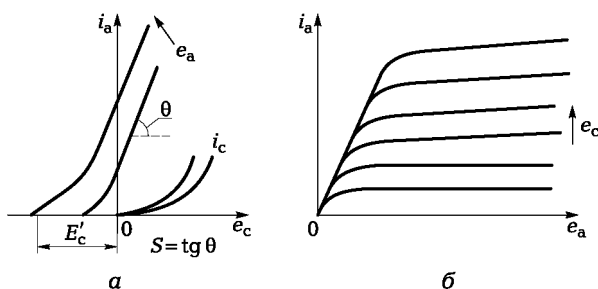
Суретте көрсетілген сипаттамаларға қосымша. 3.2, триодтар көптеген параметрлерге байланысты болады, соның ішінде: тордың өткізгіштігі; генерацияланған немесе күшейтілген сигналдың ең жоғары жиілігі; анод және тордағы кернеулердің рұқсат етілген мәндері; құрылғыда таратылатын рұқсат етілген қуаты;

Сурет. 3.1. Лампа триоды:

және - сыртқы түрі; б - құрылыс; с - қосылу схемасы

интерэлектродтық сыйымдылықтардың мәндері; катодтық токтың рұқсат етілген ең жоғарғы мәні; жылыту схемасы бойынша тұтынылатын қуат; салқындату шарттары.

Тетродпен салыстырғанда электровакуалды неғұрлым жетілдірілген құрылғы – тетрод. Онда басқару торы мен анод арасындағы экранның торы азаяды



Сурет. 3.2. Триодтың сипаттамасы: а - анод торы; және - анод

сыйымдылығы, анодты реттегіш тор, электронды жоғары жиілікті күшейткіштердің тұрақтылығын едәуір арттырады. Пентодта дионатрон деп аталатын эффекттің зиянды әсерін төмендету үшін электрондардың бомбалануы кезінде екінші анодты екінші анодты электрондардан құлатып тастайды - әдетте антидинатрон деп аталатын шамға қосылады.

Тетрод пен пентодтың сипаттамалары триодымен ұқсас, бірақ экранның торында кернеудің тағы бір параметріне байланысты.

Транзисторлар мен тетродтар арасындағы арнайы топты шыныдан жасалған цилиндр керамикамен алмастырылған қуатты металл-керамикалық шамдар алады, ал электродтардың терминалдары цилиндрлік пішінге ие, бұл шамды коаксиалды сызықтарға жалғауға мүмкіндік береді. Осы дизайн арқасында, жалпы қуаты 3 000 МГц дейін схемаға сәйкес жұмыс істейтін жоғары қуатты генератор лампаларының жиілігі айтарлықтай артты.

Қазіргі кезде, төмен қуатта, соның ішінде радиоқабылдағыштар мен сигналдарды өңдеу құрылғыларында, жартылай өткізгіш құрылғылар электронды түтіктерді ауыстырды. Дегенмен, жоғары қуатты өнімдерде, мысалы, радиохабар тарату таратқыштары, бүгінгі күнге дейін ондаған киловольт анодтық кернеумен бірнеше жүзден киловаттқа дейінгі қуаты бар триодтар мен тетродтар шығарады.

3.2. ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ ЭЛЕКТРОВАКУУМДЫҚ АСПАПТАР

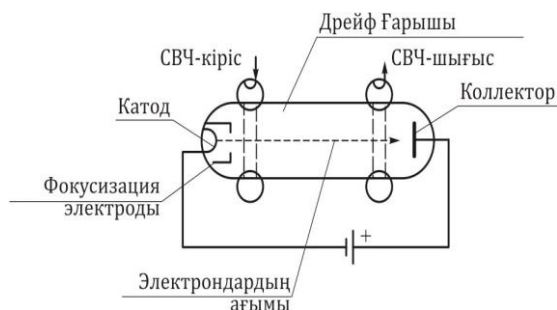
XX ғасырдың 30-шы жылдарында. радиолокациялық станцияның дамуы микротолқынды диапазондағы жоғары қуатты электровакуалды қондырғыларды құруды талап етті. Кәдімгі шамдар (триодтар мен тетродтар) келесі себеппен бұл тапсырманы жеңе алмады. Электрондық құрылғылардың барлық түрлерінің жұмысы жалпы физикалық принципке негізделеді: электрлі магнит өрісі бар жылжымалы заряд тасымалдаушылардың қозғалысы. Осы өзара әрекеттесудің уақытын $T_{пр}$ деп белгілеп, жалпыланған параметрді $\Delta = \omega T_{пр}$, енгізіңіз, мұндағы ω - сигналдың айналмалы жиілігі ($\omega = 2\pi f$). Вакуумдық түтіктерде $T_{пр}$ - катодтан анодқа электронды қозғалыс уақыты, жалпыланған параметр үшін $\Delta < 1$ немесе $f < (1 / (2\pi T_{пр}))$ болуы керек. Олай болмаған жағдайда, яғни, егер $\Delta < 1$ қатынасы бұзылған

болса, онда триодта және дететрод, шығу қуаты, күшейту коэффициенті және тиімділігі күрт төмендейді. $T_{пр}$ белгілі бір мәннен төмен түсе алмайтын уақыттан бастап, бұл шектеулер триодтар мен тетродтардағы генерацияланған тербелістердің жиілігін ұлғайтуға мүмкіндік бермейді, яғни микротолқынды диапазонда жұмыс істейтін осцилляторларды жасайды (жоғарыда аталған лампалар, қуаты шектеулі).

Бұл кемшіліктер жаңа типті вакуумдық құрылғыларда еңсерді, онда Трг электрондарының соңғы транзит уақыты шектеулі фактор емес, керісінше, ол генерацияланған немесе күшейтілген сигналдардың қуатын арттыруға көмектеседі. $\Delta = \omega T_{пр} \gg 1$ жалпылама параметрі бар және, демек, f сигналының жиілігі микротолқынды диапазонға сәйкес келетін осындай құрылғылардың санына, тікелей типті Klystron, TWT және M типті құрылғылар деп аталатын магнетронды түрін қосады. және айналымнан синхрондық, келесі тұрады, оның мәнін – осы құрылғыларды ортақ ерекшелігі ондағы екі байланысты электрондардың ағыны сигнал генерациялау үшін қажетті принциптерін ұстануда болып отыр. Микротолқынды тербелістерді күшейту және генерациялау процестері екі тән құбылыспен бірге жүреді. Біріншіден, заряд тасымалдаушы жылдамдығын жылдамдық пен тығыздықпен (немесе тек тығыздықпен) модуляцияға байланысты. Нәтижесінде ағынның тербелістері жиіліктерінде, электромагниттік өріс пен олардың арасындағы энергия алмасу синхронды өзгереді. Бұл теңдеулерде немесе ағынның және өрістің ауытқу жиіліктерінің көптігі синхронизм принципі байқалады.

Екінші құбылыс мынада, бұл толқындардың ауытқуынан энергияны ағыннан далаға көшіруге мүмкіндік беретін микротолқынды тербелістердің генерациясы мен күшейтуі заряд тасымалдаушылары электромагниттік өріс арқылы баяулатылған кезде ғана мүмкін болады. Сондықтан, осы талапты орындау үшін заряд тасымалдаушылардың микротолқынды пештің әсерінен тасымалдауы тұрақты өріске байланысты олардың қозғалысына қарсы болуы тиіс. Соңғысының әрекеті бойынша электрондардың ағымы энергияны алады, содан кейін микротолқынды өріске беріледі. Бұл фазалық принциптің мәні. Сонымен қатар, тасымалдаушы ағынның электромагниттік өріспен ұзақ мерзімді өзара әрекеттесуі арқасында генерацияланған микротолқынды тербелістердің қуатын едәуір арттыруға болады.

Микротолқынды электро-вакуумдық құрылғылардың аталған үш түрінің құрылысы мен жұмыс принципін қарастырайық. Тікелей желілік кистон генераторы. Құрылғының принципі күріш. 3.3, а.



Сурет. 3.3. Тікелей қабықшаның электр схемасы

Осы құрылғының ең қарапайым түрінде екі резонатор бар - сигнал күші қолданылатын кіріс сигналы және қуатта күшейген сигнал алынып тасталған шығу. Зарядтаушы тасушылар (электрондар) катодты құрылғыдан жоғары тұрақты кернеу қолданылатын коллекторға ауысады. Резонатордың кірісінен өтіп, электрон ағыны жылдамдықта модуляцияланады - кейбір электрондар жеделдетіледі, қалғандары баяулайды. Содан кейін, резонаторлар арасында орналасқан құрылғының дрейфтік кеңістігінде ағынның модуляциясының бір түрі жылдамдығына, екіншісінде тығыздыққа айналады, яғни электрондардың бумаларға топтасуы.

Тұрақты электр өрісі салдарынан қуаттылықпен күшейіп, электрондардың ағыны оның кинетикалық энергиясын шығарады, ол электродтардағы электромагниттік өрісті қоздырып, шығыс резонаторының аралықтан өтіп кетеді. Клистрон генераторында ағынның қуыстың ажырауы кезінде пайда болатын өрісімен өзара әрекеттесуі қысқа мерзімді сипатта болады, бірақ Катодтан Трг коллекторына тасымалдаушылардың транзиттік уақыты салыстырмалы түрде үлкен. Демек, $\Delta = \omega T_{\text{тр}} \gg 1$ параметрінің мәні. Екі қуатты бірге қосымша, күшейткіш күшейту коэффициентіне ие көп динамикалық клистронс генераторлары шығарылады.

О типті қозғалыстағы толқын. Құрылғының принципі сурет. 3.4.

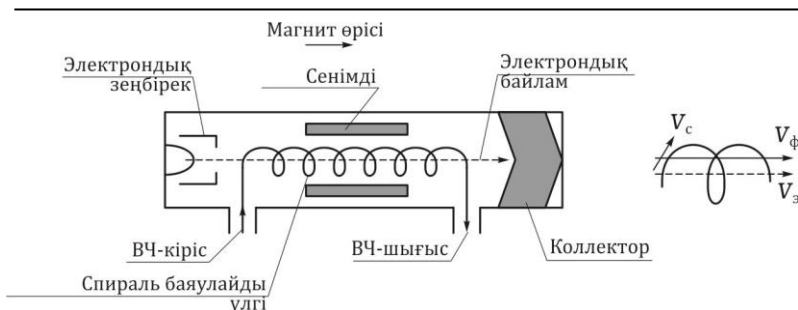
Жол жүретін толқындық түтікте жарық жылдамдығына жақын жылдамдықпен жүретін электромагниттік толқындар арнайы металл спираль айналасында қозғалады, бір жағынан микротолқынды сигнал арқылы қозғалатын созылмалы құрылым. Спиральдың ішіне катодты коллектордан электрондардың тар ағымы жылдамдықпен қозғалады. Электромагниттік толқындардың фазалық жылдамдығы, векторы спираль бойымен бағытталған, жарық жылдамдығынан аз

Спиральдың қадамы бір айналымның ұзындығынан аз. Шамамен теңдік және V_z қанағаттандырылған кезде, электрондардың ағыны электромагниттік толқынның алға қарай жылжуымен өзара әрекеттеседі, бұл оның энергиясын электрондардың энергиясы есебінен таратылатын кезде арттырады. Микротолқынды қуаттың артуы спиральдың қарама-қарсы жағынан жойылады.

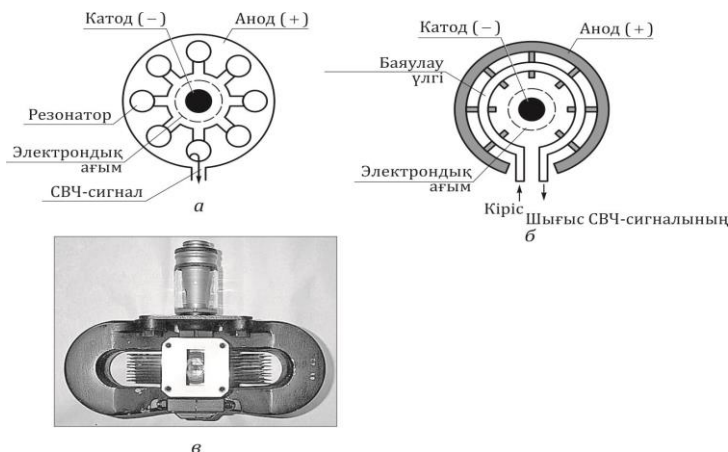
TWT-да катодты кейін бірнеше электродтан тұратын фокустаушы құрылғы орнатылды. Сонымен қатар, арнайы магниттік жүйе құрылғының сыртына орнатылып, электрондардың тар ағысына қысылуын (3.4-суретте көрсетілмеген).

TWT бірнеше сорттары бар, оның ішінде электрондық ағынның өзара әрекеті тікелей сызықпен емес, керісінше кері электромагниттік толқынмен жүзеге асырылады. Мұндай құрылғылар артқа қарай толқындық түтіктер (BWOs) деп аталады. TWT және BWT-да өрістегі ағынның үзіліссіз, үздіксіз өзара әрекеттесуі және катодтан коллекторға T_{tr} тасымалдаушыларының салыстырмалы ұзын транзиттік уақыты бар. Сондықтан, осы құралдар үшін клизрон сияқты, $\Delta = \omega T_{tr} \gg 1$ параметрінің мәні.

Магнетронды түрдегі немесе типті аспаптар. М типті құрылғыларда заряд тасымалдаушылардың (электрондар) циклоидтік сегменттерден тұратын күрделі траектория бойымен қиылысатын тұрақты электр және магнит өрістерінде қозғалады. М типті құрылғылардың бірнеше типтері бар - автожигатқыштар мен микротолқынды күшейткіштер, екі ерекшелігі бар: жабық немесе ашық - олардағы электрондық ағын; резонаторлар жиынтығынан жабық немесе ашық сақина түрінде олардың құрылымында ұзаққа созылатын құрылымы бар. М типті құрылғылардың екі типті құрылғының принципі - магнетронды,



Сурет. 3.4. TWT электр схемасы



В

Сурет. 3.5. Магнетронды:

а - магнетронды магнит; б - амплитонның схемалық диаграммасы; с - магнетрон құрылысы

микротолқынды осциллятор және амплитон, микротолқынды қуат күшейткіші көрсетілген. 3.5, а, б және магнетронның учаскесіндегі құрылысы сурет. 3,5, с.

Екі құралды да тұрақты электр өрісі катодтан анодқа бағытталған және арнайы магнитпен жасалған тұрақты магниттік өріс фигураның жазықтығына перпендикуляр. Жаксы жылуды диссипациялауға арналған құрылғылардағы анод сұйықтық немесе ауа арқылы салқындатылған және жерге тұйықталған арнайы массивтік корпусқа орнатылады.

Магнетронды (3.5а-суретті қараңыз) шеңберде орналастырылған резонаторлар жиынтығынан тұратын электронды пучка мен кешігу жүйесі жабылады. Құрылғыда электронды пучк катодты және бұрыштық жылдамдықпен анодпен анодтың арасындағы кеңістікте айналдыра айналатын спицалардың пішініне топтастырылады.

Электромагниттік толқынмен катодты және анод арасындағы сақина бойымен айналатын электрондардың ағынын өзара әрекеттесу үшін, электромагниттік толқынмен біз $V_{\omega} = V_{\phi}$ күйін орындауға тиіспіз, ал V_{ω} - электронды тасымалдау жылдамдығы, ал V_{ϕ} - электромагниттік толқынның кеңістіктік гармоникасының фазалық жылдамдығы.

Магнетронды генерациялайтын өздігінен тербелу жиілігі үшін осы жылдамдықтардың теңдігі үшін, біз келесі өрнек аламыз:

$$f = \frac{U_0 N}{4\pi R h B}, \quad (3.1)$$

мұнда U_0 - анод және катодтың арасындағы тұрақты кернеу; h - олардың арасындағы қашықтық; R - электронның айналдыру шеңберінің орташа радиусы; B - тұрақты магнит өрісін индукциялау; N - резонаторлардың саны.

Шамамен нәтиже беретін формула (3.1) U_0 және B үшін кейбір маңызды мәндерден артық. Есептеу мысалында келтірілген шамалардың өлшемдері (3.1) келтірілген.

Мысал 3.1. Магнетронның жиілігін анықтаңыз $U_0 = 6\,000\text{ В}$, $N = 16$, $R = 0,05\text{ м}$, $h = 0,01\text{ м}$, $B = 0,01\text{ В} \cdot \text{с/м}^2$. Осы мәндерді (3.1) ауыстыру магнетрондағы өздігінен тербелу жиілігін аламыз $f = 1\,530\text{ МГц}$.

Амплитонда, магнетрон сияқты, электронды сәуле жабылады, бірақ резонаторлар жиынтығынан тұратын бәсеңдемейтін жүйе ашық. Кіру микротолқынды сигналы резонаторлардың бірі - кіріс сигналының біріне беріледі. Айналдыратын электронды сәулені өріспен өзара әрекеттесу нәтижесінде күшейтілетін сигнал соңғы резонатордан алынады.

М типіндегі құрылғылар 1,2 МВт-ға дейін күшейтеді және әсіресе күшті магнит өрісінде айналатын электронды пучка бар ондаған гигахерт жиілігі гиротрон деп аталады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ ¹

-
1. Электровакуумды құрылғылардың негізгі түрлері қандай?
 2. Электрондық шамның статикалық сипаттамасының көлбеуі қалай анықталады?

Қысқа толқынды электронды құрылғылардың үш түрінің жұмысын салыстыру: тікұшақты кистрон, ТВТ және магнетрон.

2. Триоде тікелей тікенді жарқыраудан қалай жұмыс істейді?
3. Электрондық құрылғының тиімділігі қалай анықталады?

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІК ЭЛЕКТРОНДЫҚ АСПАПТАР

4.1. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ӨТКІЗУ

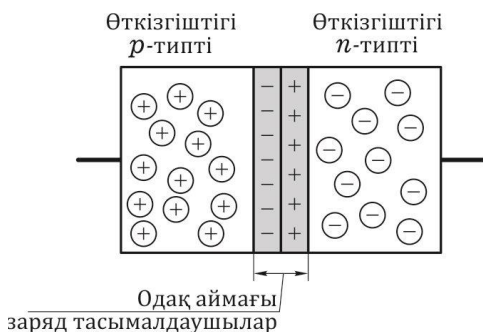
Өткізгіштігіне байланысты қатты бөлшектер өткізгіштерге (металлдар қосылады), жартылай өткізгіштер мен диэлектриктерге бөлінеді.

Жартылай өткізгіштердің негіздері германий, кремний немесе галлий арсенидінен алынған кристалдар болып табылады. Допингпен, яғни басқа элементтердің атомдары осы кристалдар құрылымына қосылса, жартылай өткізгіштегі теріс зарядтардың саны (электрондар) күрт артады электронды өткізгіштігі (n-түрі) немесе

оң заряд (тесіктер) - тесік өткізгіштігі (p-тип). Тесік электронды қабықшаның электрон болмаған кезде қарапайым квазибөлшектер болып табылады. Тесік - бұл оң заряд тасымалдаушы, абсолютті шамасында электронның $q \cong 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл зарядына тең (1.5 бөлімін қараңыз).

Германтан электронды өткізгіштігін алу үшін допинг, мысалы, сурьмой және фосфор, сондай-ақ гидрия индий және галлий болып табылады.

Бір облыста электрөткізгіштігі бар және басқа саңылауға ұқсас құрылымы бар жартылай өткізгіш құрылым электронды тесік өту немесе қысқартылған түрде p-n көшу деп аталады (4.1 сурет). Әр түрлі өткізгіштігі бар екі жартылай өткізгіштердің шекаралық аймағы (қалыңдығы бірнеше микрометрден көп емес) блоктаушы қабат деп аталады.. Бұл аймақта мобильді заряд тасымалдаушылардың шектеулі саны бар. Шекара қабатының ғарыштық шығындары германийлік p-n түйісуі үшін шамамен 0,3 ... 0,4 В құрайды және кремнийдің біреуі үшін 0,5 ... 0,6 В құрайды, нәтижесінде p-қосылысы меншікке ие болады бір жақты өткізгіш-



Сурет. 4.1. Электронды тесік өтуі:

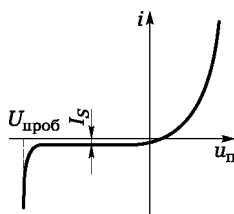
«+» Белгісі бар кернеулердің өткізгіштігі бар қабатқа тікелей, бірақ n - керісінше кернеуге ауысқанда керісінше.стресстің өткізгіштігінің белгісі бар қабатқа тікелей «-»,

Rn түйінінің статикалық сипаттамасы функциямен сипатталады

$$i(u) = I_s (e^{u/\varphi_T} - 1), \quad (4.1)$$

мұндағы u - p-n қосылысына қолданылатын кернеу, мВ; Кері ток немесе толассыз ток, А; φ_T - температура әлеуеті, $\varphi_T = 25,6$ мВ.

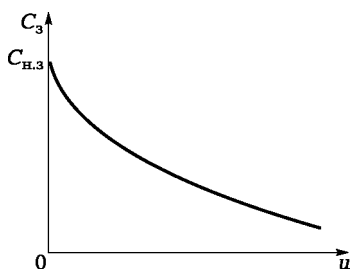
P-n түйінінің статикалық сипаттамасы (4.1), күріш. 4.2, екі секция бар: біреуі алдыңғы кернеу қолданылғанда ашық p-n-түйісіне сәйкес келеді, екіншісі кері кернеу астында жабық p-n түйісіне сәйкес келеді. Кернеу мен кернеудің абсолюттік мәнінен асып кететін кері кернеу, pn түйінінің электр разрядына әкеледі.



Тікелей
қосылу
+
p n
Қайта
қосу

Р л

Сурет. 4.2. Pn түйінінің статикалық сипаттамасы



Сурет. 4.3. Зарядтау қуаттылығының сипаттамасы

модельде ағымдағы i мәні ашық p -н түйісуінің белсенді шығындарының r_s қарсыласуымен шектеледі. Жабық p -н түйіні тосқауыл немесе заряд сыйымдылығымен сипатталады

Нағыз модельде ағымдағы i мәні ашық p -н түйісуінің белсенді шығындарының r_s қарсыласуымен шектеледі. Жабық p -н түйіні тосқауыл немесе заряд сыйымдылығымен сипатталады

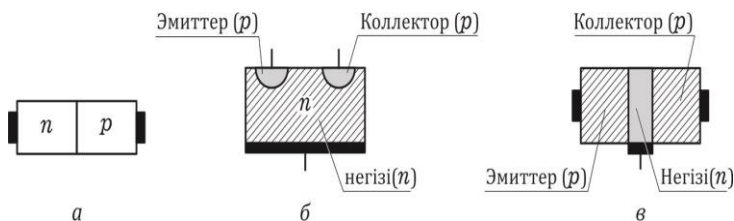
$$C_3 = \frac{C_H}{(1 + |u|/\varphi_0)^\gamma}, \quad (4.2)$$

онда C_H - p - n түйінінің бастапқы қуаты, пФ; және - p - n -түйісуіне қолданылатын кері кернеу, В; φ_0 - байланыс әлеуетін айырмашылығы, кремний, $\varphi_0 = 0,5 \dots 0,6$ В; γ - көшудегі қоспалардың құрамына байланысты (әдетте $\gamma = 0.5$) өтпелі коэффициент.

Зарядтау қуаттылығының сипаттамасы (4.2) күріш. 4.3.

Жүргізілген зерттеулер негізінде құрылған, диодтар деп аталатын екі электродты жартылай өткізгіш құрылғылар тікелей токты алу және радиоқабылдағыштың детекторлары ретінде кернеуді кернеу түзеткіштерінде қолданылады.

Электронды тесік өтпелері негізінде құрылады (4.4а-сурет) жартылай өткізгіш құрылғы, тек бір бағытта ток өткізуге ғана емес, күшейтуге де жарамды



Сурет. 4.4. Құрылымдар:

а - жартылай өткізгіш р-п-түйіні; б - өткір транзистор; ұшақ транзисторы

және түтік триоды сияқты жоғары жиілікті сигналды генерациялау ұзақ уақыт бойы сәтсіздікке ұшырады.

Алғашқы транзисторлар 1947 жылы пайда болды: нүкте (4.4, б) және планар (4.4, с), содан кейін жартылай өткізгіш электрониканың қарқынды дамуы бірнеше бағытта таралды. Олардың біреуі транзисторлардың жиіліктік, электрлік және басқа параметрлерін әртүрлі етіп жасауға болатын, екіншісі микроэлектроникаға айналды, ол бірінші кезеңде ондаған және қазіргі уақытта миллиондаған электронды тесікшелерден тұратын кристалдардың пайда болуына байланысты болды, ірі интегралды схемаларға біріктірілген. Сонымен қатар, радиотехниканың дамуындағы жаңа кезең келді, олардың көпшілігі жартылай өткізгіш құрылғыларға айналды.

Қазіргі уақытта электронды өнеркәсіпте диодтар, транзисторлар, тиристорлар, варикаптар, интегралды микросхемалар арқылы жартылай өткізгіш құрылғылардың келесі түрлері жасалады.

4.2. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ДИОДТАР

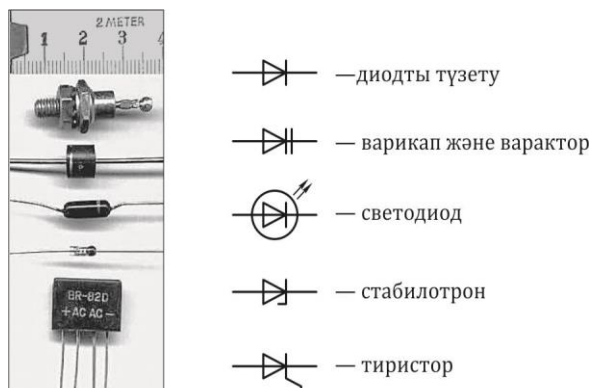
Жартылай өткізгіш диодтың бір п-п түйіні бар. Бұл ереженің ерекшелігі - тек бірнеше р-п түйірлері бар қуатты негізгі элемент - тек тиристор. Электрондық құрылғыларда әртүрлі мақсаттар үшін пайдаланылатын диодтардың түрлі типтері пайдаланылады. Диодтар бірнеше сипаттамаларға сәйкес жіктеледі.

Бірінші белгі диодтың мақсаты бойынша анықталады. Мұнда олар ажыратқыш, импульстік, генератор, араластырғыш, кілт және детекторлық диодтарды ажыратады. Кейбір диодтардың арнайы атаулары бар: тұрақты кернеуді тұрақтандыруға арналған зерер диодтары; Сигналды жиілігін көбейтуге қызмет ететін варактерлер; сигнал жиілігін реттеу үшін пайдаланылатын вариант; жоғары токтармен схемаларды

ауыстыруға арналған тиристорлар; Жарықты электр сигналына түрлендіретін жарық диодтар. Диодтың әртүрлі түрлерінің әдеттегі бейнесі сурет. 4.5.

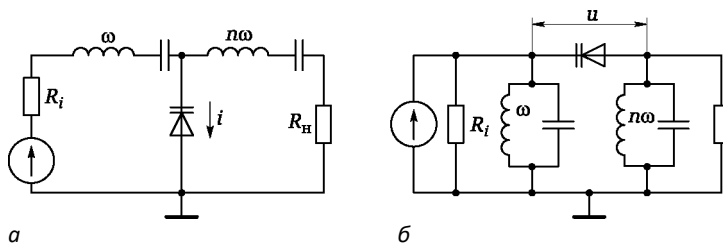
Жіктелудің екінші белгісі диодтың (төмен жиіліктегі, жоғары жиіліктегі және ультра жоғары жиілікте) қолдану жиілігінің диапазонымен анықталады, ал үшінші - оның қуаты.

Міне, түрлі мақсаттар үшін диодтарды пайдаланып, кейбір электронды схемалар.



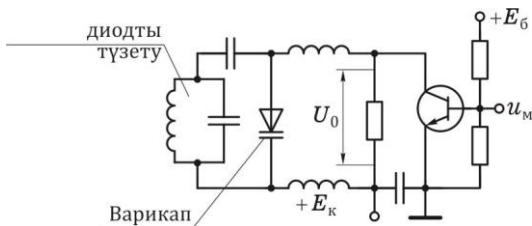
Сурет. 4.5. Схемалардағы диодтардың тағайындалуы

Мысал 4.1. Параллельді және дәйекті түрдегі микротолқынды сигнал жиілігінің варактердің мультипликаторы (4.6-сурет). Схемада бір тізбек f сигналының f жиілігіне, ал екіншісі nf жиілігіне, n бүтін санға тең болады. Варактердің п-п-түйісуінің сызықты емес сыйымдылығының арқасында сигналдың пішіні оның бұрышында бұзылады, бұл сигналдың жиілігін көбейту үшін n -ші гармониканы оқшаулауға мүмкіндік береді.

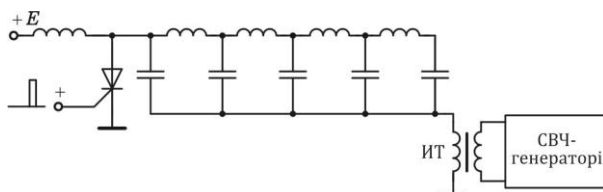


Сурет. 4.6. Варактердің жиіліктік мультипликаторы: а - параллель түрі; б - дәйекті түр

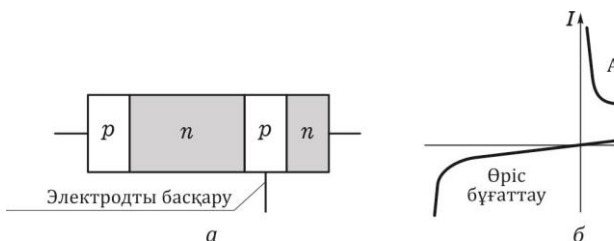
Мысал 4.2. Осциллятордың вариантты жиілігін бақылау (4.7-сурет). Р-п түйісіне қолданылатын кері кернеу өзгергенде (4.2) оның тосқауыл сыйымдылығы өзгереді (4.3-суретті қараңыз). Р-п-қосылысының бұл қасиеті оны өрнекке сәйкес вариакпты (арнайы түрдегі диодтың) көмегімен тербелмелі контурдың резонанстық жиілігін өзгертетін элемент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді



Сурет. 4.7. Параметрімен басқару элементі



Сурет. 4.8. Импульстік модулятор



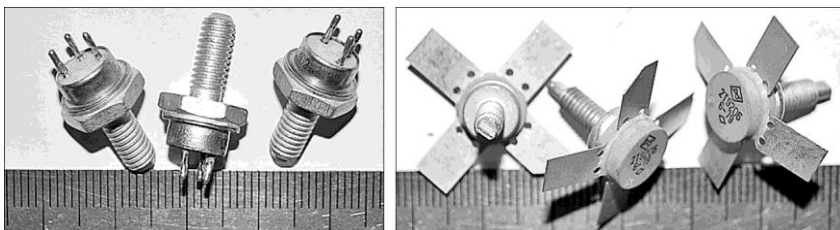
Сурет. 4.9. Тиристор а - құрылымы; б - статикалық сипаттамасы

үшінші электродты басқаратын электрод деп атайды. Тиристордың бір түрінің құрылымы, сонымен қатар кремнийді басқару клапаны деп аталады. 4.9, а, статикалық сипаттамасы күйіш. 4.9, б. Жоғары ток және төмен кернеудің төмендеуі бар құлпын ашу аймағында, тиристор басқару электродына оң импульс қолданылғаннан кейін ғана өтеді. Блоктау аймағында тиристор негізгі кернеуді алып тастағаннан кейін өтеді.

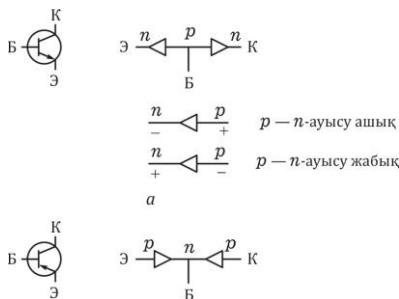
Кейбір транзисторлар түрлерінде көрсетілген. 4.10. Транзисторлардың жіктелуі, сондай-ақ диодтар бірнеше негізде мүмкін. Біріншісі жиілікте (төмен жиіліктік, жоғары жиілікті және жоғары жоғары жиілікті), екіншісі транзистордың күшімен, ал үшінші құрылымымен анықталады.

Соңғы жағдайда транзисторлар екі үлкен сыныпқа бөлінеді - биполярлық және өріс. Биполярлық транзисторларда екі электронды тесік бар, тиісінше, үш электрод бар: коллектор, эмитент және база, олар екі үлкен топқа бөлінеді: $n - p - n$ және $p - n - p$, . 4.11.

P - n -өтулерінің құрылымы ретінде n - p - n типті транзистордың моделі күріш. 4.12, а. Әрбір p - n -түйіндері оған тікелей немесе кері бағытқа келетін кернеуге байланысты ашық немесе жабық күйде болуы мүмкін. Нәтижесінде, қолданбалы кернеулердің полярлығына байланысты биполярлы транзистордың төрт жағдайы бар (4.1-кесте) және тиісінше, оның статикалық сипаттамалары жазықтықта төрт аймақ,



Сурет. 4.10. Транзисторлар

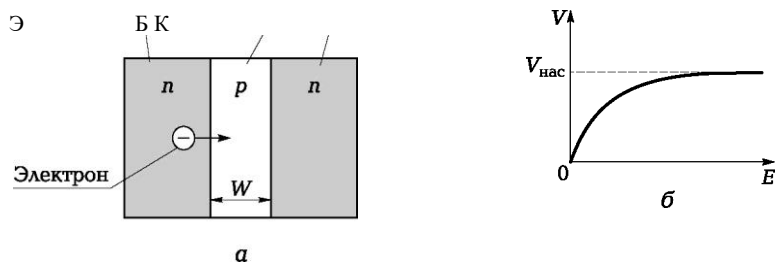


Сурет. 4.11. Схемаларда транзисторлардың бейнесі: а- n - p - n -түрі; б- p - n - p -түрі

$IK = \Phi$ (гБ, уК) коллекторының кернеуі: коллекторлық ток ток: 1, белсенді 2, қанықтыру 3, кері 4 (сурет 4.13). Қаныққан аймақ 3 (сурет 4.14) қанықтылықтың кедергісімен сипатталады:

$$r_{нас} = u_{KЭнас} / i_{KЭнас}.$$

Белсенді аймақтың i_K -дағы коллекторлық ток базасының i_B ағымдағы мәніне байланысты. Р-н түйісіне кері кернеу кернеу мен кернеуден асатын кері кернеумен заряд тасымалдаушылардың күрт ұлғаюымен бірге - электр қозғалысы бұзылады - олардың көшкін көбейтуі (4.13-сурет, 5-сурет). Осыған батуы



Сурет. 4.12. Биполярлы транзистор:

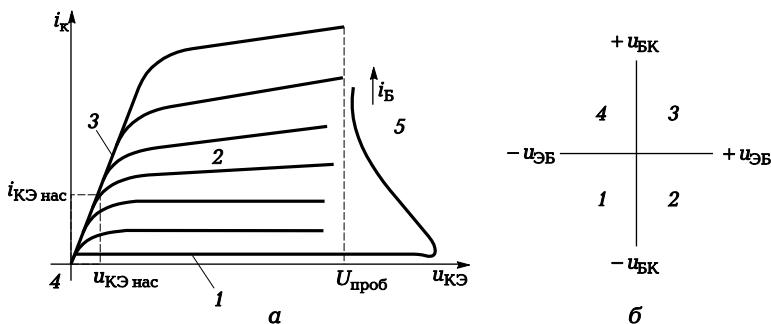
а - құрылымы; б - электр өрісінің күшіне электрондардың ұшу жылдамдығынан тәуелділігі

Кесте 4.1.

Қосу коллекторлық торап	Эмитетті ауыстыру көшу	Ауданы сипаттамалары
Кері	Кері	Кесу 1
Кері	Тікелей	Белсенді 2
Тікелей	Тікелей	Қанықтылық 3
Тікелей	Кері	Кері 4

Өңірге жол берілмейді, себебі рп түйінінің бұзылуы құрылғы қайтарылмайтын құбылыс болып табылады.

Үш құбылысқа негізделген, пр түріндегі биполярлық транзисторлардың анализіне тоқталайық: эмитенттің базалық аймаққа электрондарды енгізу, олардың базалық аймақта жинақталуы (р-типті өткізгіштігі бойынша, электрондар аз заряд тасымалдаушылары) электрондарды сыртқы электр өрісінің әсерінен базадан коллекторға беру (4.12-суретті қараңыз). Осындай физикалық процестерде сигнал жиілігін арттыра отырып, құрылғының қуатын арттыруға мүмкіндік бермейтін шектеулер бар. Бірінші шектеу жартылай өткізгіштегі электрондардың шекті жылдамдығына байланысты. Осылайша, кремний үшін электр өрісінің беріктігіне байланысты бұл жылдамдық 107 см / с аспайды (4.12-сурет, б). Екінші шектеу шектеу мәніне байланысты



Сурет. 4.13. Кесте бойынша биполярлы транзистордың төрт жағдайы. 4.1: а - статикалық сипаттамалар жазықтықта; б - кернеудің полярлығына байланысты

электр өрісінің кернеуі E_{np} , ол электрдің бұзылуынан асып түскен кезде. Кремнийде $E_{np} = 2 \cdot 10^5$ В/с. Нәтижесінде, жиілік көбейген сайын транзисторлардың күші азаяды.

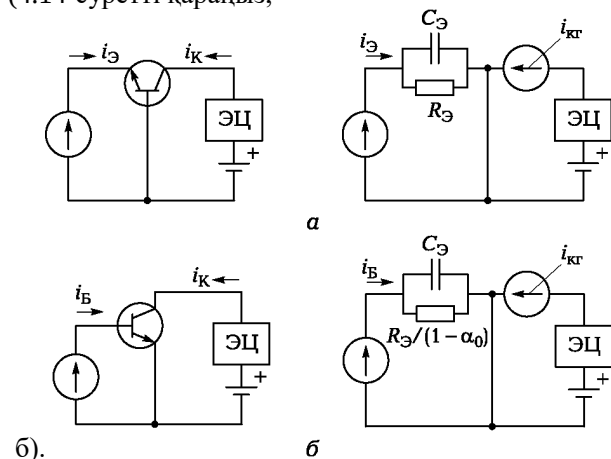
Транзистордың теориялық үлгісінде жалпы негізде тізбектегі белсенді аймақта жұмыс жасайтын процестер (сурет 4.14, а) екі теңдеулермен сипатталуы мүмкін:

$$i_{\text{э}} = \frac{Q_B}{\tau_{\text{э}}} + \frac{dQ_B}{dt}; \quad (4.4)$$

$$i_K = i_{K\text{т}} = \frac{Q_B}{\tau_T}, \quad (4.5)$$

мұнда Q_B - базаның заряды, Кл; $\tau_{\text{э}}$ - базалық аймақтағы (n-p-n транзисторларында олар электрондар) минералды заряд тасымалдаушылардың орташа қызмет мерзімі; с; τ_T - базалық аумақта зарядтаушылардың ұшу уақыты; $I_{K\text{т}}$ коллекторлы тізбектегі баламалы

Транзистордың электродтарының қайсысының кіріс және шығыс тізбектеріне ортақ екеніне байланысты жалпы базасы бар тізбектің айырмашылығы бар (4.14-суретті қараңыз, а) және жалпы эмитент (4.14-суретті қараңыз,



Сурет. 4.14. Транзисторлық схема:

генератордың ағымы.

a - жалпы базасы бар; b - ортақ эмитентпен; ЕС - электр тізбегі; r_k - коллекторлық тізбектегі баламалы генератордың ток

Суретте көрсетілген эквиваленттік схемаларды талдау. 4.14, ағымдағы күшейту коэффициенттері үшін келесі өрнектерді алуға мүмкіндік береді:

■ ортақ-базалық тізбектегі ағымдағы пайда

$$\alpha(j\omega) = \frac{i_k(j\omega)}{i_b(j\omega)} = \frac{\alpha_0}{1 + j(f/f_a)}; \quad (4.6)$$

■ бірдей магнитоланың модулі

$$|\alpha(j\omega)| = \frac{\alpha_0}{\sqrt{1 + j(f/f_a)^2}}; \quad (4.7)$$

■ Жалпы-эмитент тізбегінің ағымдық күшейту коэффициенті

$$\beta(j\omega) = \frac{i_k(j\omega)}{i_b(j\omega)} = \frac{\beta_0}{1 + j(f/f_\beta)}; \quad (4.8)$$

■ бірдей магнитоланың модулі

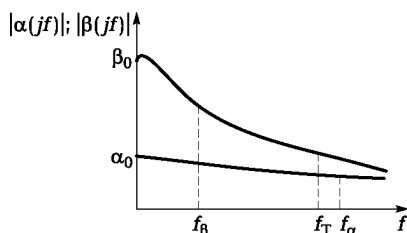
$$|\beta(j\omega)| = \frac{\beta_0}{\sqrt{1 + j(f/f_\beta)^2}}; \quad (4.9)$$

Төмен сигнал жиілігінде ағымдағы күшейту коэффициенттері өзара байланысты

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0}, \quad (4.10)$$

Мұнда $\alpha_0 < 1$.

Функциялар (4.7) және (4.9) күріш. 4.15, олар үш шекаралық жиілікті белгілейді: f_α - жалпы базасы бар схема үшін, f_β - ортақ эмитегі бар тізбек үшін,



Сурет. 4.15. Транзисторлық пайданың тоққа тәуелділігі

Максималды мәнмен салыстырғанда пайда факторлары 1,47 есе азайды; f_T - транзисторлық күшейтудің жоғарғы жиілігін анықтайтын шекаралық жиілік.

Транзистордың жиіліктік қасиеттерін сипаттайтын ең маңызды параметр - өшіру жиілігі:

$$f_T = |\beta| f. \quad (4.11)$$

Оның (4.7) және (4.9) салыстыруынан келіп шығатынымыздай, қазіргі кездегі пайда және, осылайша, қуат алу коэффициенті, ортақ эмитент тізбегінде ортақ негізде схемадан үлкенірек. Алайда, шекаралық жиілікке жақын жоғары жиіліктер аймағында олар аз ерекшеленеді.

f_T жиілігінің мәні эксперименталды жолмен оңай анықталуы мүмкін. Осы мақсатта, (4.11) сәйкес, біз жалпы коэффициенттің модулін өлшеу жүргізілетін жиілікте жалпы имитатормен (сурет 4.14, б) өлшеуге және алынған мәнді көбейтуге тиіспіз. Транзисторлық генераторды күшейтудің максималды жиілігі, әдетте, f_T -дан аспайды. $f = f_T$ кезінде жоғары қуатты RF және микротолқынды биполярлық транзисторлардың күшейту коэффициенті 6 дБ-дан аспайды, яғни 4 есе қуатта болады.

Транзистордың максималды рұқсат етілген параметрлері. Биполярлық транзисторларда токтар, п-н түйіндеріндегі кернеулер және диссипация қуаты шектеулі, бұл төмендегі ең рұқсат етілген параметрлерді анықтайды:

- коллекторлық токтың импульстік мәні;

- үздіксіз режимде коллектор тогының тұрақты компоненті;
- кернеу мен сынаудан асып кетпейтіндей, ең жоғары коллектор-эмитер кернеуі мен коллекторлы базасы (әдетте транзисторлардың арнайы түрлерін қоспағанда 45 ... 65 В аспайды) (4.13-суретті қараңыз); базалық-эмитенттің кері кернеуінің шекті мәні (әдетте 4,6 В-дан көп емес), осы п-і-қосылысының бұзылу кернеуінен аспайды;
- РК, ұсақ коллектор.

Транзисторлық / Т күшейтудің шекті немесе шекаралық жиілігі.

Бұл жиілік заряд тасымалдаушылардың тасымалдау уақытын W қалыңдығы базалық аймағы арқылы тікелей байланыстырады (4.12-суретті қараңыз, а). Оның мәні формула бойынша есептеледі

$$f_T = \frac{1}{2\pi\tau_T} = \frac{V_{нас}}{2\pi W}. \quad (4.12)$$

Формуланың (4.12) формуласынан негізгі қабаттың қалыңдығы неғұрлым аз болса, транзисторлы шекаралық жиілік неғұрлым жоғары болса, яғни күшейтілген сигналдың максималды жиілігі. Формуланы (4.12) пайдаланатын есептеулер микротолқынды диапазонда жұмыс істейтін транзисторлар үшін $W < 1$ мкм болуы керек екенін көрсетеді. Бұл талаптың орындалуы өте күрделі технологиялық тапсырма болып табылады, оны шешу үшін транзистор өнертабысынан кейін жиырма жылдан астам уақыт өтті.

Ерекше планарлы технологиялар ғана қажетті қасиеттері бар өте жіңішке жартылай өткізгіш қабаттарды алуға мүмкіндік берді.

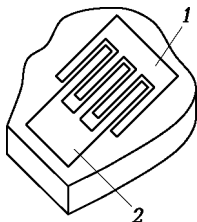
Мысал ретінде $f_T = 400$ МГц транзисторларда базалық аймақтың қалыңдығы $W = 0.7$ мкм, ал $f_T = 1 \dots 2$ ГГц - $W = 0,2, 0,3$ мкм.

Көрсетілген екеуден басқа (транзистордың қуатын ұлғайту үшін шектеулі заряд тасымалдаушыны ауыстыру жылдамдығы және рұқсат етілген электр өрісінің беріктігі), екі транзистордың қуатын арттыру үшін шектеу факторы бар: рп түйісетін рұқсат етілген температурасы (кремний 150, 200 ° С аспайды) және ауыстырудың әсері. Соңғысының мәні, ағымдағы тығыздық артып келе жатқанда, заряд тасымалдаушылардың трансмиссиясы эмитенттің сыртқы жиегіне оралуға мәжбүр болады. Нәтижесінде, ағымдық мән эмитент аймағымен емес, периметрмен анықталады, бұл жиіліктегі қуатты арттыруға мүмкіндік бермейді. Соңғы шектеулер эмитенттің периметрі айтарлықтай кеңейтілмеген, көп эмитент құрылымы деп аталатын құру арқылы еңсерілді.

Бір жолақ сызығы деп аталатын осы құрылымдардың бірі Сур. 4.16. Бұл құрылымда эмитенттің 1 тарақ құрылымы бар. Сол пішінде негіздің байланыс алаңдары бар. Құрылымдағы коллекторлар жиі

кездеседі. Құралдағы жолақтардың жалпы саны (эмитенттер) бірнеше ондағанға жетуі мүмкін.

Мысалға, біз типтік транзисторлық микротолқынды транзистордың параметрлерін береміз: бір эмитент жолағының өлшемі 16×240 мкм; эмитент жолақтарының саны 18; коллектордың алаңы $0,22$ мм²; барлық эмитенттердің жалпы периметрі - 8 мм; алаңы $0,065$ мм². Осыдан



Сурет. 4.16. Көп эмитенттердің жолақ құрылымы: 1 - эмитент; 2 – базасы

Мысалға, қуатты микротолқынды биполярлы транзистордың өлшемдері қаншалықты кішкентай екенін және оның өндірісінің технологиясы қаншалықты күрделі болуы керектігін көрсетті.

Жалғыз кристалдағы микротолқынды транзистордың шығу қуатын арттыру үшін бірнеше құрылымдар орналасқан және бір корпуста бірнеше кристалдар орналастырылады. Транзистордың кристалындағы ыстық жылу оның корпусына бағытталуы керек. Сонымен қатар, электродтардың электр оқшаулануы құрылғының корпусына қатысты берілім керамикасы қолданылатын - жоғары жылу өткізгіштігі бар диэлектрик (Латвиядағыдай) бойынша берілген. Корпусы бар жоғары қуатты транзисторларда схемаға байланысты эмитент немесе база қосылады. Жоғары қуатты микротолқынды транзисторлардың бірнеше түрі суретте көрсетілген. 4.10.

Транзистордың жұмысы әртүрлі мақсаттарда каскадты құрылғыдағы жұмыс режимін есептеу және оның жұмыс істеуі үшін дұрыс жағдайларды анықтауға мүмкіндік беретін көптеген сипаттамалармен және параметрлермен сипатталады.

4.3.

ДАЛАЛЫҚ ТРАНЗИСТОРЛАР

Жұмыс принципі және балама схема. Өріс транзисторы негізгі заряд тасымалдаушы-электрондардың немесе тесіктердің бір түрі тасымалданатын біртекті жартылайкөверлік құрылғылар санатына жатады. Құрылғыда Ом шығындарды азайту және 6 барынша жиілігі пайда көтеруге мүмкіндік береді, әдетте арсенид галлий (GaAs) микротолқынды транзисторлар үшін материалдық ... 8 ГГц.

Дала-эсерлі транзисторлардың бірнеше түрлері әзірленді. олардың

арасында бұрыннан бар айырмашылықтардың бірі жартылай өткізгіш арнада қозғалмалы тасымалдаушылардың ағынының бақылау әдісімен байланысты. Осы ерекшеліктерге сәйкес, құралдың үш түрі бар:

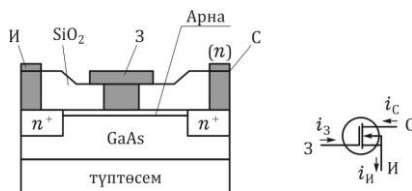
1) оқшауланған қақпасы құрылымы немесе металл-оксиді-жартылай өткізгіш, қысқаша МОП транзисторлар деп аталады;

2) p-n-түйінін басқару;

3) Металды жартылай өткізгіш Шоттканың тосқауылымен.

4) бірінің диаграммаларындағы құрылым және шартты кескін

Далалық эффект транзисторы күріш. 4.17. Зинк қақпасына қолданылатын кернеу арқылы жасалған электр өрісі көзден су ағызуда дейінгі арнадағы зарядтардың ағынын перпендикулярға бағыттайды. USk шамасының өзгеруімен, олар ағымдық ағынмен жұмыс істейді, бұл ток шығуын көбейтеді немесе азайтады



Сурет. 4.17. Дала транзисторы: а - құрылымы; б - шартты кескін

құрылғы. Далалық эффект транзисторының жиілік сипаттары уақытша тұрақты мәнмен анықталады

$$\tau = \tau_{\text{Зкан}} + \tau_{\text{кан}}, \quad (4.13)$$

мұндағы $\tau_{\text{Зкан}}$ - қақпақ каналы тізбегінің уақытша тұрақтылығы;

$\tau_{\text{кан}}$ - арнадағы көзден су ағызуда дейінгі заряд тасымалдаушылардың ұшу уақыты.

Баламалы генераторлық ток кернеу тікелей қақпақ-арна секциясына қолданылатын анықталады. Сондықтан бірінші аппроксимациядағы ағынды ток үшін біз жаза аламыз

$$i_C = S_0 u_{3кан} = \frac{S_0}{1 + j\omega\tau_{3кан}} u_{вх}, \quad (4.14)$$

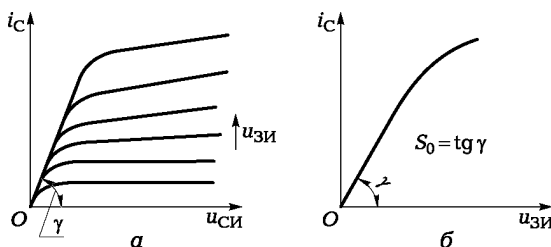
мұндағы қақпа мен арна арасындағы кернеу; $u_{вх}$ - кернеу құрылғының кірісінде; S_0 - статикалық сипаттаманың көлбеуі.

(4.14) сәйкес, ағызу ток амплитудасының сигнал жиілігіне тәуелділігі берілген

$$i_C = \frac{S_0}{\sqrt{1 + (\omega\tau_{3кан})^2}} U_{вх}, \quad (4.15)$$

Формуланың (4.15) формуласы бойынша, өріс әсеріндегі транзисторларда, биполярлы түрде, құралдың қуатының артуы жиілікте азаяды.

Вольт-ампер немесе далалық әсер транзисторының статикалық сипаттамалары. Жалпы көзден транзисторлық тізбектегі сипаттамалардың отбасыларының екі типі бөлінеді: ағызу ток көзінен кернеудің ағызуына және қақпақ көзі $i_C = \Phi(U_{си}, U_{зи})$



Сурет. 4.18. Дала-әсерлі транзистордың ағынының кернеуінің сипаттамасы: а - ағызу көзі; б - қақпа көзі

Сурет. 4.18, а және ағызу тогының $i_C = \Phi(U_{зи})$ қақпағының кернеуіне тәуелділігі (4.18, б).

Сызықтық секцияның бейненің беткейлері $i_C = \Phi(U_{зи})$ (бұр. Сур. 4.18, б) статикалық көлбеу көлбеуін анықтайды. Сыртқы транзистордың статикалық сипаттамалары биполярлық транзисторларға жақын (сур. 4.13, а). Алайда, биполярлық транзистордың кіріс тогы (ортақ эмитент схемасы бойынша - базаның ағымы), өріс біреуі қақпақ көзінің кіріс кернеулері арқылы бақыланады.

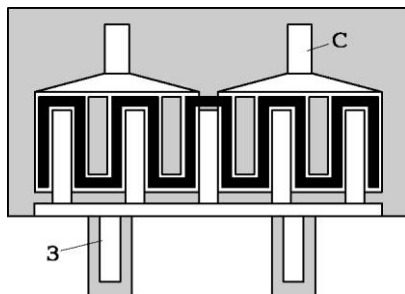
Транзистордың ең рұқсат етілген параметрлері. Күшті өріс әсерін беретін транзистор токтар, электродтар мен диссипация күші арасындағы кернеумен шектеледі, соның ішінде: импульсное (пиковое)

значение тока стока;

- Үздіксіз режимде ағызу тоқының тұрақты компоненті;
- үздіксіз режимде тұрақты ток тізбегінің компоненті;
- ағызу көзі кернеуінің, қақпақ көзі мен қақпа ағынын тұрақты және ең жоғары мәндері;
- құрылғының қуаты азайған.

Дала-эсерлі транзистордың қуатын арттыру үшін көп арналы құрылымдар пайдаланылады, кейбір жағдайларда кейбір кристалдар орналастырылады. Жоғары қуатты далалық эсерлі транзистордың осындай көп арналы құрылымының мысалы келтірілген. 4.19. BLF278 үлгісіндегі арсенида галлий транзисторларының күшті өріс схемасында шартты бейнесі және 108 МГц жиіліктегі динамикалық сипаттамалары ($P_{mv} = \Phi(P_{вх})$) кіріс қуатына тәуелділігі) көрсетілген. 4.20. BLF278 транзисторлы түрлендіргіштің тиімділігі 60% құрайды, бұл кіріс 16 ДБ-ден артық.

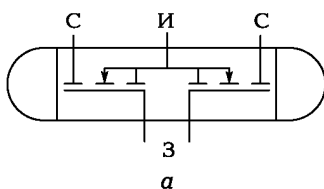
Биполярлық транзисторды далалық транзистормен салыстыру. Құрылғыларда орын алатын физикалық процестердің арасындағы айырмашылық мыналар болып табылады:



Сурет. 4.19. Көп арналы жолақ құрылымы

Биполярлық транзисторларда жартылай өткізгіш негізгі заряд тасымалдаушыларды да, негізгі емес тасымалдаушыларды да қамтиды; далада - тек негізгі. Биполярлық транзисторлардағы құрылғының ағымдағы бақылауы базалық аймақта жинақталған шикізаттық емес тасымалдаушылардың заряды есебінен жүзеге асырылады; өрісте - жартылай өткізгіш арнада жүретін заряд тасымалдаушылардың ағысында электр өрісінің әсерінен, бұл ағынға перпендикуляр бағытталды.

Биполярлық транзисторлардағы құрылғының қуатын арттыру үшін көп ретті эмитент құрылымын, өрісте - көп арналы арнаны пайдаланыңыз. Екі түрдегі жоғары қуатты RF транзисторлары үшін материал кремний; Микротолқынды қондырғыларда кремнийден басқа, галлий арсениті де қолданылады.



Сурет. 4.20. BLF278 транзисторлық түрі:

а - шартты сурет; б - динамикалық сипаттамасы

Шығу сигналының қуатын және максималды көбейту жиілігін арттыру радио генераторлардың генераторлық каскадтарында пайдаланылатын транзисторлардың екі түрін дамытудың негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Жартылай өткізгіш құрылғыдағы осы екі қасиеттің комбинациясы кремний және арсенидті галлий транзисторларын жасау арқылы белгілі бір дәрежеде көп эмитентті және көп арналы құрылыммен шешілді.

Генерацияланатын транзисторлардың дамуындағы басқа бағыт олардың күшейтілген сигналдарын күшейте отырып, олардың сызықтық қасиеттерінің артуымен байланысты.

Күрделі кестеде негізгі жиілік диапазонындағы күшті биполярлық және далалық тиімді транзисторлардың бірнеше түрінің негізгі параметрлері (f күшейту f , жиіліктік күші P_1 , Раман күшейткіштің күшейту коэффициенті және тиімділік коэффициенті) берілген. 4.2.

Түтік триодтарынан транзисторлардың екі түрінің арасындағы айырмашылық заряд тасымалдаушылар (электрондар мен тесіктер) жартылай өткізгіш материалда, ал шамдағы вакуумдағы заряд тасымалдаушылары (электрондар) қозғалады. Сонымен қатар заряд тасымалдаушыларын бақылау механизмі әртүрлі. Электрондық құрылғылардың екі түрін де олардың мақсатына жақындату - сигналды генерациялау және күшейту, сондай-ақ статикалық сипаттамалардың

пайда болуы.

Айта кету керек, транзисторлар, кейіннен микроэлектроника интегралдық схемалармен түбегейлі өзгерді

Кесте 4.2.

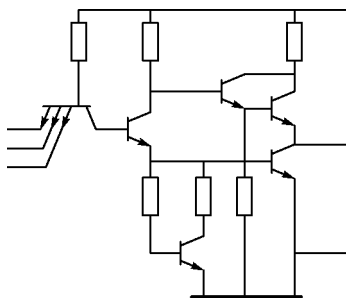
Транзистор түрі	Жиілік, МГц	Энергияны тұтыну P_1 , Вт	Кіріс, дБ	КПД, %
КТ-9133А — биполярлық	200	50	6	50
BLF278 — далалы	225	250	16	60
КТ-931А — биполярлық	175	80	7	60
КТ-930Б — биполярлық	400	75	7	50
МХ0912В51У — далалы	1 200	325	7	40
2П983Б — далалы	2 000	105	8	32
ВЛS3135-65 — далалы	3 000	65	7	40

радиотехникалық қондырғылар, оларды электрқұмар санатынан жартылай өткізгіш категориясына ауыстыру. Дегенмен, радиотехниканың дамуы үрдісі транзисторлар мен ірі интегралды схемалар өнертабысын ынталандыру үшін компьютерлер сияқты көптеген электронды құрылғыларда қолданылатын миниатюралық, сенімді және ұзақ мерзімді құрылғылар жасау болып табылады.

5 тарау

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

5.1. ИНТЕГРАЦИЯЛЫҚ МИКРОСХЕМА



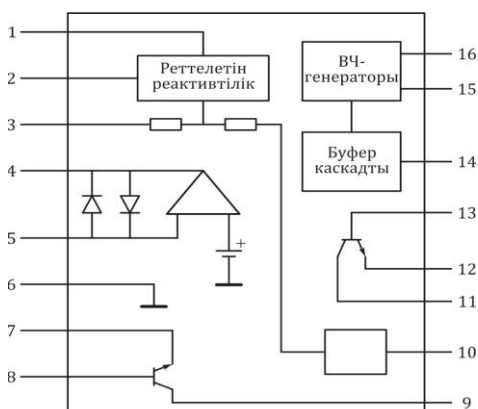
Сурет. 5.1. И—НЕ
түріндегі интегралдық чип

қосылу. Гибридті АЖ екі технологиямен - жартылай өткізгіш және пленкамен өндіріледі.

Интеграция дәрежесі бойынша, яғни IMS құрамына кіретін N элементтері мен компоненттерінің саны бойынша IMS бөлімі қарапайым — $N \leq 10$; орташа — $10 \leq N \leq 100$, үлкен (БИС) — $100 \leq N \leq 10\,000$ және супер-үлкен (СБИС) — $N \geq 10\,000$.

Модельді қозғалтқыштың жиілігі 50 ... 150 МГц негізіндегі және 20 ... 30 мВт күші бар, Motorola компаниясы шығарған MC2833 интегралдық интегралдау дәрежесінің интегралды схемасының мысалы мысалға келтірілген. 5.2. Чипке жоғары жиілікті сигнал күшейтетін автогенератор, жиіліктегі модулятор және екі жоғары жиілікті транзистор кіреді (қорытындылар 7 — 8 — 9 и 11 — 12 — 13).

Схемаға сыртқы элементтер - кварц,



Сурет. 5.2. Төмен қуатты радио таратқыш

тізбектер мен бірнеше резисторлар мен конденсаторлар, бұл IMS көмегімен сіз төмен қуатты радио таратқышты жасай аласыз.

Ақпаратты өңдеуді жүзеге асыратын микропроцессорлық-программалық-басқару құрылғыларында пайдаланылатын LSI-тің және жоғары сапалы VLSI-дің рөлі ерекше. Онда қолданылған АЖ-ны ондаған, тіпті жүздеген мың транзисторлар және басқа жартылай өткізгіш элементтер бар.

Жыл сайын интегралды схемалар электронды құрылғыларда жиі қолданылады және басқа технологияларды ауыстырады. Кәдімгі тізбектермен салыстырғанда, АЖ-лар аз талап етілетін орталарда, жылдамырақ және сенімдірек болады.

5.2. ИНТЕГРАЦИЯЛЫҚ МИКРОКРИУЛАРДЫ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Жартылай өткізгіш – диэлектрикке қарағанда электрөткізгіштігі әлдеқайда көп, мысалы, әйнек, бірақ мыс секілді өткізгіштерден әлдеқайда аз болатындығын ескеру қажет. Кремний сияқты жартылай өткізгіш материалдың кристалдық торында бөлме температурасында тым аз еркін электрондар бар, сондықтан таза жартылай өткізгіштерде төмен өткізгіштігі бар. Кремнийге тиісті қоспаны енгізу электр өткізгіштігін арттырады.

Микроэлектрониканы дамытудағы шешуші қадам кремнийге негізделген планарлы технологияны құру болды, ол екі негізгі операцияларды қамтиды: фотолитография және диффузия. Біріншіден, қалыңдығы 10 ... 20 мкм болатын жұқа эпитаксиалды пленка (SiO_2) қоспалардың енуіне сенімді кедергі болатын арнайы кремний бетінде алынады. Бұдан басқа, арнайы фотомета - мөлдір материалдан жасалған пластина шығарылады, онда эпитаксиалды пленкадағы жартылай өткізгіш пластинаға берілетін үлгі жоғары дәлдікпен жасалады. Фотолитография көмегімен, жасалынған микросхеманың конфигурациясын анықтайтын фототүскен алынған сурет 2,3 мкм мөлшеріндегі «терезелер» пайда болған фильмге көшіріледі.

Келесі кезең диффузия деп аталады, «терезелерге» қажетті өткізгіштіктер алу үшін қажетті қатаң өлшенген қоспаларды енгізу болып табылады. Осылайша, мысалы, фосфор немесе мышьяк кремнийге электронды өткізгішті (n-типті) бар секцияны енгізеді және кремнийге бор өткізгіштігі (p-тип) енгізіледі

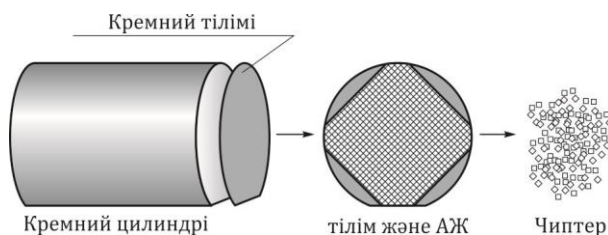
ІС дайындау процесінде, осындай диффузиялар мен эпитаксиалды

өсімге дейін, n-типті кремний алу үшін, топырақтағы қоспаларды біркелкі бөлу арқылы жүзеге асырылады. Әр диффузиядан бұрын пластинаның беті тотықтандырылады және «терезелер» фотолитография әдісімен ашылады. Әр түрлі қоспаларды сол аймақтарға баламалы енгізу бір-бірінен әртүрлі қашықтығы бар бірнеше нүктелерді жасауға мүмкіндік береді және осылайша қажетті параметрлермен транзисторларға «өседі». ИС-ның барлық басқа элементтері де осындай технологияны қолданып, бірнеше кезеңде жасалады. Бұл жағдайда транзисторлардың базалық аудандары резистор ретінде пайдаланылады, ал конденсаторлар коллектор немесе эмитент рп түйіні болып табылады.

Бір кремнийдің вафтерінде бір уақытта бірнеше жүз фишкалар (фишкалар) дайындалады, олардың әрқайсысы өлшемі бірнеше миллиметрден аспайды (5.3-сурет).

Сызықты LSI үлгісі, оның ішінде екі биполярлық транзисторлар және оның құрылымы планарлы технологияны қолданумен жасалған. 5.4. Схемада L-p-l түріндегі транзисторлық T1 ток генератордың рөлін атқарады, үш коллекторлы транзисторлық T2 - түрлендіргіш рөлі, яғни фазалық айналдыру сигналы. Осы үш коллектор басқа транзисторлардың жинағыштарына қосылған, NON-OR типті логикалық схемасын құруға мүмкіндік береді. Суретте көрсетілген тізбектің ерекшелігі. 5.4, а, кремний диафрагасындағы салыстырмалы үлкен аймақты алатын жоғары төзімді резистордың қажеті жоқ.

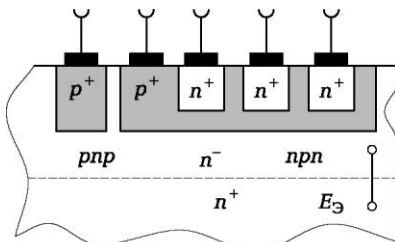
Бірінші кезеңде ИМС ондаған электронды тесіктерді есептеді. Қазіргі уақытта БИС және



Сурет. 5.3. Силиконның вафлиі



6



АНАЛОГТЫҚ СЫЗЫҚТЫҚ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

6.1.

АНАЛОГТЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ЖІКТЕЛУІ

Электрондық құрылғылардың әр түрлілігімен, сигнал түріне байланысты оларды келесі үлкен топтарға бөлуге болады: аналогтық, импульстік және сандық (1.2-бөлімін қараңыз).

Өз кезегінде үздіксіз сигналдармен жұмыс істеуге арналған аналогты электронды құрылғылар төмендегілерге сәйкес жіктелуі мүмкін:

- белгілеу бойынша – күшейту, генерациялау, модуляциялау, сүзу және сигналдарды өңдеу үшін;
- жиілік диапазоны – төмен жиілікті, жоғары жиілікті және өте жоғары жиілікті;
- олардағы процестердің түрі бойынша – сызықты және сызықты емес.

Соңғы ерекшелікті егжей-тегжейлі қарастырайық. Электрондық құрылғылардың сызықты емес себебі – заряд тасымалдаушылардың электр немесе электромагниттік өрістермен электронды құрылғыдағы өзара әрекеттесуінің күрделі сипаты, олардың негізінде жұмыс негіздері (1.5 бөлімін қараңыз). Бұл өзара әрекеттесу процесінің сызықтық емес сипатының сыртқы сипаттамасы амплитуда болып табылады

электронды құрылғының сипаттамасы, яғни шығыс сигналының амплитудасының амплитудасы бойынша $u = 0$ (u_{xx}) амплитудасының тәуелділігі, мысалы, сурет . 6.1.

Сызықтық тізбектің сызықты емес қалай ерекшеленетінін қарапайым мысалмен көрсетейік. Сызықтық тізбекті тәуелділікте сипаттаңыз: $y = kx$, ал сызықты емес - $y = x^2$.

Біз x_1 (f) және x_2 (t) сигналдарын алдымен екі тізбектің кірісіне, ал содан кейін $x(t) = x_1(t) + x_2(t)$ бірге береміз. Нәтижесінде сызықтық схемада шығыс сигналы келесі өрнектермен сипатталады:

$$y_1(t) = kx_1(t); y_2(t) = kx_2(t);$$

$$y(t) = kx(t) = k[x_1(t) + x_2(t)] = kx_1(t) + kx_2(t) = y_1(t) + y_2(t).$$

Бұл өрнекке сәйкес сызықтық тізбектегі сигналдардың әсері тәуелсіз: нәтиже, біріктірілген кезде, бөлек күшейту арқылы нәтижелердің сомасы. Мұндай сигналдардың тәуелсіз әрекеті суперпозициялар принципін сақтау деп аталады.

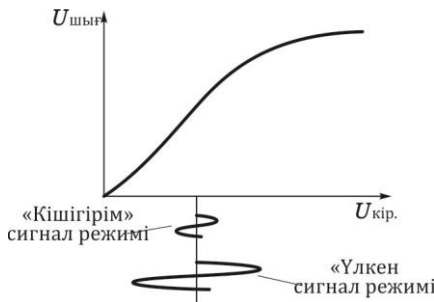
Сызықсыз тізбектің шығу сигналы үшін

$$y_1(t) = [x_1(t)]^2; y_2(t) = [x_2(t)]^2;$$

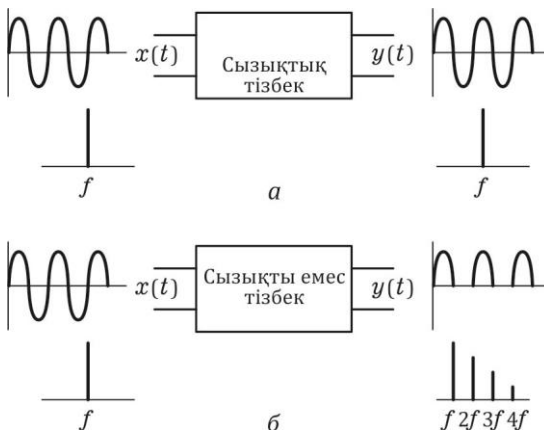
$$\begin{aligned} [x(t)]^2 &= [x_1(t) + x_2(t)]^2 = [x_1(t)]^2 + [x_2(t)]^2 + 2x_1(t)x_2(t) = \\ &= y_1(t) + y_2(t) + 2\sqrt{y_1(t)y_2(t)}. \end{aligned}$$

Соңғы өрнекке сәйкес сигналдардың сызықты емес тізбектегі әсері бір-біріне тәуелді болады: нәтиже, біріктірілген кезде, бөлек амплификациясы мен нәтижелерінің жиынтығынан ерекшеленеді. Осылайша, сызықты емес тізбек сызықтық тізбектен айырмашылығы бар белгілердің бірі болып табылатын суперпозициялар принципіне бағынбайды. Нәтижесінде, сызықты емес тізбекті зерттеу күрделене түседі, өйткені әрбір жаңа кіріс сигналы тәуелсіз талдауды талап етеді, өйткені сигналдың кейбір сигналдары схемаға қолданылған кезде шығыс сигналы ауытқулардың жиынтығы ретінде ұсынылмайды.

Сызықтық аналогты құрылғының тағы бір ерекшелігі – синусоидаль формасының инварианты



Сурет. 6.1. Аналогтық құрылғылардың амплитудалық сипаттамасы



6.2. Желілік: а - сызықты; және - сызықты емес

схеманың кірісінде және шығуында тұрақты күйдегі сигнал. Кіріс сигналын қолдану арқылы

$$x(t) = U_{BX} \sin(\omega t + \Theta_{BX}),$$

шығу кезінде біз аламыз

$$y(t) = U_{\text{вых}} \sin(\omega t + \Theta_{\text{вых}}).$$

Осы өрнектерге сәйкес сигналдар амплитуда және бастапқы фазада ғана ерекшеленеді, бірақ олардың жиілігі мен формасы (синусоиды) бірдей (Сурет 6.2, а). Синусоидалы сигналдардың көптігімен қатар сызықты тізбектің қасиеті сақталады – құрылғының кірісінде және шығуында ауытқу формасының инварианты. Керісінше, сызықты емес аналогты құрылғының белгісі кіріс синусоидалы сигналының нысанын шығарудың өзгеруі және кейбір жағдайларда өте маңызды (6.2, б). Тағы бір белгі – сызықты емес құрылғының шығуына сигнал спектрінің өзгеруі.

Осылайша, аналогтық сызықты емес құрылғы мен сызықты құрылғы арасындағы айырмашылық белгілері:

- амплитудалық сипаттаманың сызықты емес (6.1 суретті қараңыз);
- суперпозициялар белгісінің сақталмауы;
- input $x(t)$ түрінде сәйкес келмеуі және шығу $y(t)$ сигналдары (6.2 суретті қараңыз);

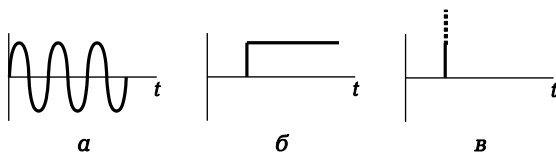
- демалыс сигналының спектрінде жаңа компоненттерді құрайтын кіріс сигналының жиілік спектрін түрлендіру (6.2 суретті қараңыз).

Барлық электронды құрылғылардың барлығы сызықты емес. Дегенмен, құрылғы сипаттамаларының сызықтық бөліктерінен тыс шығып кетпейтін кіріс сигналының салыстырмалы «кішкентай» амплитудасы бар болса, соңғы сызықты құрылғы ретінде қарастыруға болады және оны есептеу желілік құрылғыларды талдау әдістеріне негізделуі мүмкін, олардың қасиеттері сигналдың амплитудасына байланысты.

6.2. ЕКІ ТҮРІН ЖӘНЕ ЕКІ ТИПТІ ЖЕЛІЛІК ҚҰРЫЛҒЫЛАР СИПАТТАМАЛАРЫН ТАЛДАУ

Сызықтық құрылғыларды талдаудың математикалық негізі сызықтық дифференциалдық теңдеулер жүйесі болып табылады, ол үшін бастапқы жағдайды орнату кезінде шешімді әрқашан табуға болады. Бұл шешімдерді іздестіру Лаплас түрлендіруіне (уақыттық тәсіл) немесе Фурьеге (спектральды талдау) негізделген. Тиісінше, желілік құрылғыларды зерттеу кезінде екі түрдегі талдау - уақыт пен спектральды (басқа атау жиілігі) – сызықты құрылғының жұмысын анықтайтын екі түрі – уақыт пен жиілікте пайдаланылады.

Уақытты зерттеудің негізі – тікелей және кері Лаплас түрлендіруі, ал спектрлік тікелей және кері Фурье түрленуі [4]. Лаплас түрлендіргішіне сәйкес, $K(j\omega)$ құрылғысының ауыстыру функциясы (оператор) анықталады, бұл уақыттың сипаттамаларын табуға мүмкіндік береді. Фурье түрлендіруіне сәйкес, K_j' беру коэффициенті бар, ол объектінің жиілік қасиеттерін анықтайды. Фуриердің интегралы Лаплас түрлендіргішінің жеке жағдайы болғандықтан, $K(j\omega)$ және $K(j\omega)$ арасындағы тікелей байланыс бар, ол жиілік сипаттамаларынан жиілікке және керісінше ауыстыруға мүмкіндік береді. Сызықтық жүйенің (төрт терминалдық желі) қарапайым байланысын қарастырайық және оған арналған үш сынақ кіріс сигналдары $x(t)$: синусоидалы, бірлік секіріс және бірлік импульсімен берілген атрибуттарды анықтаймыз (6.3-сурет).



Сурет. 6.3. Сынақ сигналдары:

a - синусоиды толқыны; b - бірлік секіруі; c - бірлік импульсі

Трансфер функциясы $K(p)$. Сызықтық төрт түпкі желі сипаттары nth қуатының сызықты дифференциалдық теңдеуі арқылы сипатталуы мүмкін

$$a_0 y(t) + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \dots + a_m \frac{d^m y(t)}{dt^m} = b_0 x(t) + b_1 \frac{dx(t)}{dt} + b_2 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \dots + b_n \frac{d^n x(t)}{dt^n}, \quad (6.1)$$

мұнда емес) - шығу сигналы; $x(t)$ - кіріс сигналы.

Сызықтық байланыстарды талдау кезінде, Лаплас-Карсон түрлендіру операциялық әдіспен қолданылады [1]. Осы түрлендіруге сәйкес бастапқы функциялар мен оның туындыларының мынадай өзгерістері бейнеленген:

$$x(t) \Rightarrow x(p); \frac{dx(t)}{dt} \Rightarrow px(p); \frac{d^2 x(t)}{dt^2} \Rightarrow p^2 x(p); \frac{d^n x(t)}{dt^n} \Rightarrow p^n x(p).$$

Осы ережелерге сәйкес оператор формасындағы теңдеу (6.1) келесі форманы алады:

$$(a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_m p^m) y(p) = (b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_n p^n) x(p). \quad (6.2)$$

Теңдеуде (6.2) сигналдың бейне сигналының сурет сигналының суретіне қатынасына тең болатын құрылғының берілу функциясы үшін:

(6.3)

$$K(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots b_n p^n}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots a_m p^m},$$

немесе номератор және бөлгіш ($n \leq m$) болғанда:

$$K(p) = \frac{b_n(p - p_{b1})(p - p_{b2}) \dots (p - p_{bn})}{a_n(p - p_{a1})(p - p_{a2}) \dots (p - p_{am})}, \quad (6.4)$$

онда $p_{b1}, p_{b2}, \dots, p_{bn}$ теңдеу $B(p) = b_0 + b_1 p + b_2 p^2 + \dots + b_n p^n = 0$, трансфер функциясының (оператор) $K(p)$ нулері деп аталады; $p_{a1}, p_{a2}, \dots, p_{am} - A(p) = a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_m p^m = 0$ теңдеуінің тамырлары, трансфер функциясының полюсі деп аталады).

Беру коэффициенті $K(j\omega)$. Тікелей Фурье түрлендіруіне сәйкес, $x(t) \Rightarrow S_{bx}(j\omega)$ кіру спектрлік тығыздығы және $y(t) \rightarrow S_{by}(j\omega)$ сигналдарының шығу сигналдарын анықтаңыз. Бұл спектрлік тығыздықтардың қатынасы сілтеме беру коэффициенті болып табылады:

$$K(j\omega) = S_{by}(j\omega)/S_{bx}(j\omega). \quad (6.5)$$

$K(j\omega)$ беру коэффициенті, Fourier интегралының $p = j\omega$ үшін Лаплас түрлендіруінің жеке жағдайы болып табылатын ұсыныстың негізінде қарапайым түрде анықталуы мүмкін. Сондықтан, ауыстыру функциясынан (6.3) күрделік беру коэффициенті үшін $p = j\omega$ ауыстыру арқылы

$$K(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{b_0 + jb_1\omega - b_2\omega^2 - jb_3\omega^3 + \dots + b_n(j\omega)^n}{a_0 + ja_1\omega - a_2\omega^2 - ja_3\omega^3 + \dots + a_m(j\omega)^m}, \quad (6.6)$$

Форматтағы (6.6) өрнегін білдіреміз

$$K(j\omega) = |K(j\omega)| e^{j\varphi(\omega)} = D(\omega) + jM(\omega), \quad (6.7)$$

мұнда $|K(j\omega)|$ - беру коэффициентінің модулі; $D(\omega)$, $M(\omega)$ - бұл беру коэффициентінің нақты және мниме бөліктері; $\varphi(\omega)$ - беру коэффициентінің фазасы;

$$|K(j\omega)| = \sqrt{D^2(\omega) + M^2(\omega)} \quad (6.8)$$

$$\varphi(\omega) = \varphi_{\text{вых}}(\omega) - \varphi_{\text{вх}}(\omega) = \arg[K(j\omega)]. \quad (6.9)$$

Беріліс коэффициентінің көмегімен сызықтық байланысдың жиіліктік және уақыттық сипаттамаларын анықтауға болады.

Амплитудалық-жиілік реакциясы (AFC). AFC - шығыс сигналының амплитудасының $y(t)$ тәуелділігі тұрақты амплитудасының сигналды синусоидалы сигналының $x(t)$ жиілігіне. АФҚ – бұл (6.8) сәйкес кешенді беру коэффициентінің модулі.

$$K(\omega) = U_{\text{вых}}(\omega)/U_{\text{вх}}(\omega). \quad (6.10)$$

Фазалық-жиілікке жауап беру (PFC). PFC – шығыс сигналының фазасының тұрақты амплитудасының кіріс сигналының жиілігіне тәуелділігі. PFC - бұл (6.9) сәйкес анықталған кешенді тасымалдау коэффициентінің дәлелі.

Амплитудалық-жиілік сипаттамасын және PFC эксперименттік анықтау гармоникалық кіріс сигналымен орындалады.

Уақытша сипаттамасы $\Phi(t)$. $\Phi(t)$ - $y(t)$ шығыс сигналының $x(t)$ сигналының бірлік функциясы - кернеу секірісі (6.3b-суретті қараңыз) түріне тәуелділігі:

$$1(t) = \begin{cases} 1 & \text{бола тұра } t \geq 0; \\ 0 & \text{бола тұра } t \leq 0. \end{cases} \quad (6.11)$$

$\psi(p) = 1$ $S(\omega) = 1$ // ω басқа барлық жиіліктер үшін спектрлік функция $\omega = 0$, $S(\omega) = 1/j\omega$, $S(0) = \delta(t)$ - бұл delta функциясы.

Уақыт тән тәуелділігі шығу сигналы суретінен табылуы мүмкін: $y(p) = x(p) K(p)$. $X(p) = 1$ унитарлық функциясының кескіні Laplace-Carson түрлендіруіне сәйкес болғандықтан, өтпелі сипаттамасы трансфер функциясының түпнұсқасы болып табылады: $\Phi(t) \rightarrow K(p)$, бастапқы функция операциялық есептеу ережелеріне сәйкес оның кескінінен табылуы мүмкін немесе арнайы анықтамалық кестелерді қолдану [1].

Уақытша жауапты есептеудің тағы бір тәсілі трансфер функциясының өрнегіне негізделген (6.3). Фурье интегралының Лаплас трансформациясымен және интегралдардың интеграциялану

жағдайымен байланысына негізделе отырып, $K(j\omega)$ (6.7) беру коэффициентінің нақты $D(\omega)$ бөлігімен көрсетілген тізбектің өтпелі сипаттамасы үшін келесі формуланы алуға болады объект:

$$\Phi(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{D(f)}{f} \sin(2\pi ft) df. \quad (6.12)$$

Импульстік жауап $h(t)$. Импульстік жауап – нысанның жалғыз түрінде $x(t)$ енгізу әрекетіне жауап серпін немесе Delta функциясы $S(f)$ – бұл функцияның туындысы (6.11) (6.3 суретті қараңыз):

$$\delta(t) = \frac{d1(t)}{dt}. \quad (6.13)$$

Импульстің амплитудасы $A = \infty$, ұзақтығы $\tau \rightarrow 0$, импульстік облысы $S = A \cdot \tau = 1$ болады. Лаплас-Карсон түрлендіруіне сәйкес импульстік импульстің бейнесі мына формаға ие:

$$\psi(p) = p.$$

Бірліктердің импульстік және бірлік функциясының суреттері $\delta(p) = p1(p)$ қатынасына байланысты. Тік бұрышты импульстің спектральды функциясының талдауынан $\tau \rightarrow 0$ ұзақтығында спектрдің ені $\Delta f \rightarrow \infty$ болып табылады.

Демек, (6.5) тендеуі бар барлық жиіліктерде $S(j\omega) = 1$ модулінің импульстік спектрлік функциясы $S_{\text{вых}}(j\omega) = K(j\omega)$ жазуға мүмкіндік береді.

Бұл жағдайда интеграл интеграциялануы жағдайында кері Фурье түрлендіруіне сәйкес импульстік жауап

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = 2 \int_{-\infty}^{\infty} |K(f)| \cos(2\pi ft + \phi(f)) df, \quad (6.14)$$

онда интеграл

$$\int_0^{\infty} |K(j\omega)| d\omega < \infty.$$

Интегратор түріндегі тізбектерге импульстік жауапты $K(j\omega)$ (6.7) беру коэффициентінің нақты бөлігіне есептеуге болады.

Трансформация функциясының (6.3) денominatorында полиномның дәрежесі нөлдердегі полиномның дәрежесінен кем емес,

жоғары жиілікті аймақта нөлге дейін төмендейді деп аталады.

Мұндай тізбектер үшін

$$h(t) = 4 \int_0^{\infty} D(f) \cos(2\pi ft) df. \quad (6.15)$$

6.3.

БУЫНДАРЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРАТЫН САРАЛАУ ЖӘНЕ ИНТЕГРАЛДАУ СИГНАЛДАРЫ

Аналогтық сигналдарды дифференциациялау мен интеграциялауды жүзеге асыратын екі типтік сызықтық байланыстың параметрлері мен сипаттамаларын анықтаңыз, сәйкесінше дифференциациялау және интеграциялау және көптеген электрондық құрылғыларға енгізу. Біз бұл сілтемелерді келесі тәртіпте талдаймыз: электрическая схема модели звена;

- $x(t)$ кіріс сигналына қатысты $y(t)$ шығуына қатысты дифференциалдық теңдеу;
- $K(j\omega)$ байланыс коэффициенті;
- Жиілікті жауапты анықтайтын $A(\omega) = |K(j\omega)|$ (6.8) модульін беру коэффициенті;
- PFC анықтайтын $\Theta(\omega) = \arg[K(j\omega)]$ (6.9) трансферлік коэффициентінің фазасы;
- трансфер функциясы $K(p)$ (6.3), шығыс сигналының бейненің кіріс сигналына қатынасына тең, оператор деп те аталады;

Идеал дифференциалды байланыс: (6.12) функциясының (6.11) түріндегі кіріс әрекеті бар (6.3, b суреттерін қараңыз);

■ импульстік реакция $h(t)$ (6.15) кіріс әрекеті бір импульс түрінде (6.13) (6.3, c-суретті қараңыз).

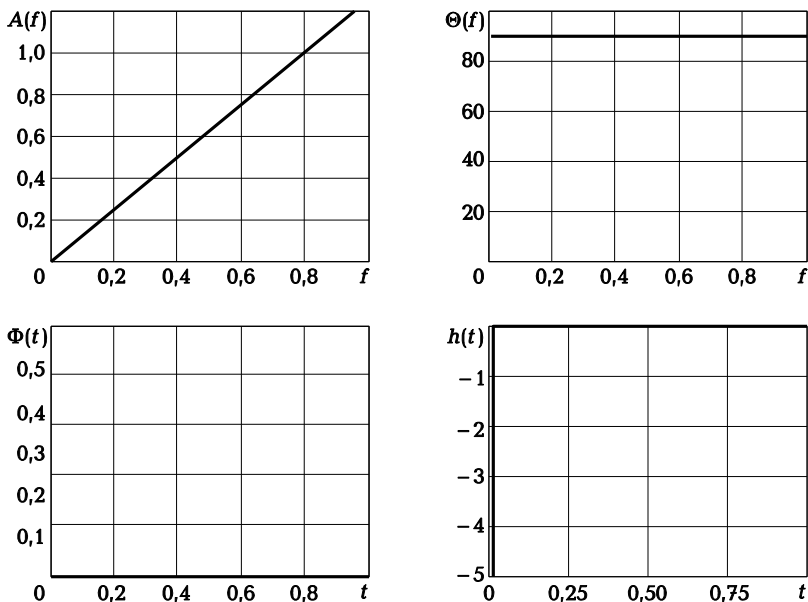
Идеал дифференциалды байланыс:

$$y = T \frac{dx}{dt},$$

мұнда T уақытша тұрақты;

$$K(j\omega) = j\omega T; A(\omega) = \omega T; \varphi(\omega) = \pi/2;$$

$K(p) = pT$;
 $\Phi(t) = 0$ при $t > 0$, $h(t) = -\delta(t)$ — бірлік импульсі.



Сурет. 6.4. Идеалды дифференциалды байланыс сызбасы

Инерциалды дифференциалды байланыс (сурет 6.5, а):

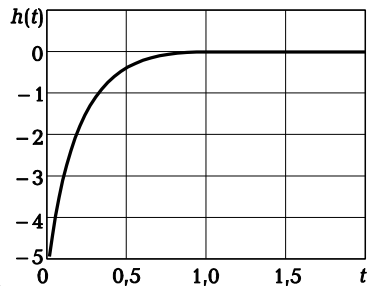
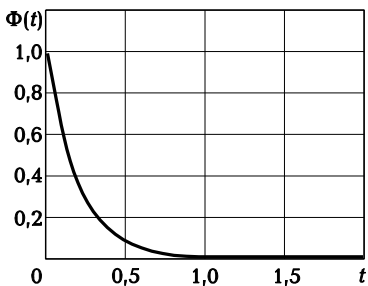
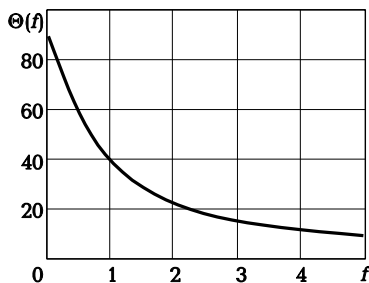
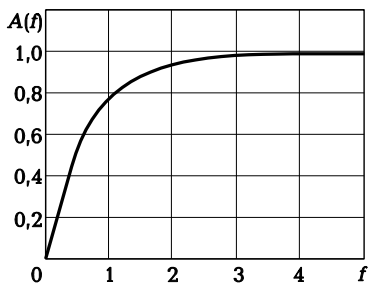
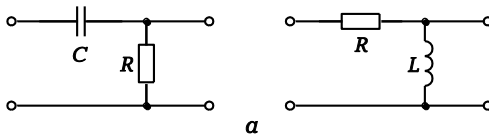
$$T \frac{dy}{dt} + y = T \frac{dx}{dt},$$

мұнда $T = RC$ или $T = L/R$ — уақытты тұрақты:

$$K(j\omega) = \frac{j\omega T}{1 + j\omega T}; A(\omega) = \frac{\omega T}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}; \varphi(\omega) = \arctg(\frac{1}{\omega T});$$

$$K(p) = \frac{pT}{1 + pT};$$

$$\Phi(t) = \exp(-t/T); h(t) = -\frac{1}{T} \exp(-t/T).$$



б

Бірінші ретті интегралдау бірлігі (6.7, сур.):

$$T \frac{dy}{dt} = x \text{ немесе}$$

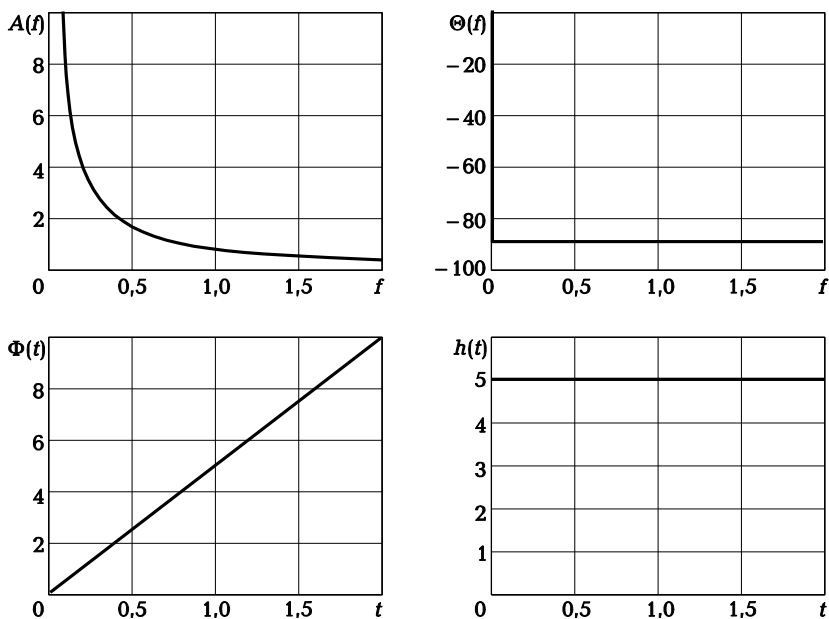
$$y = \frac{1}{T} \int x dt,$$

Мұнда $T = RC$, или $T = L/R$ — уақытты тұрақты;

$$K(j\omega) = \frac{1}{j\omega T}; A(\omega) = \frac{1}{\omega T}; \varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}.$$

$$K(p) = \frac{1}{pT}; \Phi(t) = \frac{t}{T}; h(t) = \frac{1}{T}.$$

Осы өрнектермен анықталған сипаттамалар $T = 0,2$ мс-та күріш көрсетілген. 6.7, б.

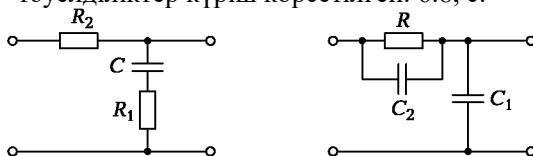


Сурет. 6.6. Мінсіз
интегралданған байланыстың
тәуелділігі

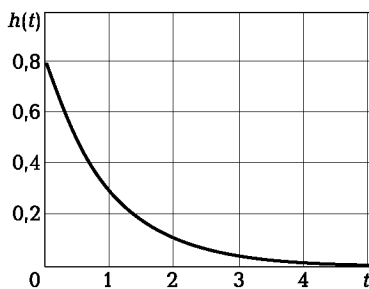
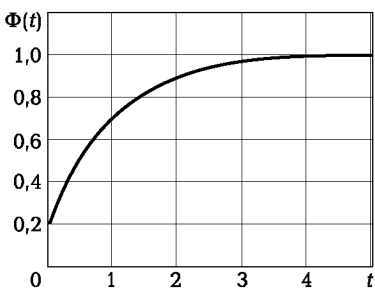
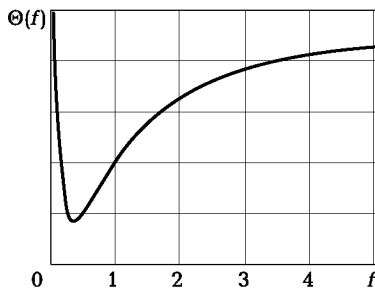
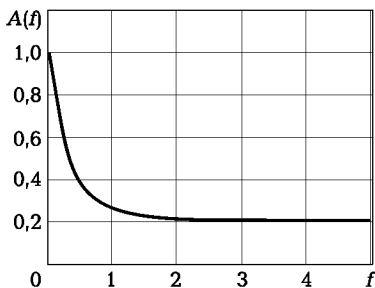
$$K(j\omega) = \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}; A(\omega) = \sqrt{\frac{1 + \omega^2 T_1^2}{1 + \omega^2 T_2^2}}; \varphi(\omega) = -\arctg\left(\frac{(T_2 - T_1)\omega}{1 + T_1 T_2 \omega^2}\right);$$

$$K(p) = \frac{1 + pT_1}{1 + pT_2};$$

$T_1 = 0,2$ мс және $T_2 = 1$ мс кезінде осы өрнектермен анықталған тәуелділіктер күріш көрсетілген. 6.8, с.

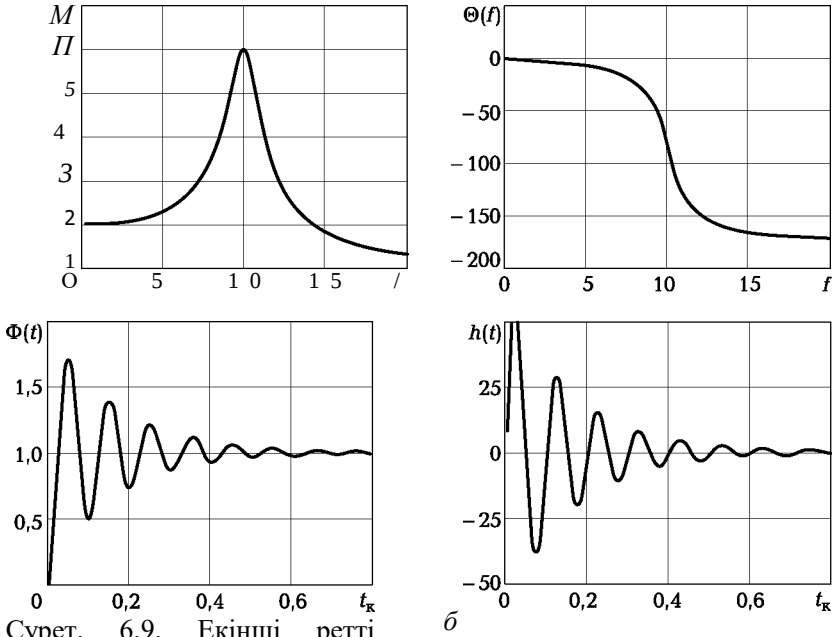
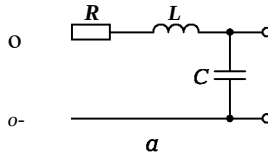


а



б

Сурет. 6.8. Пропорционалды интеграцияланатын байланыс: а - схема; және - графика



Сурет. 6.9. Екінші ретті байланыстыру: а - схема; б - графика

Екінші ретті интегралдау бірлігі (сурет 6.9, а):

$$K(j\omega) = \frac{b_0}{a_0 + j\omega a_1 + (j\omega)^2 a_2};$$

$$K(p) = \frac{b_0}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2}.$$

Суретте көрсетілген схема бойынша. 6.9, коэффициенттер тиісінше:

$$a_0 = b_0 = \omega_p^2 = (2\pi)^2 f_p^2; a_1 = 2\omega_p / Q; a_2 = 1.$$

онда f_p - резонанстық жиілік; $f_p = 1/2 \pi \sqrt{LC}$; $Q = L\omega_p / R$.

Осы тізбектің жұмысын анықтайтын тәуелділіктер $f_p = 10$ кГц, $Q = 5$ сур. 6.9, б.

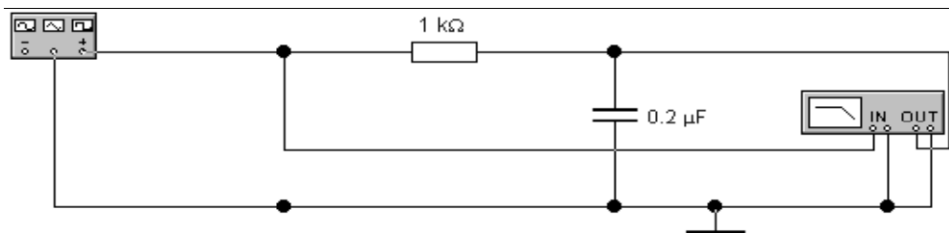
Электронды тізбектерді одан әрі модельдеу мен талдауды жалғастырмас бұрын, осы мәселе жөнінде толығырақ тоқталайық.

Мұндай модельдеудің бірінші кезеңі электронды тізбектердегі процестерді математикалық талдаудан тұрады, бұл арнайы әзірленген программалық пакеттерді қолдана отырып, компьютердің көмегімен тиімдірек жүзеге асырылады.

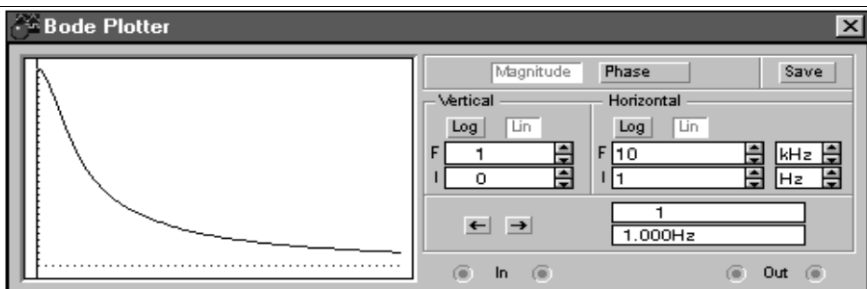
Келтірілген екі пакетке: Mathcad [7] және Electronics Workbench [9] туралы қысқаша тоқталайық.

Формула, мәтіндік және графикалық формула бойынша үш редакторлардан тұратын «Mathcad» бағдарламалық пакеті функцияларды және өрнектерді жазудың математикалық әдістерін және кестелер мен графиктер түрінде компьютермен жасалған есептеу нәтижелерін алуға мүмкіндік береді.

- Пайдаланушы компьютермен ыңғайлы графикалық интерфейсті қолдана отырып, өзара әрекеттеседі:
- пиктограммалар;
- тілқатысу терезелері;
- мәзір;



а



б

Сурет. 6.10. Біріктіру тізбегінің тізбегі (а) және амплитудалық жиілік

сипаттамасы (b)

■ опциялар;

■ дисплей экранындағы басқа «құралдар». «Mathcad» құрамына көптеген операторлар, кіріктірілген функциялар мен «Электроника» курсына талқыланған барлық сұрақтарға тікелей қолданылатын математикалық мәселелердің әртүрлі шешімдерін шешу алгоритмдері кіреді. «Mathcad» 32-биттік жадты пайдаланып, күрделіліктің күрделілігін есептеудің дәлдігі мен жылдамдығын арттырды. «Mathcad» пакетін пайдалану арқылы келесі математикалық мәселелерді шешуге болады:

- нақты және күрделі мөлшерде және сандармен жұмыс жасайды;
- алгебралық мәселелердің барлық түрлерін шешуге;
- Taylor және Fourier серияларындағы функцияларды кеңейту;
- векторлармен және матрицалармен әрекеттерді орындау;
- логикалық операцияларды орындау;
- функцияны саралау және біріктіру;
- Фурье және Лаплас түрлендіруін енгізу;
- дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу.

Электрондық Workbench бағдарламасының пакеті: транзисторлар, диодтар, резисторлар, конденсаторлар, трансформаторлар, индукторлар және басқа да элементтерді қамтитын құрылғының схемалық схемасын жасауға мүмкіндік береді;

электронды тізбектің жиілігі мен уақыттық сипаттамаларын есептеу және құру; исследовать переходные процессы в устройстве.

Бағдарламаның айрықша ерекшелігі – индустриалды әріптестеріне ұқсас сыртқы түрлер мен сипаттамаларда құрал-саймандардың және сигналдардың әртүрлі көздерінің болуы.

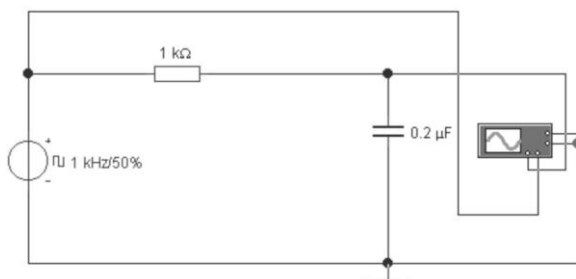
Осындай виртуалды генераторларды және өлшеу құралдарын, соның ішінде осциллографтарды құрылғыға қосу арқылы электрондық тізбектегі процестерді зерттеуге болады.

Схеманың құрылымын өзгерту, оның жеке элементтерінің параметрлері мен қосылыстары, жобаланған электронды құрылғының қажетті оңтайлы жиілігі мен уақыттық сипаттамаларына жетуге болады.

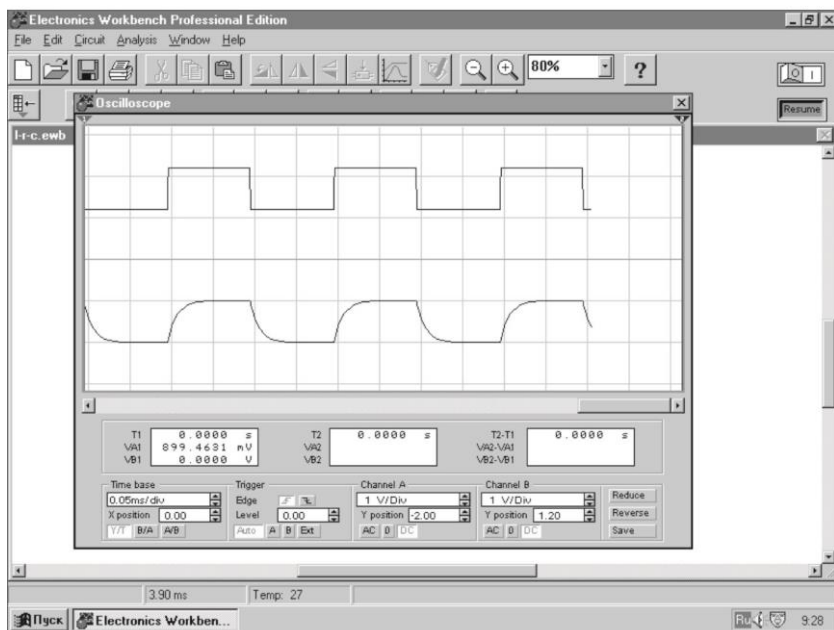
Электрондық Workbench бағдарламалық пакетін пайдаланып қарастырылған негізгі тізбектерді қарастырамыз.

Интегралды DS-тізбегі. Схеманы жаңғырту, онымен байланысты құрылғылар және процестерді талдау ережелермен,

сипатталғандай [9]. Схеманың жиіліктік қасиеттерін талдау үшін мұндай схема күріш. 6.10, а. Қарастырылған мысалда $R = 103 \, \Omega$, $C = 0,2 \times 10^{-6} \, \text{ф}$, $T = RC = 103 \, \Omega \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \, \text{с} = 0,2 \cdot 10^{-3} \, \text{с} = 0,2 \, \text{мс}$. Осы параметрлерде алынған жауап, күріш. 6.10, б.

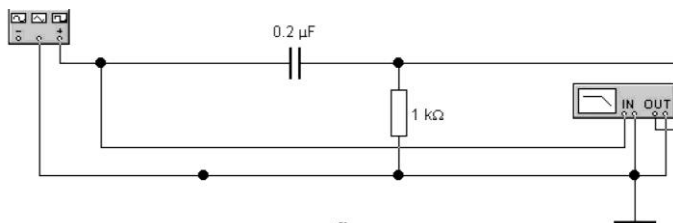


a

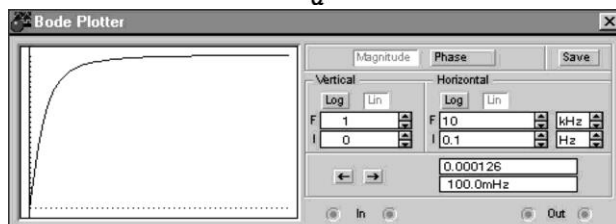


б

Сурет. 6.11. Интегралдау тізбегі: а - схемасы; б - кіріс және шығыс сигналдары



а



б

Сурет. 6.12. Схема (а) және жиілік реакциясы (б) дифференциалдық тізбектің

Кіріс сигналының тізбектегі жиілігін өзгерту виртуалды осцилоскоптың жиіліктік жауап экранында алуға мүмкіндік беретін реттелетін жиілік генераторы арқылы жүзеге асырылады.

Схеманың уақыттық қасиеттерін талдауға мүмкіндік беретін схема күріш. 6.11, а, оның көмегі арқылы алынған, виртуалды осциллографтың (төменгі осцилограмма) экраны бойынша өтпелі жауап - сур. 6.11, б. Өтпелі реакцияны құру үшін қажетті кіріс кернеуінің тоғысуы тік бұрышты импульстік генераторды қолдану арқылы тізбекте жүзеге асырылады.

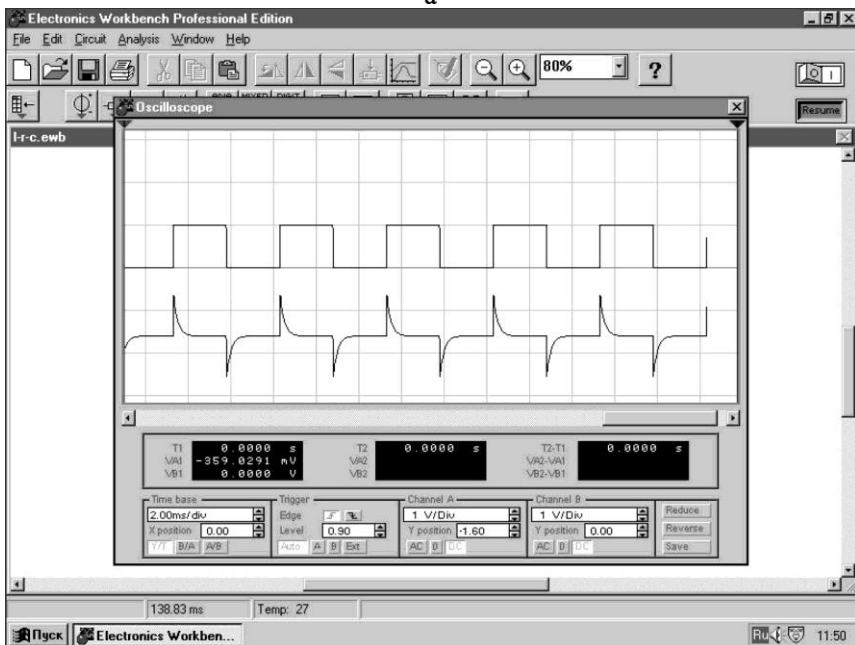
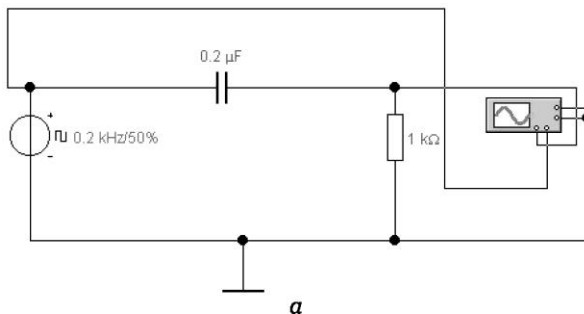
DS-тізбегін дифференцирлеу. Сол процедураны [9] қолданып, RC дифференциациялау тізбегін зерттейік (6.12, а). Жоғарыда қарастырылған мысалда көрсетілгендей, $R = 103 \text{ О}$, $C = 0,2 \times 10^{-6} \text{ Ф}$, $T = RC = 103 \text{ Ом} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 0,2 \text{ мс}$. Осы параметрлерде алынған жауапсурет. 6.12, б.

Сигналдағы кіріс сигналының жиілігі экранда «виртуалды» осциллографты AFC алуға мүмкіндік беретін жиілікте реттелетін осциллятор арқылы өзгертіледі.

Осы сараланған тізбектің уақыттық қасиеттерін талдауға мүмкіндік беретін схема күріш. 6.13, а. Оның көмегімен алынған «виртуалды» осциллографтың (төменгі осцилограмма) экраны бойынша өтпелі сипаттамасы күріш. 6.13, б. Өтпелі реакцияны құру үшін қажет кіріс кернеуіндегі секіріс тік бұрышты импульстардың генераторы арқылы

тізбекте жүзеге асырылады.

Екінші ретті электр тізбегін біріктіру. Сол процедураны [9] қолданып, екінші интегралды электр тізбегін зерттейміз



б

Сурет. 6.13. Дифференцирленетін тізбек: а - схема; б - кіріс және шығыс сигналдары тапсырыс. Схеманың жиілік қасиеттерін талдау үшін схема күріш

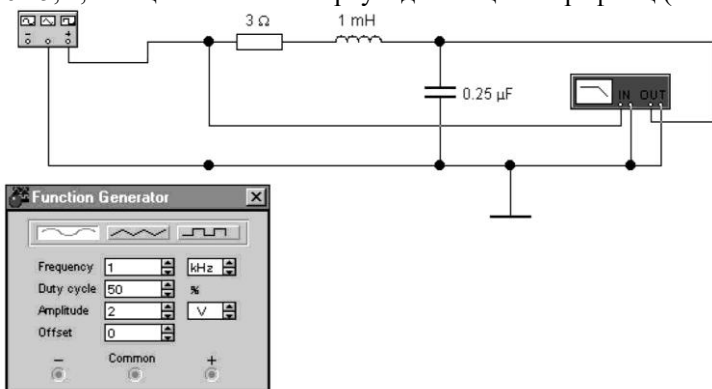
көрсетілген. 6.14, а және онымен алынған жиілік реакциясы күріш. 6.14, б. Суретте көрсетілген элементтердің параметрлері көрсетілген. 6.14, а, резонанстық жиілік және Q факторы тиісінше

$$f_p = 1/(2\pi\sqrt{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}}) = 10,06 \text{ кГц};$$

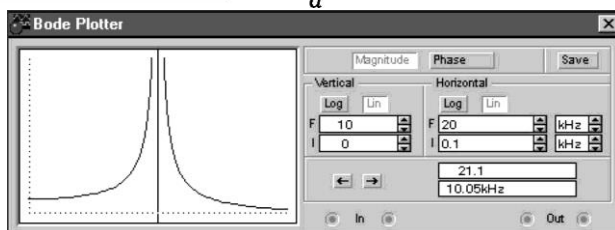
$$Q = 2\pi fL/R = 2\pi \cdot 10,06 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}/3 = 21.$$

Кіріс сигналының тізбектегі жиілігін өзгерту жиілікте реттелетін осциллятор көмегімен жүзеге асырылады, бұл экранда «виртуалды» осциллографты AFC алуға мүмкіндік береді (6.14, б-суретті қараңыз).

Схеманың уақыттық қасиеттерін талдауға мүмкіндік беретін схема сурет 6.15, а, оның көмегімен «виртуалды» осциллографтың (төменгі

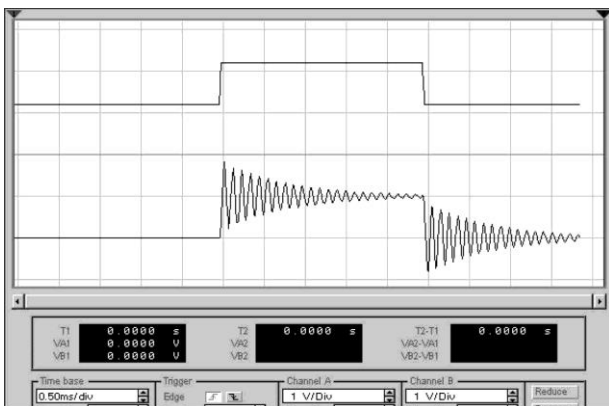


а



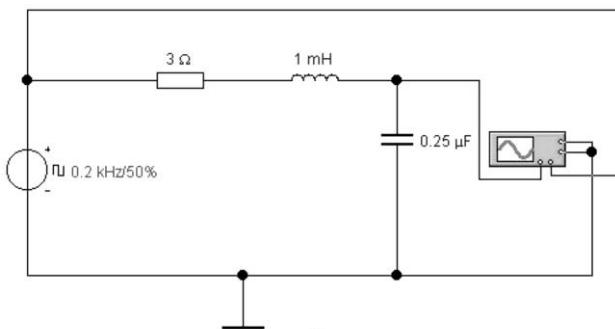
б

Сурет. 6.14. Екінші ретті интегралды схеманың схемасы (а) және амплитудалық-жиілік сипаттамасы (б)



б

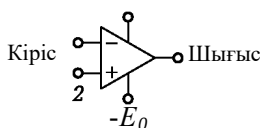
Сурет. 6.15. Екінші ретті тізбектің интегралдау: а - тізбегі; б - кіріс және шығыс сигналдары



a

Oscillogram) суретте көрсетілген. 6.15, б. Өтпелі реакцияны құру үшін қажетті кіріс кернеуінің тоғысуы тік бұрышты импульстік генераторды қолдану арқылы тізбекте жүзеге асырылады

6.4. ОПЕРАЦИЯЛЫҚ КҮШЕЙТКІШТЕР



ОУСурет. 6.16. ОС функционалдық схемасы

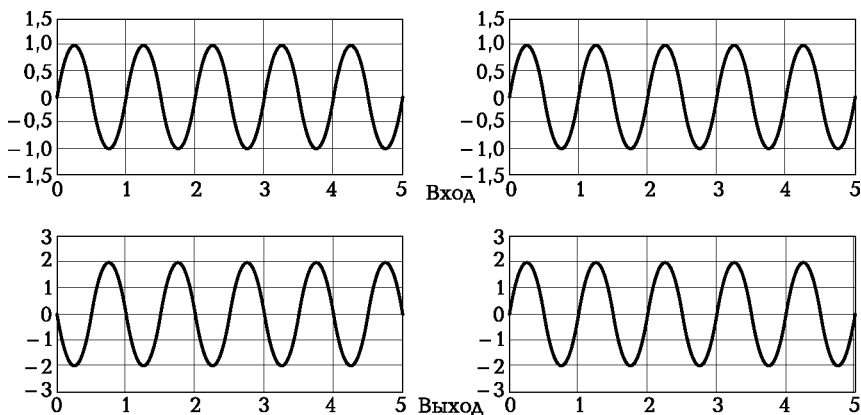
Аналогтық сигналдармен жұмыс: сигналды күшейту, екі сигналды жинақтау және алу, сигналдың дифференциациясы және интеграциясы, сигналды сүзу. 2 кіріс және бір шығуды қамтитын жедел күшейткіштің тізбектеріндегі әдеттегі суретте көрсетілген. 6.16. Суреттегі 1 кіріс шығыс сигналына қатысты, яғни сигналдың фазасын 180° айналдырып, кіріс 2 - төңкерілетін, яғни тұрақты сигнал фазасын қалдырады. Сигналды фазалық айналдыру 180° айналдыруға сәйкес келеді, яғни кері.

Күшейткіштің 1 төңкерілген сигналына синусоидалы сигналды қолдану арқылы шығу кезінде күшейткіш сигнал алынады, фазада 180° ауысады (6.17, а). Бірдей сигнал төңкерілетін 2 кірісіне қолданылғанда, күшейткіштің шығыс сигналы кіріс сигналымен фазада болады (6.17, б. сурет).

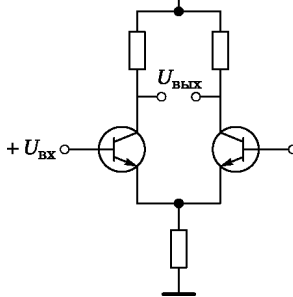
Интегралды нұсқадағы ОУ тізбегі көптеген транзисторлар мен оң және кері байланыстың бірнеше ішкі тізбектерін қамтиды. Алайда ор-амптың кіріс сатысы әдетте схемаға сәйкес жасалған

a

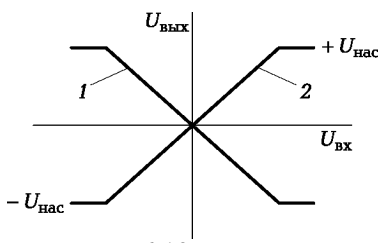
б



Сурет. 6.17. Сигналды қолданған кезде оп-амптың кіріс және шығысындағы сигналдар: а - инвертелген кіруге; б - инвертирленбеген кіріс



Сурет. 6.18.
Дифференциалдық күшейткіш тізбегі



Сурет. 6.19. Опаманың амплитудалық сипаттамалары: 1 - төңкерілгенді енгізу; 2 - төңкерілетінді енгізу арқылы

$$U_{шыс} = K_y (U_{ex2} - U_{ex1}), \quad (6.16)$$

- төңкерілетінді енгізу қатысты 1

$$U_{шыс} = -KU_{ex1};$$

- кірісіне қатысты 2

$$U_{шыс} = KU_{ex2};$$

Оп-амптың жұмысының тұрақтылығын арттыру және әртүрлі операцияларды орындау үшін күшейткіштің шығысын 1 төңкерілетін кіруге қосылу арқылы теріс кері байланыс қолданылады. Нәтижесінде тізбектің күшейту коэффициенті едәуір төмендейді және бұл кері байланыс циклінің параметрлеріне көп тәуелді болады. Кері байланыс кері байланысты төңкерілетін 1 (сурет 6.20), амп

(6.17)

$$K_{y1} = -\frac{U_{шыс}}{U_{ex1}} = -\frac{Z_2}{Z_1}.$$

2-суретке сәйкес, төңкерілетін 2 кірісіне байланысты кері байланыспен.

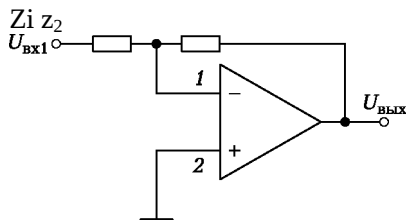
6.21

$$K_{y2} = -\frac{U_{шыс}}{U_{ex2}} = 1 + \frac{Z_3}{Z_4}. \quad (6.18)$$

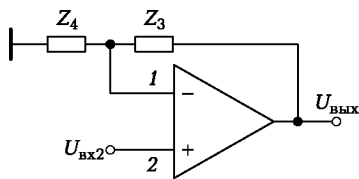
Әр түрлі операцияларды орындау үшін оған қосылған қосымша

элементтермен (резисторлар мен конденсаторлар) оп-амптың бес сұлбасын қарастырайық.

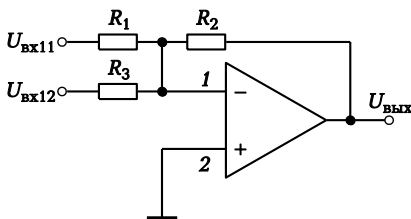
Мысал 6.1. Екі кернеудің жиынтығы фиг-суретте көрсетілген схема бойынша жүзеге асырылады. 6.22. Бұл жағдайда (6.17) шығу кернеуі



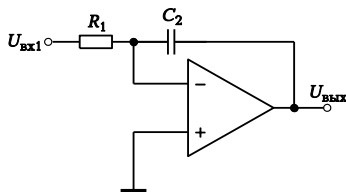
Сурет. 6.20. ОС схемасы кіріс сигналының 1 жағынан



Сурет. 6.21. Опама схемасы кіреберіс осінен ось 2



Сурет. 6.22. Оп-амп көмегімен сигналдарды жинақтау



Сурет. 6.23. Оп-амп көмегімен сигналды біріктіру

$$U_{\text{вых}} = -\frac{R_2}{R_1} U_{\text{вх11}} - \frac{R_2}{R_3} U_{\text{вх12}}. \quad (6.19)$$

Мысал 6.2. Кернеуді біріктіру, яғни операцияны орындау схема бойынша жүзеге асырылады.

$$U_{\text{вых}}(t) = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} U_{\text{вх1}}(t) dt \quad (6.20)$$

6.23. (6.17) тармағына сәйкес, тізбекті беру коэффициенті

$$K_{y1}(j\omega) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{1}{j\omega T}, \quad (6.21)$$

онда T - уақытша тұрақты, $T = R_1 C_2$.

Трансмиссия коэффициенті (6.21) күріштің сипаттамалары көрсетілген мінсіз интеграторға сәйкес келеді. 6.6.

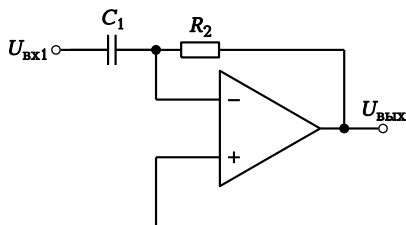
Мысал 6.3. Кернеудің дифференциациясы, яғни операция

$$U_{\text{вых}}(t) = -T \frac{dU_{\text{вх1}}}{dt}, \quad (6.22)$$

схемаға сәйкес жүзеге асырылады. 6.24. Бұл жағдайда, (6.17) тармағына сәйкес, тізбекті беру коэффициенті

$$K_{y1}(j\omega) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -j\omega T, \quad (6.23)$$

онда T - уақытша тұрақты, $T = R_2 C_1$.



Беріліс коэффициенті (6.23) күріштің сипаттамалары көрсетілген мінсіз дифференциациялаушы элементке сәйкес келеді. 6.4.

Мысал 6.4. Белсенді төмен өту сүзгісі. Белсенді сүзгілер теріс кері байланыс схемасына байланысты қажетті жиіліктік жауап қалыптасқан озық күшейткіштерге негізделген белсенді деп аталады. Оп кері байланыс схемасына әртүрлі элементтерді қосу арқылы белсенді сүзгінің белсенді жиіліктік белсенділігін қалыптастыруға болады.

Электрондық Workbench бағдарламалық пакетін пайдаланып, төмен өткізгіштік сүзгінің (LPF) жұмысын талдайық (6.25-график). Сәйкес (6.17) және сурет . 6.25 және сүзгі беру коэффициенті

$$K_1(j\omega) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{X_C R_2 / (X_C + R_2)}{R_1} = -\frac{R_2 / R_1}{1 + j\omega R_2 C_2}. \quad (6.24)$$

Оның (6.24) сүзгіштің жиіліктік коэффициентінің модулі немесе модулі үшін бізде бар

$$|K_1(j\omega)| = \frac{R_2 / R_1}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}, \quad (6.25)$$

онда T - уақытша тұрақты, $T = R_2 C_2$.

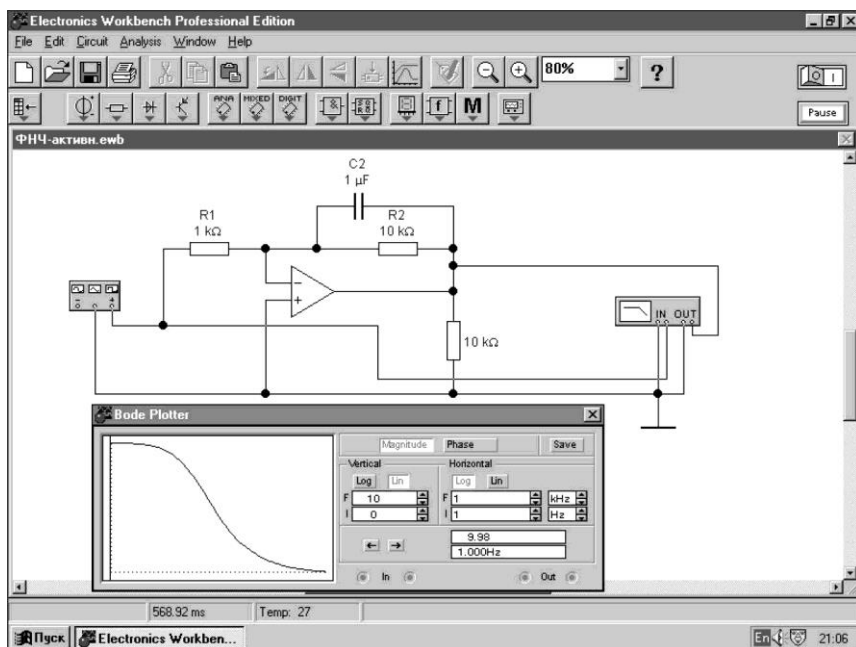
Функция (6.25) $C_2 = 1$ мкФ, $R_1 = 1$ кОм және $R_2 = 10$ кОм, бұл (6.25) LPF фр. 6.25, б.

6.5. Белсенді жоғары сүзгі сүзгісі. Оп-амптың теріс кері байланыс схемасындағы басқа элементтерді қосқанда, сүзгінің басқа түрі алынуы

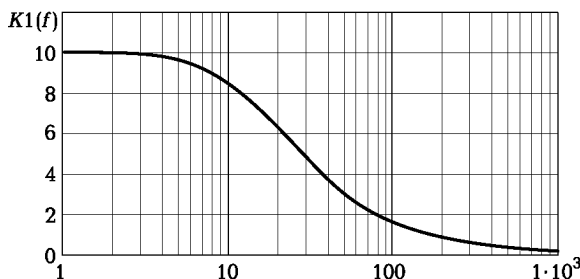
мүмкін. Осылайша, күріш. 6.26, а, жоғары өткізгіштік сүзгіге (HPF) сәйкес келеді, ол бойынша (6.17) сәйкес кешенді беру коэффициенті

$$|K(j\omega)| = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1}, \quad (6.26)$$

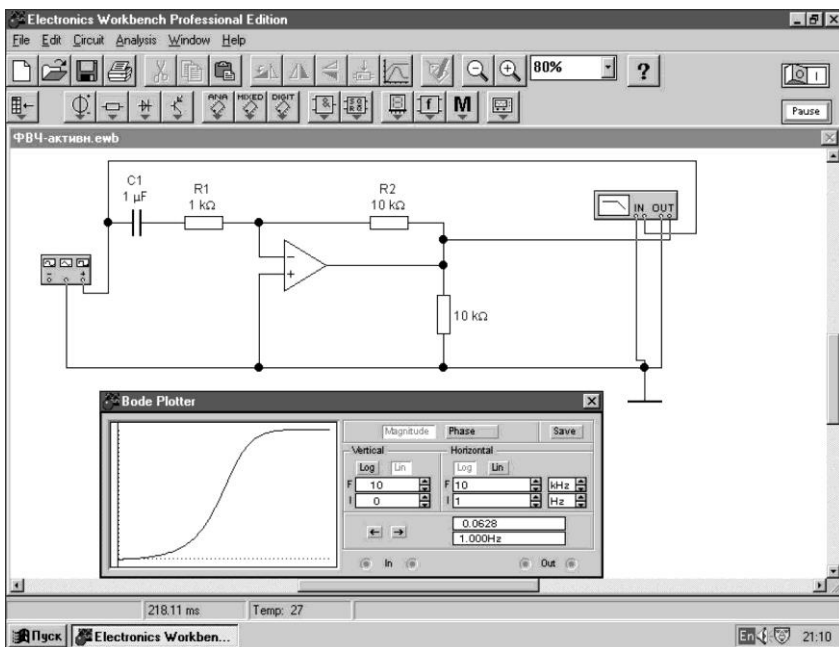
мұнда Т - уақытша тұрақты, $T = R_1 C_1$. Оның (6.26) модулін беру коэффициенті және сүзгінің жиілік реакциясы үшін біз аламыз



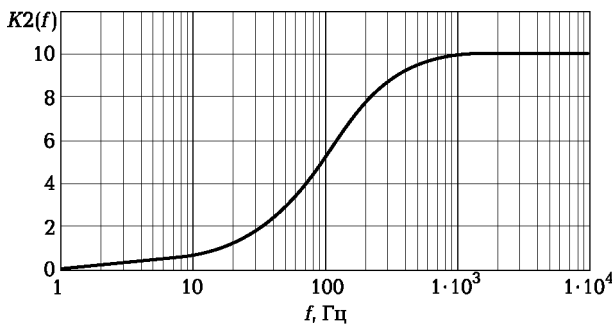
а



Сурет. 6.25. Оп-амптер негізінде LPF: а-схемасы; б - тән



а



б

Сурет. 6.26. ОЖ жүйесіндегі HPF: а - схемасы; б - тән

$$|K_2(j\omega)| = \frac{R_2}{R_1} \frac{\omega T}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}, \quad (6.27)$$

онда T - уақытша тұрақты, $T = R_1 C_1$.

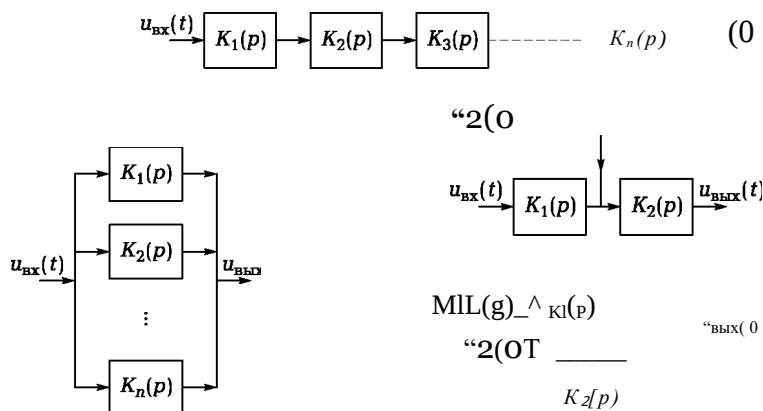
$C_1 = 1$ мкФ, $R_1 = 1$ кОм және $R_2 = 10$ кОм болатын функциялары (6.27) күріш. 6.26, а, HPF, күріш. 6.26, б.

ОС күшейткіштің көмегімен электронды құрылғыларды қалыптастырудың бес мысалынан басқа, басқа да жағдайлар мүмкін.

6.5. КӨП-КАСКАД СЫЗЫҚТЫ ЭЛЕКТРОНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ТАЛДАУ

Көптеген электрондық құрылғылар әртүрлі сілтемелер – төрт порты болып табылады. Бұл каскадты (төртбұрышты желі) қосылым - жүйелі (каскадты), параллель, екі кіріс және теріс кері байланыспен төрт ең кең таралған түрі. 6.27. Бұл құрылғылар жалпы оператордың көмегімен сипатталуы мүмкін.

Бір-бірімен байланысқан каскадтардың жалпы құрылыстық операторы (6.27, а-сурет), өзара әсер етпеген кезде, жеке операторлардың өнімі болып табылады:



б

Сурет. 6.27. Схемаға қосылу сілтемелері:

a — дәйекті; және - параллель; c - екі кірісімен; g - кері байланыспен

$$K(p) = \prod_{i=1}^n K_i(p). \quad (6.28)$$

Құрылғының жалпы операторы параллельді байланысқан каскадтардан (сурет 6.27, б) өзара әсер етпеген кезде жеке операторлардың сомасы ретінде анықталады:

$$K(p) = \sum_{i=1}^n K_i(p). \quad (6.29)$$

Құрылғының жалпы пайдаланушысы екі кірісімен (Сурет 6.27, с):

$$K(p) = K_1(p) K_2(p) + K_2(p) K_U(p), \quad (6.30)$$

где $K_U(p) = u_2(p) u_{bx}(p)$.

Кері байланыс тізбегі үшін (6.27-график, г)

$$u_{блх}(p) = K_1(p)[u_{ex}(p) - K_2(p)u_{блх}(p)].$$

Демек, теріс кері байланысқа ие құрылғының жалпы операторы үшін (Сурет 6.27, d)

$$K(p) = \frac{K_1(p)}{1 + K_1(p)K_2(p)}. \quad (6.31)$$

Барлық нысанның белгілі бір операторымен бірге берілген әдістеме бойынша. 6.2 желілік электронды құрылғының жиілігін және уақыттық сипаттамаларын тұтастай есептеуге болады

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ ²

2. Сызықтық және сызықты емес арасындағы айырмашылық неде?
3. 2. Қандай сипаттамалар жиілік деп аталады?
4. 3. Қандай сипаттамалар уақытша деп аталады?
5. 4. ОЖ қандай мақсатта пайдаланылады?
6. 5. Теріс кері байланыспен күшейткіштің ерекшеліктері қандай?

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ АНАЛОГЫ

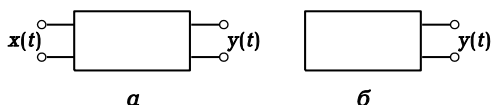
7.1. ЖАЛПЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ СИПАТТАМАСЫ

Сызықты емес аналогтық құрылғылар желілік сипаттамаларға, яғни мақсаттарға және жиілік диапазондарына сәйкес жіктеледі (6.1-бөлімін қараңыз). Электрондық элементтер инерциялық электр тізбектерімен үйлесімде сызықты емес динамикалық байланыстар мен құрылғыны қалыптастырады. Соңғысы мыналарды қамтиды: төмен жиіліктік және жоғары жиілікті сигнал күшейткіштері, мультипликаторлар және жиілік бөлгіштер, жиілік түрлендіргіштері және автоматты генераторлар.

Осы құрылғылардың әр түрлілігін ескере отырып, оларды екі үлкен класқа бөлуге болады: автономды емес және оқшауланбаған (7.1-сурет).

Автономдық емес құрылғылардың белгілері (сурет 7.1, а) мыналар:

- $y(t)$ шығыс сигналының $x(t)$ және $x(t) = 0$ сигналдарына тәуелділігі, әдетте, $y(t) = 0$;
- құрылғы арқылы өтетін кіріс сигналының бір немесе бірнеше параметріне, мысалы, күшейткіштерде – сигнал қуатында, түрлендіргіштерде – жиілікте әсер ету.



Автономды құрылғылардың белгісі (7.1, б) – бұл сыртқы әсердің болмауы, оларда $y(t)$ шығу сигналы құрылғының өзі ғана анықталады. Мысалы, өзін-өзі тербелу жиілігі тербеліс жүйесінің параметріне байланысты және сигнал күші электронды құрылғыдан және оның жұмыс режимінен тұрады.

Жоғарыда айтылғандай, электронды құрылғылардың сызықтығы электр қозғалтқыштың электр және магнит өрістерімен олардың жұмысына негізделген электронды құрылғыдағы өзара әрекеттесудің күрделі сипаты болып табылады. Бұл процестің мұндай сызықты емес сипатының сыртқы сипаттамасы электрондық құрылғы амплитудалық

сипаты болуы мүмкін, яғни тәуелділік $U_{\text{ВЫХ}} = \Phi_1 (U_{\text{ВХ}})$ және фазалық-амплитудалық сипаттамасы $\Delta\varphi = \Phi_2 (U_{\text{ВХ}})$, яғни, күшейтілген сигнал фазасының амплитудасының тәуелділігі.

Осы сипаттамаларды алу тәртібін қарастырыңыз. Біз құрылғының (төрт терминалы) сигналын (7.1а суретін қараңыз) енгіземіз

$$x(t) = U_{\text{ВХ}} \sin(\omega t + \varphi_{\text{ВХ}}). \quad (7.1)$$

Оның шығарылымы бойынша біз азламыз

$$y(t) = U_{\text{ВЫХ}} \sin(\omega t + \varphi_{\text{ВЫХ}}). \quad (7.2)$$

Кіріс сигналының амплитудасын біртіндеп өзгертіп, құрылғының амплитудасы мен фазалық-амплитудалық сипаттамаларын алып тастаймыз:

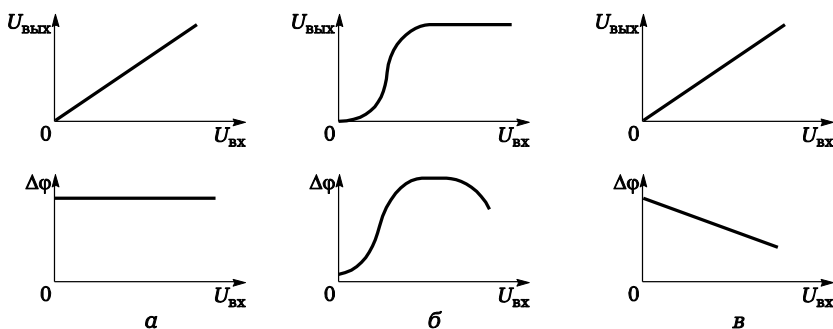
$$U_{\text{ВЫХ}} = \Phi_1 (U_{\text{ВХ}}) \Delta\varphi = \varphi_{\text{ВЫХ}} - \varphi_{\text{ВХ}} = \Phi_2 (U_{\text{ВХ}}). \quad (7.3)$$

$\Phi_2 (U_{\text{ВХ}}) = \text{const}$ кіріс сигналының амплитудасының фазалық айырмашылығының сызықтық амплитудасы $\Phi_1 (U_{\text{ВХ}})$ тәуелділігі және сызықтық (сурет 7.2, а). Егер осы екі жағдайдың біреуі сәтсіз болса, тізбек сызықсыз болады (7.2-сурет, б, с). Сызықтық құрылғы мен сызықты емес құрылғы арасындағы айырмашылықтың тағы бір белгісі демалыс сигналы спектрінің нысаны болып табылады (6.1 бөлімін қараңыз).

Осылайша, екі сипаттаманың (7.3) формасы мен спектрдің құрылымы электронды құрылғының сызықты немесе сызықты емес екенін анықтауға болады.

- Сызықсыз тізбектерді талдаудың келесі әдістері бар:
- аналитикалық, әдетте, құрылғының жұмысын сипаттайтын сызықты емес теңдеулер жүйесін шешудің жуықтап әдісі;
- компьютерді қолданатын бағдарламалар бойынша бірдей сызықты емес теңдеулер жүйесін шешудің сандық жолдары;
 - инерциалды емес сызықтық емес элементпен графикалық;
 - құрылғының шығуындағы сигналдардың жоғары гармоникасын сүзгілеу кезінде гармоникалық сызықтандыру;
 - спектрлік, шығыс сигналының спектрінен тізбектің сызықты емес қасиеттерін бағалау.

Келтірілген мысалдардың көмегімен сызықты емес тізбектерді талдаудың осы үш әдісін қарастырайық.



Сур 7.2. Электронды құрылғылардың амплитудасы мен фазалық-амплитудалық сипаттамалары:

7.2. ГРАФИКАЛЫҚ ТАЛДАУ ӘДІСІ

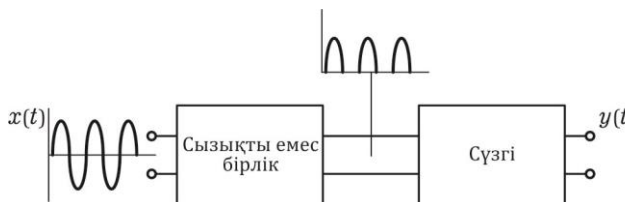
Кіріс сигналы синусоидальды кернеудің әсеріне байланысты конструкцияларға сәйкес демалыс токі амплитудасы бар импульстік түрін қабылдайды. Сурет. 7.3. Импульстің сипаттамасын графикалық анықтау

7.3. МЕТОД ГАРМОНИЧЕСКОЙ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

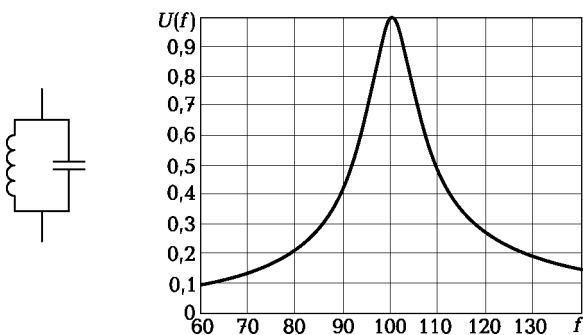
Екі байланыстың: сызықты және желілік сүзгі болып табылатын және сигналдың алғашқы гармоникасын ғана өтетін құралды қарастырайық (7.4-сурет).

Сызықты сигналды сызықты емес сілтеменің шығуындағы импульстардың пішінін қабылдайтын құрылғының кірісіне береміз. Фурье қатарлары мерзімді дәйектілікке бөлінеді (2.3 бөлімін қараңыз). Төменгі бұрыштық бұрышпен $\Theta = 90^\circ$ (7.3а-суретті қараңыз) косинол толқындық импульстердің мерзімді реттілігі үшін бағдарламаға сәйкес (2.2.3-суретті қараңыз)

$$i(t) = I_m[0,318 + 0,5\cos(\omega t) + 0,212\cos(2\omega t) - 0,042\cos(4\omega t)]. \quad (7.4)$$



Сурет. 7.4. Сүзгісі бар сызықты емес құрылғы



Көптеген жағдайларда синусоидалы сигналдың пішінін оның шығуындағы бұрмалау арқылы тізбектің сызықты емес қасиеттеріне қарап, өте қиын. Осындай жағдайларда дәл талдау әдісі – кіріс және шығыс сигналдарының амплитудасы спектрін салыстыру негізінде спектральды әдіс. Бұл әдіспен сынақ сигналы шығу сигналы комбинациялық спектрін алуға мүмкіндік беретін және талданатын құрылғының сызықты емес қасиеттерін сандық бағалауға мүмкіндік беретін екі жиілікті сигнал болуы мүмкін. Талдау әдісі қазіргі заманғы электроникада кеңінен қолданылғандықтан, алдымен екі жиілікті сигналдың құрылысын толығырақ қарастырамыз, ол жиілікте орналасқан екі синусоидалы сигналдардың сомасы ретінде ұсынылады:

$$u_{BX}(t) = U_1 \sin(2\pi f_1 t) + U_2 \sin[2\pi (f_1 + F) t] = A(t) \sin[2\pi f_1 t + \Theta(t)], \quad (7.5)$$

мұнда $A(t)$ - сигнал амплитудасы; $\Theta(t)$ - жалпы сигналдың фазасы,

$$A(t) = U_0 \sqrt{1 + p^2 + 2p \cos(2\pi Ft)}; \quad (7.6)$$

$$\Theta(t) = \arctg \frac{p \sin(2\pi Ft)}{1 + \cos(2\pi Ft)}. \quad (7.7)$$

Мұнда p - сигнал амплитудасының қатынасы, $p = U_2/U_1$. $P = 1$ үшін өрнек (7.5) пішінді қабылдайды

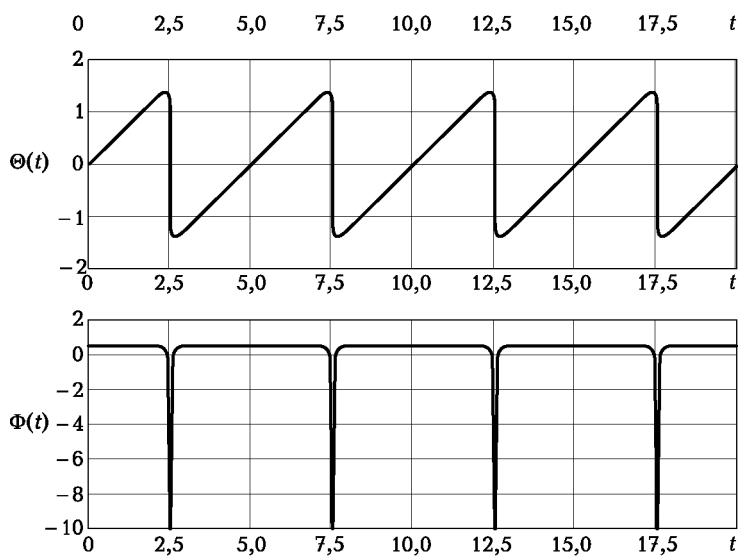
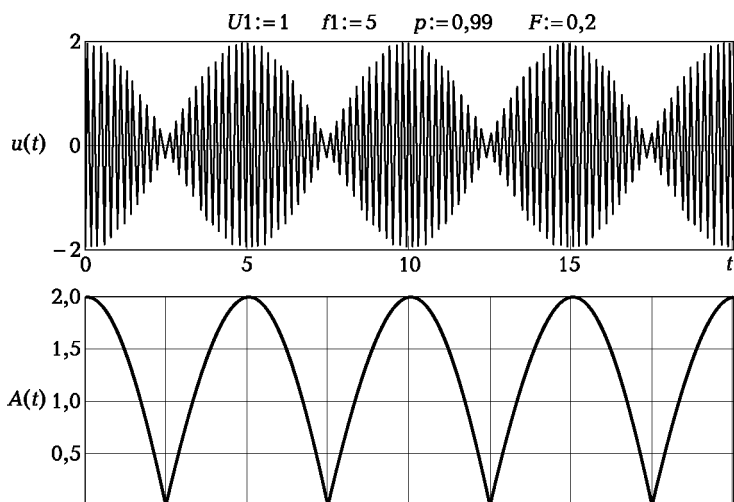
$$u_{BX}(t) = 2U_1 \cos(\pi Ft) \sin[2\pi(f_1 + 0,5F)t]. \quad (7.8)$$

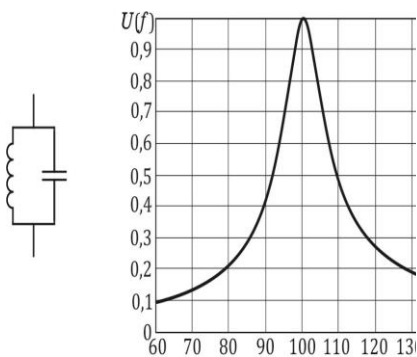
(7.6) ... (7.8) сәйкес, екі жиілікті сигнал амплитудасы мен фазалық модуляциясы бар сигнал болып табылады, сондықтан оны бір жиілікті режимде алынған және суретте көрсетілгендей құрылғыларға талдау жасау үшін қолдануға болады. 7.2. Біз екі жиілікті сигналдың (t) амплитудасының (t), фазаның (t) және уақытша жиілігін (t) есептеуге арналған бағдарламаны ұсынамыз:

$$\begin{aligned} U1 &:= 1 \quad f1 := 5 \quad p := 0.99 \quad F := 0.2 \\ u(t) &:= U1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f1 \cdot t) + p \cdot U1 \cdot \sin[2 \cdot \pi \cdot \\ (f1 + F) \cdot t] \\ s(t) &:= \sin(2 \cdot \pi \cdot F \cdot t) \quad c(t) := \cos(2 \cdot \pi \cdot F \cdot t) \\ A(t) &:= U1 \cdot \sqrt{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot c(t)} \end{aligned}$$

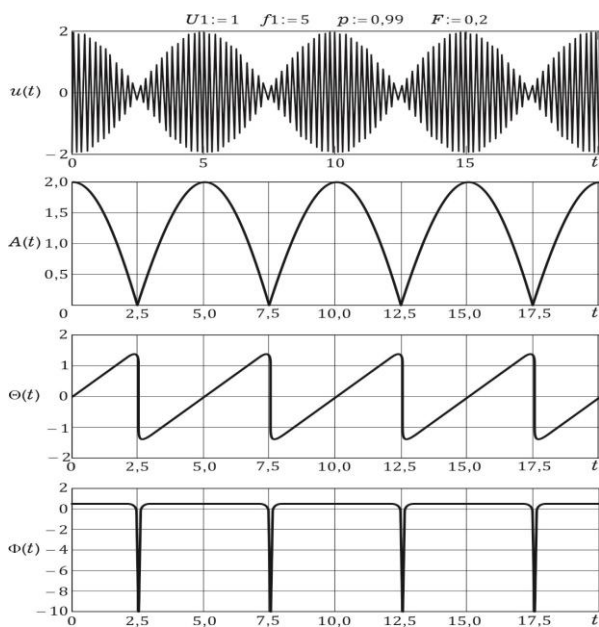
$$\Theta(t) := \operatorname{atan} \left(p \cdot \frac{s(t)}{1 + p \cdot c(t)} \right)$$

$$\Phi(t) := \frac{p^2 + p \cdot c(t)}{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot c(t)}$$

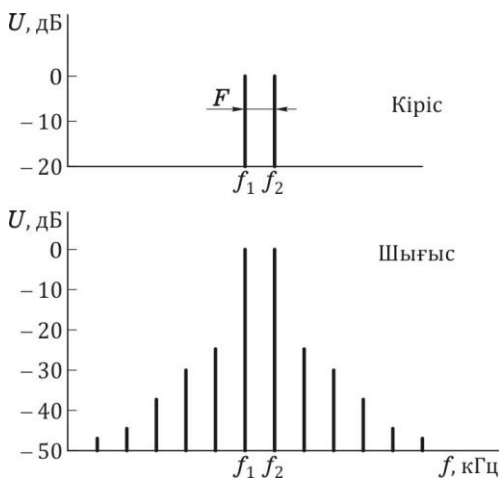




Сурет. 7.5. Параллельді осцилляторлық схема



7.6. Суретте көрсетілгендей, тербеліс фазасы (f) бір тербеліс кезеңінде F айырымдық жиілігімен өзгереді. $P = 1$ кезінде фаза артқы әйнек заңына сәйкес секіріп, амплитудасы модулінің тереңдігі 100% -ға өзгереді



Сурет. 7.7. Аралас спектрі
Бағдарламаны $p = 0.99$ -да графиктер
түрінде есептеу нәтижелерін күріш.

Белгілі амплитудасы мен фазалық-амплитудалық сипаттамалары бар сызықтық емес тізбектің шығу комбинациялық спектрі (7.2 суретті қараңыз) бағдарламадан есептелуі немесе схеманың немесе құрылғылардың кіруіне екі жақты сигнал қолдану арқылы алынуы мүмкін (7.5). Раман спектрінің мысалы мысалда көрсетілген. 7.7. Бұл спектрдегі спектральды компоненттер F айырмашылық жиілігінің аралықпен жүреді. Комбинация құрамдас бөліктерінің деңгейінде тізбектің сызықты емес қасиеттерін бағалауға болады: жоғары деңгейде үлкен сызықтық емес сызба көрсетіледі.

7.5.

СЫРТҚЫ ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ГЕНЕРАТОР

Сыртқы қозғаумен генератордың мақсаты жоғары жиілікті тербелістердің қуатын күшейту болып табылады. Функционалдық сұлбасы, күріш. 7.8, үш каскадты төрт порттан тұрады: кіріс және шығыс электр тізбектеріне және электронды құрылғыға сәйкес - транзистор немесе шам



Сурет. 7.8. Сыртқы қозғаумен генератордың функционалдық схемасы

Электр тізбектерінің мақсаты электронды құрылғының кіріс және шығыс кедергілеріне, сәйкесінше, қозғау көзі мен жүктемемен, сондай-ақ сигналдың жоғары гармоникасын сүзгілеу болып табылады.

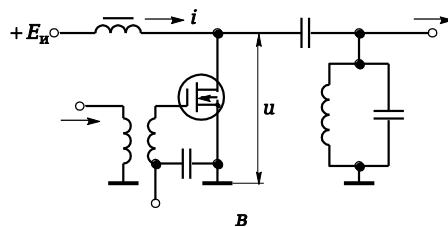
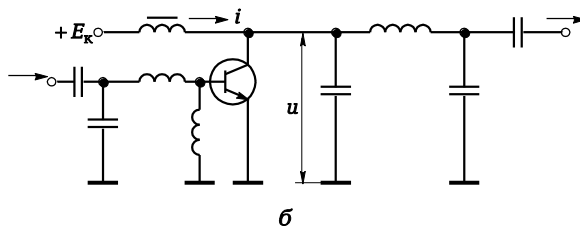
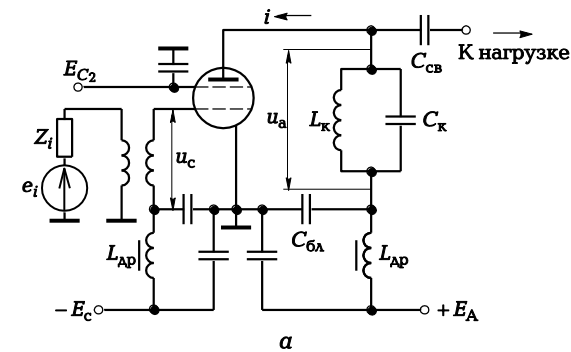
Жоғары жиілікті генератордың үш типтік схемасы (лампетр тетрода, биопарлы және далалық әсерлі транзисторлармен) күріш. 7.9. Осы сызбалардың ұқсастығы гармоникалық линеаризация әдісіне сәйкес жүзеге асырылады (7.3 бөлімін қараңыз). Процестердің түрлі физикалық табиғаты қарамастан генератордың шығыс тізбегінің олардың ағымдағы вольтты мінездемесін талдау ресми ұқсастық ескере отырып, басқа электрондық құрылғылар, биполярлы және өрістік транзисторлардың жылу өткізгіштігі жалпы тұрғысынан, барлық жағдайларда бірдей. жоғары тиімділігі генераторын алу үшін барлық ток импульсінің демалыс (анод, жинаушы немесе су төгетін) сур құрылыстардың орындалуы тиіс қысқартылған косинусын жақын форумы бар онда сызықтық емес режимінде жұмыс істейді. 7.3, а, мұнда i - электрондық құрылғыдағы демалыс ток, I_x - кіріс кернеуі.

Төмендегі негізгі параметрлер генераторлардың барлық түрлерінің сыртқы қозғаумен жұмыс істеуін анықтайды: жүктеме кіретін РЖ сигналының тербеліс қуатын, P_p қуат көзінен P_0 -дан DC тұтыну қуаты; тиімділігі (тиімділігі) коэффициенті $\eta = P_1/P_0$; $K_p = P_1 / P_{1bx}$ қуатының күшейту коэффициенті, мұнда P_{1bx} - кіріс сигнал көзінің қуаты; жиіліктер белдеуінің ені.

Генератордың электронды құрылғысында P_0 қуаты бар тұрақты ток көзінің энергиясын P_1 қуаты бар жоғары жиілікті тербелістердің энергиясына түрлендіреді. Бұл қуаттар үшін

$$P_0 = P_1 + P_p, \quad (7.9)$$

онда P_p - электрондық құрылғыдағы жылу түрінде таратылған қуат (шамда - анодта, биполярлық транзисторда - коллекторда, өрісте - су ағызғанда).



Диссипация қуатын белгілі бір интегралдың көмегімен есептеуге болады:

$$P_p = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i(\omega t) u(\omega t) d\omega t, \quad (7.10)$$

мұндағы $i(\omega t)$, $u(\omega t)$ - электронды құрылғының шығуындағы ток және кернеу.

Сигналдың бірінші гармоникасының шығу қуаты

$$P_1 = 0,5 I_1 U_m. \quad (7.11)$$

Тікелей ток көзінен тұтынылатын қуат

$$P_0 = I_0 U_0 \quad (7.12)$$

Генератордың шығу тізбегінің тиімділігі

$$\eta = P_1 / P_0. \quad (7.13)$$

Әдетте, генератордың жиілігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым аз тиімділік. Орташа алғанда, жоғары дәрежелі генераторлардың дұрыс жұмыс режимімен жұмыс тиімділігі 50% -дан төмен емес.

7.6.

АВТОГЕНЕРАТОРЛАР

Жоғары жиілікті тербелістерді қалыптастыру қағидасы. Суреттегі параллельді осцилляторлық схемада тербелістердің демалу процесін қарастырайық. 7.10, белсенді қарсыласуымен анықталатын энергия шығыны.

Конденсатордың сыртқы көзінен зарядталғанға дейін зарядталғаннан кейін тізбектегі тербелмелі тербелістер пайда болады

$$y(t) = E e^{-\alpha t} \cos(\omega_1 t), \quad (7.14)$$

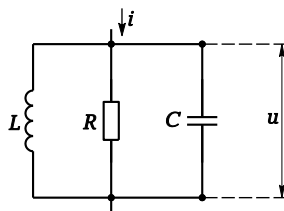
где $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad \alpha = \frac{1}{2RC} = \frac{\omega_0}{2Q};$

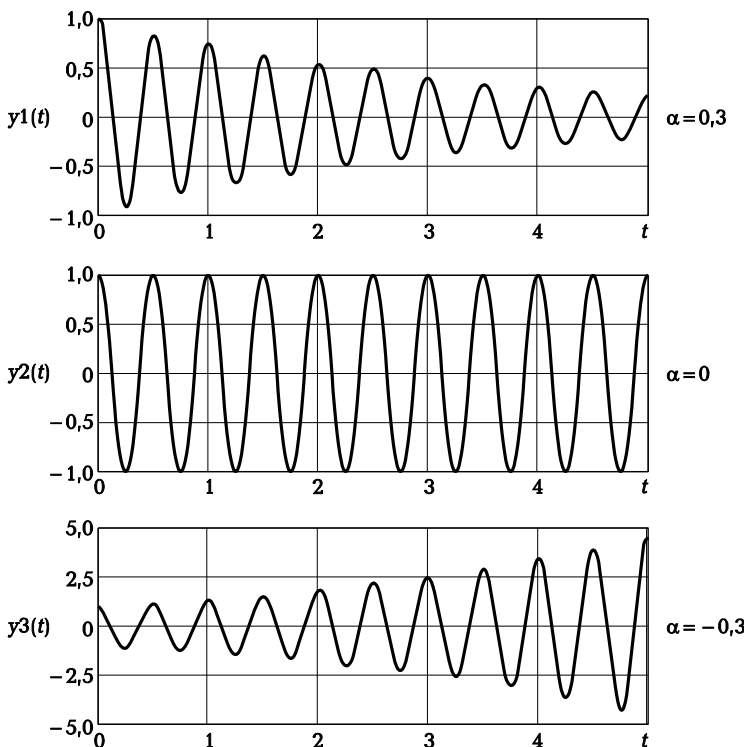
Q — контурдың сапа факторы, $Q = \omega_0 RC$.

(7.14) сәйкес тербелістердің демпферлік жылдамдығы a немесе Q -фактор коэффициентімен анықталады, $a = 0$ үшін функция (7.14) күріш. 7.11, а.

Демпфирленген тербелістерді, яғни тұрақты амплитудасы бар тербелістерді алу үшін, $\alpha = 0$ немесе $Q = \infty$ коэффициенті болуы керек. Бұл жағдайда тербеліс контурының резонанстық жиілігімен дәл осцилляция жиілігі $\omega_1 = \omega_0$ болып табылады. Екінші жағынан, (7.14) - дан келген кез-келген кішігірім теріс мәндер үшін $\alpha < 0$ болса, тербелістердің амплитудасының шексіз ұлғаюы орын алады (сур.

7.11, в), ол сайып келгенде әкеледі конденсатордың электр бөліктеріне және, демек, жол берілмейді.





Сурет. 7.11. Ауытқу түрлері

Демек, өздігінен тербелу режимін қамтамасыз ету үшін $\alpha = 0$ тұрақты, өзгермейтін мәніне ие болу керек. Керісінше, $\alpha > 0$ кезінде тербелістер ыдырайтын болады, ал $\alpha < 0$ үшін ол шексіз артады. Осындай тұрақты, тұрақтылық ауытқу режимі ұсынылған құрылғы автоматты генератор деп аталады, ол өздігінен осциллятордың жалпыланған блок-схемасы көрсетілген. 7.12.

Бұл схемада тербеліс тізбегіндегі сигналдың бөлігі электронды құрылғыны оң кері байланыс тізбегі арқылы енгізіледі, ал күшейткіш кейін қайтадан схемаға қайта оралады. Бұл жағдайда екі шартты орындау қажет. Біріншіден, тізбеге кіретін қосымша қуаттың мөлшері оның жоғалтқан энергиясына тең болуы керек, себебі оның R кедеріне белсенді қарсылықтары бар (7.10-суретті қараңыз). Екіншіден, қосымша тербелістер негізгі тербелістермен фазада сәйкес келуі керек. Транзисторлы авто-



Сурет. 7.12. Автогенератордың блок-схемасы

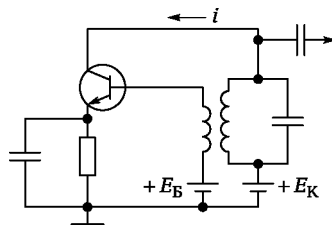
генератор, осы талаптарды қанағаттандыратын, күріш. 7.13. Басқа схемалар [3].

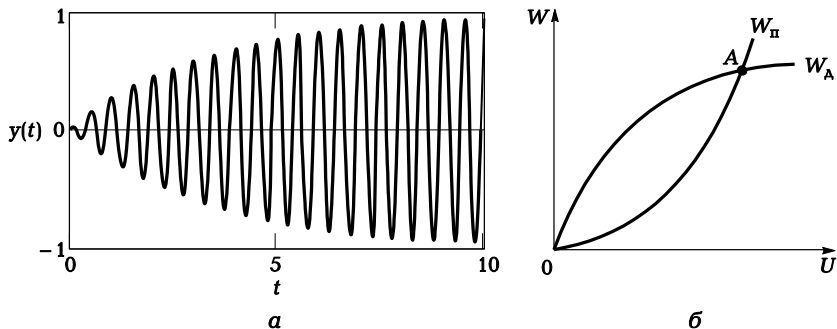
Өздік осциллятордың негізгі теңдеуі. Екі энергиялардың теңгерімі негізінде өздігінен тербелістің тұрақтылығын қарастырайық: тізбекте сақталатын және кері байланыс циклі арқылы қосымша оған жеткізілетін энергия. W_m -нің қосымша энергиясын жоғалту энергиясын білдіреді. Автогенераторды қосқаннан кейін, өздігінен тербелу амплитудасының ұлғаюын қамтамасыз ететін $W_A > W_n$ болуы керек (7.14-сурет, а).

жүйесін жеткеннен кейін $W_A = W_n$ теңдік одан әрі ұлғайту ауытқуына коэффициенті $\alpha = 0$. аузы-жаңашыл өзін-өзі тербеліс режимін орын амплитудасы тұрақты азайту және жұмыс режиміне оралады, ол $W_A < W_n$ болуы тиіс. Жоғарыда айтылған суретте көрсетілгендей, байланысты $W_A > W_n$ және $W_A(U)$ суреттейді. 7.14, б, U - амплитудасы автоматты жылжу нүктесі A - тұрақты тепе-теңдікке мемлекет сәйкес келеді. Осылайша, дұрыс таңдау кезінде генератор күріш тиісті, өз жұмысын режимінде. автоматты түрде 7.14, б, тербеліс *postoyan-stvo* амплитудасын қамтамасыз динамикалық тепе-теңдікті орнату (қараңыз. сур. 7.14, а).

Автогенераторды гармоникалық линеаризация әдісімен талдауға болады, өйткені осы әдісті қолдануға арналған шарт - осцилляторлық схеманың көмегімен сигналдың бірінші гармоникасын таңдау ғана орындалады (7.3-бөлімін қараңыз).

Өзін-өзі генератордағы $i(t)$ электронды құрылғының ағымы синусоидальдыктан айтарлықтай ерекшеленеді және косинус пен басқа да күрделі импульстік пішіндерден тұратын мерзімді ауытқуды білдіреді. Кеңейтеді





Сурет. 7.14. Тербелістің кез-келгеніне арналған осцилляторлар: а - осцилограмма; және б - диаграмма

Фурье қатарындағы мерзімді тербелістерге (2.10) сәйкес сигналдың алғашқы гармоникасын бөліп шығарамыз, ол үшін біз жазады: $I_1 = I_{m1}$, мұнда I_m - импульстік амплитудасы; $a_1 = 0,5$ қисығы бұрышында $\varphi = 90^\circ$ (7.3а-суретті қараңыз). Төмендегі параметрді енгізіңіз: сигналдың алғашқы гармоникасына қатысты электронды құрылғылардың сипаты: $B_u = I_1 / i_u = I_{max} / I_{ome}$, онда i_u - құрылғының кірісіндегі басқару кернеуінің амплитудасы және сигналдың бірінші гармоникасының күрделі амплитудасы үшін келесі теңдеулер жүйесін жазыңыз:

$$\begin{aligned} I_1 &= S y U_y; \\ U_m &= I_1 Z_{\text{ЭКВ}}; \\ U_y &= K U_m. \end{aligned} \quad (7.15)$$

Мұнда U_m - тербелістердегі гармоникалық стрестің амплитудасы, цикл;

*

$Z_{\text{ЭКВ}}$ - айналдыруға төзімділік

*

сигналдың алғашқы гармониясы жиілігінде K - бұл кері байланыс коэффициенті.

Біртекті теңдеулерді шешу (7.15) біз өздігінен осциллятордың негізгі теңдеуін сигналдың бірінші гармоникасына қатысты кешенді түрде аламыз: $S_y Z_{\text{ЭКВ}} K = 1$. (7.16)

Бұл теңдеу модульдің өнімі мен амплитудасы мен фазалардың тепе-теңдігінің теңдеуі деп аталатын фазалардың сомасы үшін теңдеулерге бөлінеді:

$$S_y Z_{\text{экв}} K = 1. \quad (7.17)$$

$$\varphi_y + \varphi_{\text{экв}} + \varphi_K = 2\pi n. \quad (7.18)$$

Амплитудалық баланстың теңдеуінен (7.17) шығатын тізбектегі энергияны толығымен толтыру керек, яғни екі энергияның теңдігі үшін жоғарыда аталған шарт - W контурында жоғалтылған және қосымша WA .

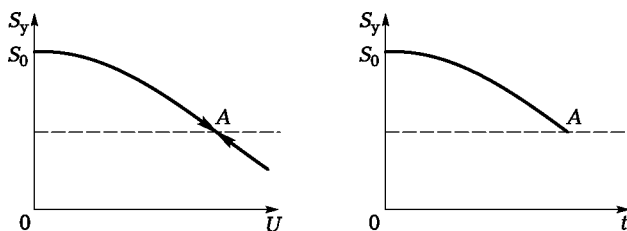
Фазалық баланс теңдеуінен (7.18) келесі шартты сақтау қажет: схемаға енгізілген қосымша тербелістер қазірдің өзінде қолданыстағы фазамен сәйкес келуі керек.

Қосымша энергияның мөлшері K коэффициентінің кері коэффициенті арқылы реттелуі мүмкін және оның сатысы оның фазасына байланысты болады. Электрондық құрылғы сигналдың фазасын n -ға жақын сомаға айналдырғандықтан, онда (7.18) сәйкес сигнал фазасы кері байланыс циклінің арқасында бірдей мөлшерде өзгеруі керек.

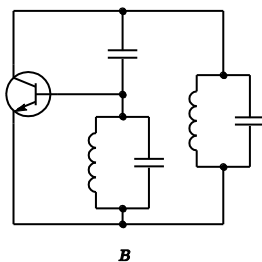
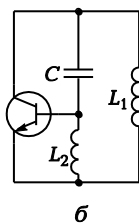
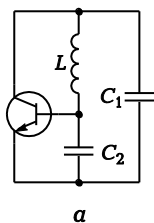
$T = 0$ кезінде тербеліс амплитудасы аз болғандықтан, басқару элементінің $W_0 = S_0$, яғни электронды құрылғының сипаттамасының статикалық көлбеуі. Бұл жағдайда өзін-өзі қоздырғыштың келесі өзін-өзі қоздыру шарты орындалуы тиіс:

$$S_0 Z_{\text{экв}} K > 1. \quad (7.19)$$

U -ның өзін-өзі тербелуінің амплитудасы арта түскен сайын, Будың мәні белгіленген режимге сәйкес келетін мәнге дейін азаяды. $W_0(u)$ және $S(t)$ тәуелділіктері күріш. 7.15. Графиктегі A нүктесі өзін-осциллятордағы динамикалық тепе-теңдік жағдайына, яғни энергетикалық теңдік $W_A = W_{\Pi}$ немесе баламалы амплитудалық баланстың теңдеуіне сәйкес келеді (7.17).



Сурет. 7.15. Тұрақты күйдегі осциллятор режимінің схемасы



Сурет. 7.16. Өздігінен қозғалтқыштың үш тізбегі

Өздігінен қозғалатын генераторлар сұлбасы. Ең жиі қолданылатын үш нүктелі автоматты генераторлы схема - суреттегі екі нұсқада ұсынылған. 7.16, а, б. Алғашқы схемалар сыйымдылық деп аталады, онда кері байланыс коэффициентінің модулі - $K = C_1 / C_2$; екіншісі индуктивті, онда $K = L_2 / L_1$ модулі. Екі схеманы екі циклге теңестіруге болады (7.17, с) және өздігінен генератордың басқа схемалары.

Арнайы топ кварцтық осцилляторлардан тұрады, мұнда генерацияланған ауытқулар жиілігінің жоғары дәлдігі мен тұрақтылығы кварц резонаторымен қамтамасыз етіледі.

Электрондық Workbench бағдарламалық жасақтамасын пайдаланып, өзін-осцилляторлардың бірнеше типтік схемаларын талдаймыз.

Параметрлік тұрақтандырумен автожаздырғыш.

Параметрлік жиілікті тұрақтандыруға ие генераторлардың схемалары кварцты емес деп те аталады. 3-диаграммада

сыйымдылықты қосылыстары бар автогенератор схемасы күріш. 7.17.

Электр тізбегінің жұмысын бақылау тікелей ток амперметрі мен екі сәулелі осциллографты пайдалана отырып жүзеге асырылады. Өзін-өзі генератордың кері байланыс коэффициенті

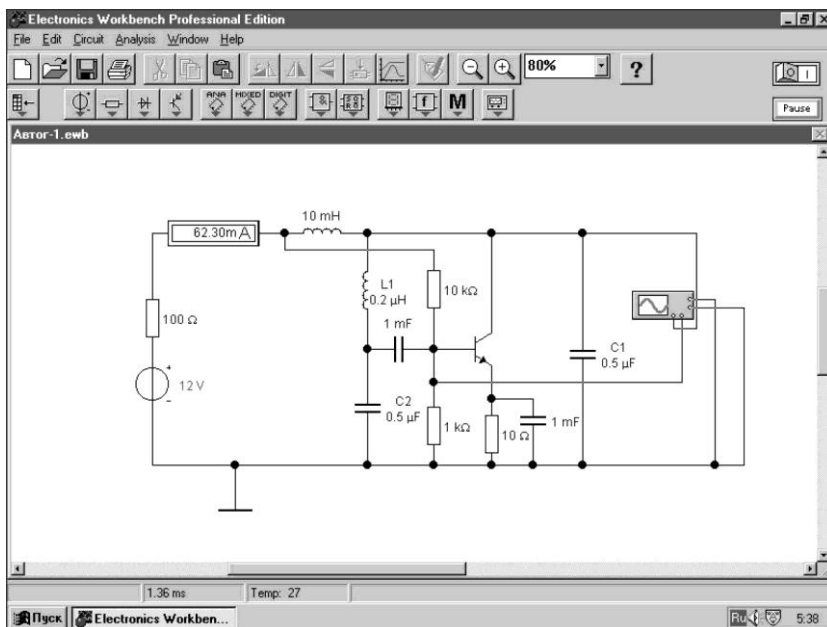
$K = C_1 / C_2 = 0,5 \text{ мкФ} / 0,5 \text{ мкФ} = 1$, өзін-өзі тербелу жиілігі

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1 C_2 / (C_1 + C_2)}} =$$

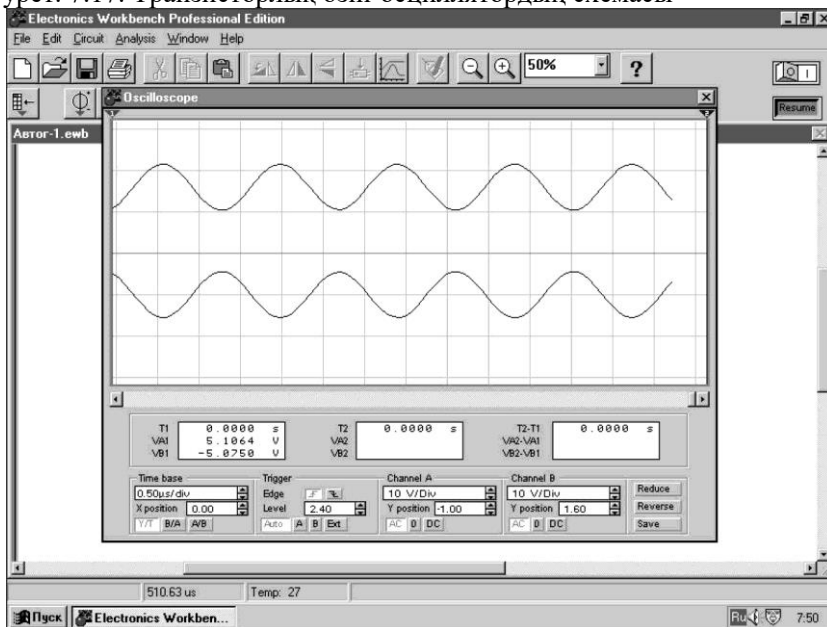
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} / (0,5 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 10^{-6})}} = 712 \text{ кГц}.$$

Мұнда L Генриде өлшенеді, ал C - Фарададағы сыйымдылық. Өздігінен осциллятордың екі нүктесінде алынған осцилограммалар

күріш. 7.18. Осциллограммалар транзистордың негізіндегі және коллекторындағы тербелістердің антфазда екендігін көрсетеді.



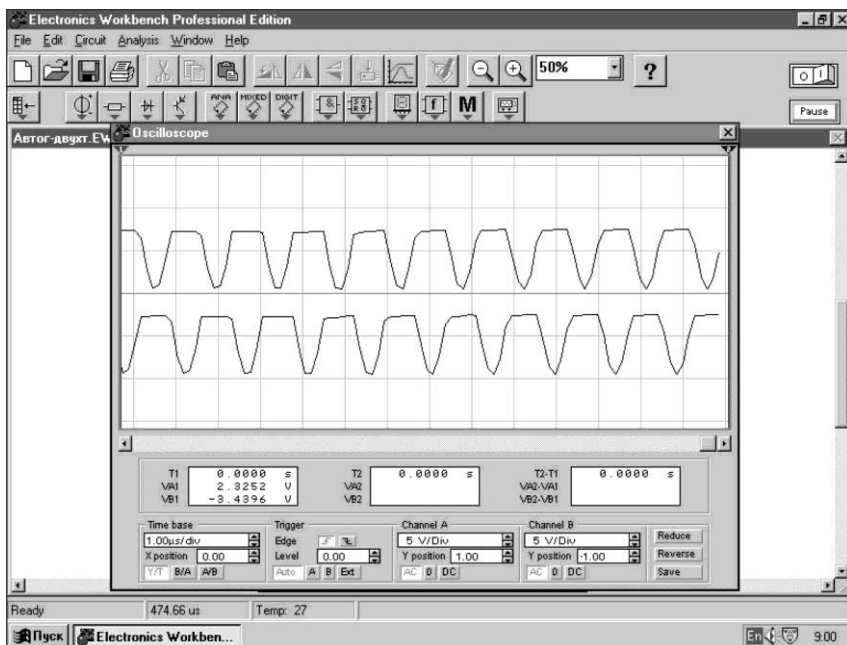
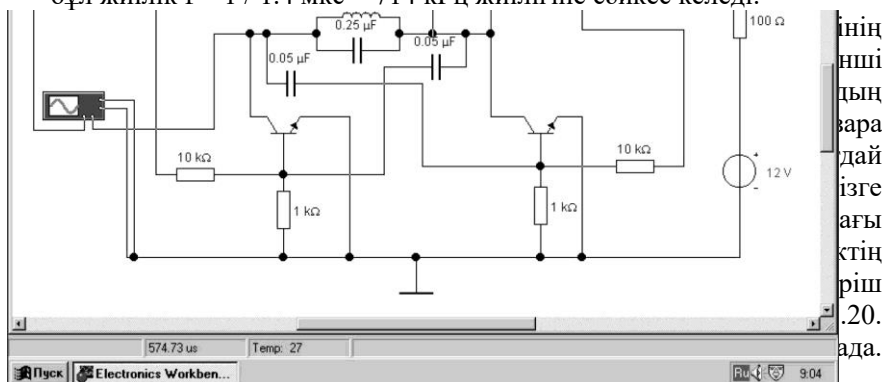
Сурет. 7.17. Транзисторлық өзін-осциллятордың схемасы



Осциллограммалардың көмегімен генерациялайтын тербелістер жиілігін анықтаймыз. 0,5 микросекундтың бір бөлігінің бағасы кезінде тербелу кезеңінің ұзақтығы

$$T = 0,5 \cdot 2,8 = 1,4 \text{ мкс},$$

бұл жиілік $f = 1 / 1,4 \text{ мкс} = 714 \text{ кГц}$ жиілігіне сәйкес келеді.

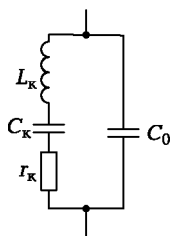


Сурет. 7.20. Екі кезеңді автогенератордағы ауытқулардың осциллограммасы

Кварц генераторы. Жоғары дәлдікті алу үшін

осцилляторлардағы генерацияланған тербелістердің жиілігінің тұрақтылығы Кварц тербеліс жүйесі ретінде қолданылады. Мұндай өзін-өзі генераторлар кварц деп аталады. Кварц тікелей және кері пьезоэлектрлік әсердің қасиеттеріне ие кристалдардың санын білдіреді. Жоғары жиіліктегі электр өрісінде орналасқан кварц мерзімді механикалық деформацияларға (кері пьезоэффекттің феномені) ұшырайды, бұл өз кезегінде электр зарядының пайда болуына әкеледі (тікелей пьезоэлектрлік әсер феномені).

Пьезоэлектрлік әсердің қасиеті 100-ден астам заттардың кристалдары. Олардың ішінде кварц параметрлері ең тұрақты болып табылады, ол оның радиоэлектрондық жабдықта кең қолданылуын түсіндіреді. Кварцты бөлінген параметрлермен байланыстыру керек. Дегенмен, резонанстық жиіліктердің жанында ол біріктірілген параметрлермен баламалы электр тізбегімен ауыстырылуы мүмкін (7.21-сурет). Кварц пластинасында механикалық тербелістердің әртүрлі түрлері негізгі жиілікте немесе біркелкі гармоникада орын алуы мүмкін. Кристалды кварцқа

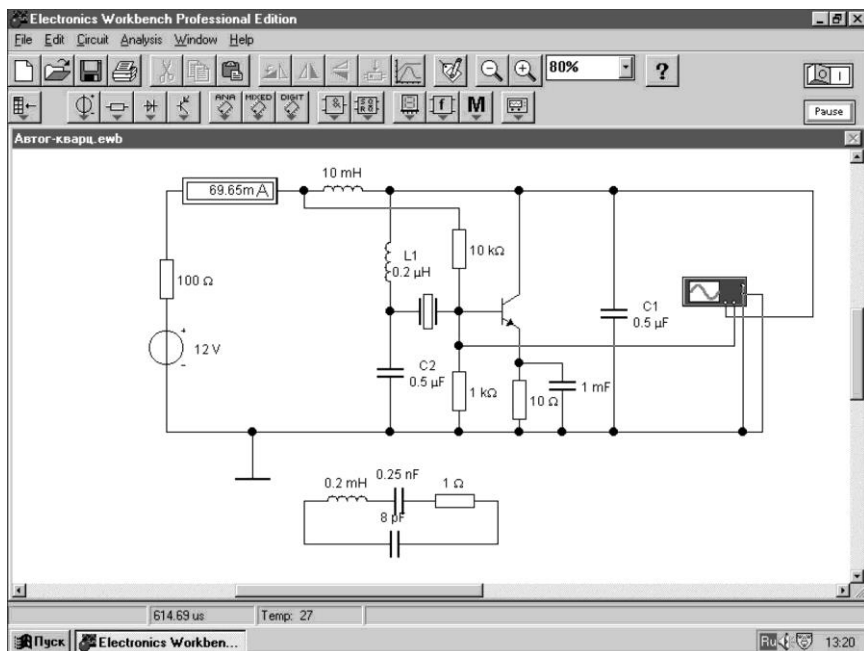


Сурет. 7.21. Кварцтың баламалы тізбегі

симметрияның үш осі бар - оптикалық, электрлік және механикалық. Пластина осы осьтерге кесілген бұрышқа байланысты шамамен 10 кварцтық кескін бөлінеді.

Геометриялық өлшемдер, тербелістер түрі және плитаның қимасының түрі кварц резонаторының негізгі электрлік параметрлерін анықтайды: дәйекті резонанс жиілігі ω_1 , Q-факторы, C_k / C_0 сыйымдылықтарының коэффициенті, TFC жиілігінің температуралық коэффициенті және шашыраудың рұқсат етілген күші. Кварц резонаторларының максималды жиілігі 150 МГц немесе одан жоғары. Кварц 60,70 МГц-ге дейінгі жиілігі бар 3-ші, 7-ші механикалық гармоникаға әсер етіп, практикада кеңінен қолданылады.

Кварцты сериялы жиілікте немесе параллель резонанс қозғауға болады. 7.21 тиісінші



Сурет. 7.22. Кварц осцилляторы

$$\omega_1 = 1/\sqrt{L_K C_K}, \omega_2 = 1/\sqrt{L_K \frac{C_K C_0}{C_K C_0}} \approx \omega_1 \left(1 + \frac{C_K}{2C_0}\right)$$

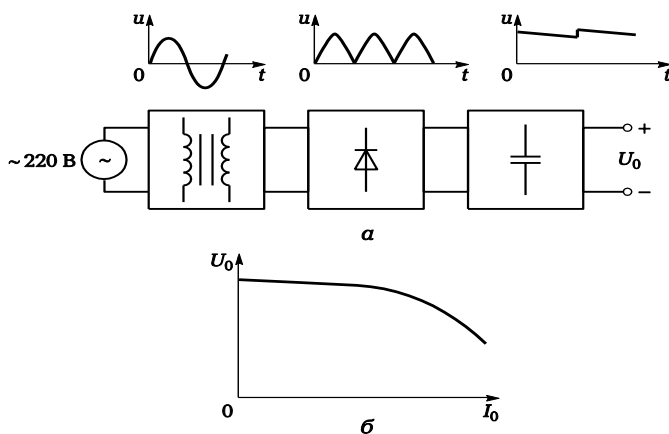
Кварц резонаторының Q-факторы

$$Q_K = \frac{\omega_1 L_K}{r_K} = \frac{\sqrt{L_K / C_K}}{r_K}. \quad (7.21)$$

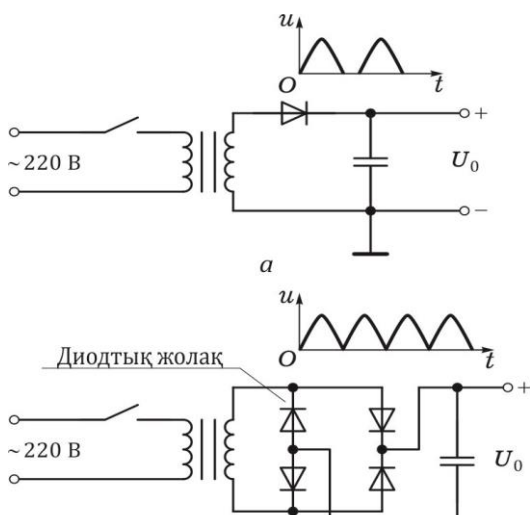
Кварц осцилляторының сұлбасы күріш. 7.22. Бұл схемада өздігінен қозғалатын тербелістер ω_1 -нің дәйекті резонансы жиілігімен жүреді, өйткені тек қана кварцтың шағын қарсыласуына ие болады және кері байланыс схемасы жабылады. ω_1 -ден басқа жиілікте өзін-өзі қозғалатын тербелістер пайда болмайды, өйткені оларда кварцтың қарсылығы жоғары. L_1 индуктивтілігін және C_1 және C_2 сыйымдылығын қамтитын автожаңырғыш тізбектің резонанстық жиілігі ω_1 жиілігіне жақын болуы керек, яғни 712 кГц жағдайда.

Мақсаты және жіктелуі. Қуат көздері (екінші қуат көздері деп те аталады) электрондық тізбектерге тұрақты кернеуді қамтамасыз етуге арналған. Құрылғыны электрқұрылғылармен қамтамасыз ету үшін жоғары вольтты қоректендіру көздері талап етіледі, және төмен кернеулі қуат көздері жартылай өткізгіш қуат қажет. Мысалы, микротолқынды электрвакуумдық қондырғыларды және қуатты генераторлық шамдарды жеткізу үшін (3.2 бөлімін қараңыз) бұл кернеу кейде ондаған киловольтке жетеді. Жартылай өткізгіш құрылғылардың кернеуі, тіпті салыстырмалы түрде жоғары, әдетте 100 В-дан аспайды. Төмен кернеудегі қуат көздерін 220 В кернеумен 50 Гц жиіліктегі өнеркәсіптік жиіліктің бастапқы көзімен реттеп, пайдалануды қарастырыңыз. Осындай көздің функционалды семесі күріш. 7.23, а. Оның кіріс кернеуі 220 В айнымалы кернеумен қамтамасыз етіледі және шығыс U_0 шамасында тұрақты ток кернеуі болуы керек. Электрондық схеманың тікелей тұрақты кернеу көзінен, мысалы, аккумулятордан қуат алатынына назар аударыңыз, мұндай түзеткіш қажет емес.

Электрмен жабдықтаудың негізгі параметрлері: шығыс кернеуінің мәні, осы кернеу тұрақтылығы кіріс айнымалы мәнінің белгілі бір шектерінде өзгеруімен, U_A



Сурет. 7.23. Түзеткіштің (а) функционалды диаграммасы және оның жүктеме сипаттамасы (b)

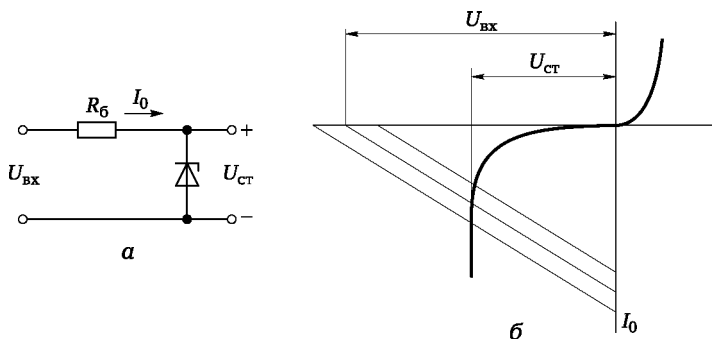


бурет. 7.24. Түзеткіштің тізбегі: а -
бір цикл; б – көпір

$U_{2\phi}$ — трансформатордың шығыс орамасындағы кернеудің тиімді мәні. Ректификатор диодтары оларға қолданылатын кернеудің кернеуіне және жүктемедегі қажетті токқа байланысты таңдалады. Түзеткіштің кірісінде кернеу өзгерген кезде шығыс кернеуін тұрақтандыру және салыстырмалы түрде төмен жүктеме токтарында жүктеме кедергісі тұрақтандырғыш пайдаланылады - арнайы диод, коммутациялық схемасы мен вольт-ампер сипаттамасы күріш. 7.25. Жүктемеге параллель қосылған зентердің диоды кері кернеудің тұрақты мәніне ие және шығыс кернеуін тұрақтандыру режимін қамтамасыз етеді. Статикалық режимде тізбектің жұмысы теңдеу арқылы анықталады

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{ст}} + I_0 R_{\text{Б}}.$$

Осы теңдеудің графигін зентердің диодтың тән қисық сызығымен біріктіру арқылы $U_{\text{вх}}$ өзгергенде, зентердің диод арқылы шығатын ток өзгереді, бірақ шығыс кернеуі іс жүзінде өзгермейді. Жоғары жүктеме кезінде



Сурет. 7.25. Кернеу тұрақтандырғышы: а - схемасы; б - диаграмма

Шығыс кернеуін және ток жүктемесінің тұрақтандырылуына мүмкіндік беретін эмитент селекторлық схемасы қолданылады (7.26-сурет).

Қуат көзін ауыстыру. Осы түрдегі қуат көзінің функционалдық диаграммасы күріш. 7.27. Схемада кернеу трансформаторын қамтамасыз ететін желілік трансформаторды түзеткіш (VN-1) бар, оның ішінде: импульстік генератор; осы импульстардың енін бақылайтын модулятор, екінші түзеткіш (ВН-2) және төмен өту сүзгісі (LPF). Схема салыстыру блоктарын (BS) және серпін енін (EI)

бақылауды қамтиды.

осы импульстардың енін бақылайтын модулятор, екінші түзеткіш (ВН-2) және төмен өту сүзгісі (LPF). Схемаға салыстыру блоктары кіреді, схема теріс кері байланыспен автоматты басқару құрылғысы ретінде жұмыс істейді. Жасалынған импульстер ВН-2 блогының көмегімен, өріс (BS) және импульстік енін бақылау (UWI) арқылы түзіледі

Рис. 7.26. Эмиттерлі Нәтижесінде, LPF сүзгісіндегі кернеу U_0 күші бойынша тұрақты кернеу болып табылады. BS блогындағы бұл кернеу $U_{оп}$ тірек кернеумен салыстырылады, нәтижесінде ESR блогына $\Delta U =$

$U_0 - U_{оп}$ қателік сигналы шығады. Соңғысы генерацияланған импульстардың еніне әсер ететін модуляторды басқарады. Осылайша, автобус арқылы импульстарды модуляциялау PWM ретінде қысқартылады. Өтпелі режимнің процесі $U = 0$ кезде аяқталады, яғни,

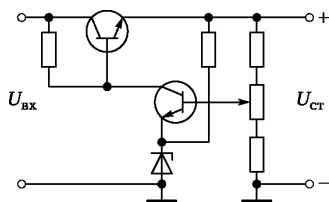


Рис. 7.26. Эмиттерлі қайталағыш



Сурет. 7.27. Ауыспалы электрмен жабдықтаудың функционалдық диаграммасы

шығыс кернеуі қажетті кернеуге тең болады. Кіріс кернеуі немесе жүктеме кедергісі өзгергенде, процесс қайта іске қосылады. Осылайша, түзілетін тұрақты кернеу импульстік қуат көзінде тұрақтандырылады. Осындай құрылғыларда автоматты реттеу процесін жүзеге асыратын арнайы микросхемалар бар.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай аналогтық құрылғылар сызықты деп аталады?
2. Сызықты және сызықты емес аналогты құрылғының кірісінде және шығуында екі жиілікті сигналдың спектрі қандай?
3. Өздігінен генератордың қандай екі схемасы үш нүктелі деп аталады?
4. Авто тербелістер жиілігі қалай тұрақты?
5. Түзеткіш көпір тізбегінің артықшылықтары қандай?

ЖЖҚ- ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

8.1.

СЫЗЫҚТЫҚ АЖЖ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ ӘДІСІНТАЛДАУ

Жекелеген электронды құрылғыларды жалғастыратын желілерде екі толқын таралады: сигнал көзінен жүктеуге дейінгі толқын, қарсы бағытта көрінеді (8.1-сурет). Бұл кернеу уақытына және x координатына байланысты жазуға мүмкіндік береді:

$$u(t, x) = u_{\text{пад}}(t, x) + u_{\text{отр}}(t, x) \quad (8.1)$$

мұндағы $u_{\text{пад}}(t, x)$ - бұл толқындар; және $u_{\text{отр}}(t, x)$ - жүктемесінің толқыны.

Кеңейтілген түрде толқындарға арналған өрнек нысанға ие

$$u(t, x) = U_{\text{пад}0} e^{-\alpha x} \cos(2\pi f t - \beta x) \quad (8.2)$$

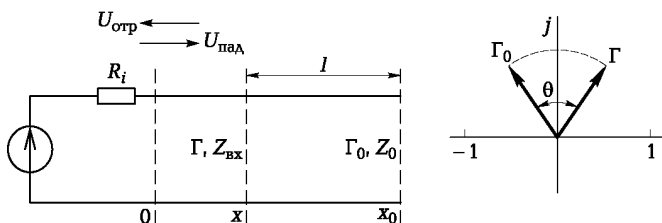
онда $U_{\text{пад}0}$ - желінің басында толқын кернеуінің амплитудасы; t - уақыт; x кеңістіктік координат; f - генератордың жиілігі; α - демпфирлік тұрақты; β - фазалық тұрақты, $\beta = 2\pi / \lambda$; λ - сызықта таралатын толқын ұзындығы.

Шағылысқан толқын ұқсас көрініспен ерекшеленеді, ол тек қарсы бағытта қозғалады - жүктемеден генераторға дейін.

Кернеудің күрделі амплитудасы, трансляция сызығының x -бөлігінде (8.1-суретті қараңыз), бұл оқиға мен толқындардың көрінген әсеріне байланысты, $U(x) = U_{\text{пад}0} \exp(-\gamma x) +$

$$U_{\text{отр}0} \exp[\gamma(x - l_0)], \quad (8.3)$$

мұнда γ - тарату константасы, $\gamma = \alpha + j\beta$; l_0 - желінің ұзындығы; $U_{\text{отр}0}$ - сызықтың басынан бастап l_0 қашықтықта қосылатын ЗК жүктемесінен



Сурет. 8.1. Тұтынушылар желісі мен көрсететін коэффициенті көрінетін толқынның кернеуінің күрделі амплитудасы.

Шағылысқан және толқындық толқындардың арасындағы қатынас кері әсер коэффициентімен анықталады

$$\Gamma_H = \frac{U_{omp}}{U_{nad}} = \frac{Z_H - \rho}{Z_H + \rho}, \quad (8.4)$$

мұндағы ρ - сызықтық импеданс.

Оның (8.4) көрсететін коэффициенті тұрғысынан көрсетілген жүктеме қарсылығы үшін аламыз

$$Z_H = \rho \frac{\Gamma_H + 1}{\Gamma_H - 1}, \quad (8.5)$$

X сызығының еркін бөлігінде 1 қашықтықта жоғалту коэффициенті $0 = 0$ болатын жүктемеден бастап, көрсету коэффициенті

$$\Gamma_x = \Gamma_H \exp(-j4\pi l/\lambda). \quad (8.6)$$

Жолдың кез-келген көлденең қимасы үшін біртектіліктер мен жоғалтулар болмаған кезде $|\Gamma_x| = |\Gamma_H|$, ал Γ_x векторы Γ_H $\theta = 4\pi l/\lambda$ бұрышымен салыстырылады.

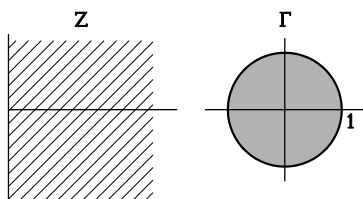
(X) секциядағы сызықтың кіріс кедергісі үшін (8.5) ұқсас,

$$Z_x = \frac{U(x)}{I(x)} = \rho \frac{1 + \Gamma_x}{1 - \Gamma_x}, \quad (8.7)$$

или для того же сопротивления при отсутствии потерь в линии

$$Z_x = \frac{U(x)}{I(x)} = \rho \frac{Z_H + j\rho \tan(2\pi l/\lambda)}{\rho + jZ_H \tan(2\pi l/\lambda)}, \quad (8.8)$$

(8.8) сәйкес, ZK кешенді қарсылық катушкасымен жүктелген желі кіріс кедергісі ретінде де, көрініс коэффициенті де сипатталуы мүмкін. Сонымен қатар, $\operatorname{Re}(Z) > 0$ кезде, нақты жиіліктер аймағында Z кедергісі күрделі айнымалы жазықтықтың жартысын алады және Γ (8.4) сәйкес көрсететін коэффициент бірлік радиусының шеңбері болып табылады (сур.8.2)



Сурет. 8.2. Күрделі қарсылық және рефлексия коэффициенті

Оқиғаның және толқындардың көріністері келесі формулалар бойынша есептеледі:

$$P_{\text{над}} = |U_{\text{над}}|^2 / (2\rho); \quad (8.9)$$

$$P_{\text{отр}} = |U_{\text{отр}}|^2 / (2\rho). \quad (8.10)$$

Бұл өкілеттіктердің айырмашылығы - (8.9) және (8.10) ескере отырып, өтетін күш

$$P_{\text{пр}} = \frac{1}{2\rho} (|U_{\text{над}}|^2 - |U_{\text{отр}}|^2) = P_{\text{над}} - P_{\text{отр}}. \quad (8.11)$$

Микротолқынды пештердің әртүрлі типтерін олармен байланысқан электр беру желілерінде таратылатын толқындардың құлдырауы мен көрінуі арқылы сипаттауға болады. Талдауды жеңілдету үшін, барлық жеткізу желілерінің толқындық импедансы ρ 0-ге тең және тең, деп түсінеміз, бұл қалыпқа келтіру операциясын жояды. Әдетте ρ_0 толқынды импеданс стандартты мәніне тең, яғни $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$.

8.2. МИКРОСЫЗЫҚТЫ БЕРУ ЖЕЛІСІ МЕН ГИБРИД-ИНТЕГРАЛДЫ АЖЖ ҚҰРЫЛҒЫСЫ

Белсенді типті қазіргі заманғы микротолқынды құрылғылардың

көпшілігі, яғни жартылай өткізгіш құрылғылардың көмегімен және пассивті түрдегі (сүзгілер, көпір құрылғылар, бағыттағыш қосқыштар, қосалқы байланыстырғыштар және т.б.) интеграцияланған технология бойынша дайындалады. Интегралды микротолқынды пештер үш негізгі түрге бөлінеді: жартылай өткізгіш, пленка және гибрид. Жартылай өткізгіш интегралды схемаларда (ЖС) белсенді және пассивті элементтер жартылайөткізгіш құрылымда немесе оның бетінде қалыптасады, ал жекелеген элементтер мен байланыс алаңдары арасындағы байланыстар жұқа өткізгіш қабыршақтар арқылы жүзеге асырылады. Мұндай ІС негізі оның бетінде өсірілген жұқа эпитаксиалды қабаты бар жартылай өткізгіш субстрат (әдетте кремний немесе галий арсенит) болып табылады. Элементтер жартылай өткізгіш субстратта планарлы диффузия процесі арқылы қалыптасады (5-тарауды қараңыз).

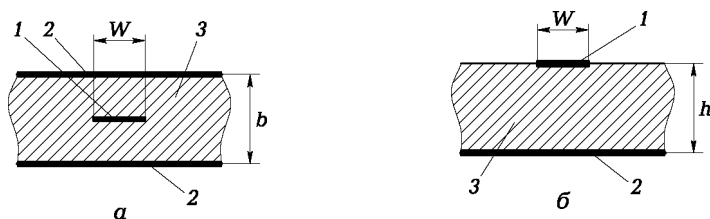
Пленкада белсенділік (өріс эффектісінің транзисторлары) және пассивті элементтері, сондай-ақ олардың арасындағы байланыстар диэлектрлік субстратта белгілі бір дәйектілікпен қолданылатын түрлі материалдардың жұқа қабыршықтары түрінде орындалады. Жоғары қуатты микротолқынды пештер әдетте гибриді-интеграцияланған технология бойынша жасалады. Мұндай АЖ-да кейбір элементтер мен олардың арасындағы байланыстар диэлектрлік субстратта сақталған фильмдер түрінде, ал екіншісі - корпусның негізгі бейнесі немесе ашық рамалық транзисторлар арнайы розеткаларға салынған және схема. Гибриді ІС негізі болып табылатын диэлектрлік субстрат материалы төмен шығындармен және жоғары диэлектрлік өткізгіштігі бар арнайы керамика болып табылады. Атап айтқанда, поликор (Al_2O_3 негізіндегі керамика) және сапфира қолданылады. Бұл жағдайда бірінші жақындаған микротолқынды схемалардың барлық геометриялық өлшемдері e_2 квадрат түбіріне дейін төмендейді

Микротолқынды интегралдық тізбектерде электр тізбектері микросприттік сызықтар (MPL): симметриялық (8.3, а) және асимметриялық (8.3, б) микрофонды берілісте, сондай-ақ олардың модификациялары негізінде орындалады.

Микротолқынды интегралдық тізбектерде электр тізбектері микросприттік сызықтар (MPL): симметриялық (8.3, а) және асимметриялық (8.3, б) микрофонды берілісте, сондай-ақ олардың модификациялары негізінде орындалады.

$$\varepsilon_{эф} = (\lambda / \lambda_d)^2, \quad (8.12)$$

мұнда λ - бос кеңістіктегі толқын ұзындығы; λ_d - диэлектриктегі сызықтағы толқын ұзындығы.



Сурет. 8.3. Микрософ жолағы

а симметриялық; б - асимметриялық; 1 - орталық дирижер; 2 - екінші дирижер; 3 - диэлектрлік субстрат.

<Симметриялы MPL (8.3, а суретін қараңыз), диэлектриктің барлық кеңістігін толық толтырумен: $\varepsilon_{\text{эф}} = \varepsilon_r$ асимметриялы: $\varepsilon_{\text{эф}} < \varepsilon_r$ Симметриялы MPL (8.3, а суретін қараңыз), диэлектриктің барлық кеңістігін толық толтырумен: $\varepsilon_{\text{эф}} = \varepsilon_r$ асимметриялы: $\varepsilon_{\text{эф}} < \varepsilon_r$ Өйткені, электр өрісінің күші тек диэлектрикте ғана емес, сонымен қатар оның сыртына өтеді. МПЛ геометриялық өлшемдеріне және диэлектрлік материалға тәуелділігі электродинамикалық есептеу арқылы анықталады, содан кейін аналитикалық функциялармен жуықталады. Симметриялық MPL үшін

$$\rho = \frac{94}{(0,44 + (W/b))\sqrt{\varepsilon_r}}, \quad (8.13)$$

МПЛ мұнда W - микрострип сызығының ені; b - симметриялық жол

$$\rho = \frac{300}{(1 + W/h)\sqrt{\varepsilon_r}}, \quad (8.14)$$

$$\varepsilon_{\text{эф}} = 0,5(\varepsilon_r + 1) + \frac{0,5(\varepsilon_r - 1)}{\sqrt{1 + 10/(W/h)}}, \quad (8.15)$$

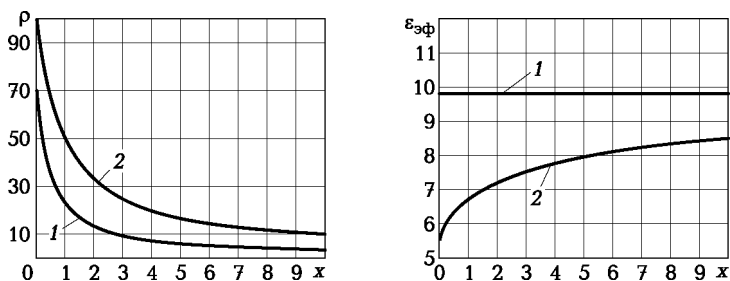
сызықтары арасындағы қашықтық.

Ассиметриялық MPL үшін

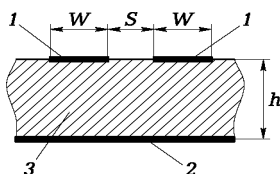
мұнда x - сызық сызықтары арасындағы қашықтық.

Бұл функцияларды симметриялы микрострип сызығына (1) және $\varepsilon = 9.8$ болатын поликорптың диэлектрлік субстрат үшін асимметриялық (2) диаграммалары көрсетілген. 8.4, мұндағы $x = W/b$ симметриялы сызық үшін және $x = W/h$ асимметриялық үшін.

Біріктірілген микротолқынды пештерде бірыңғай MPL-ге қоса, сонымен қатар, MPL-лар қолданылады. Мұндай MPL-дің бүйірлік қосылыстары пайда болуы сурет . 8.5

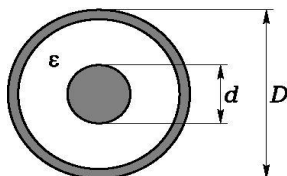


Сурет. 8.4. Функциялар: а толқындардың кедергісі; б - тиімді диэлектрлік тұрақты



Сурет. 8.5. Бүйірлік жолақтармен байланыстырылған микрострипптер желілері:

1 - орталық дирижер; 2 - жерге қосу; 3 - материалдардың өткізгіштігі бар диэлектрлік сублайер



Сурет. 8.6. Коаксиалды сызық

Аралық электронды құрылғыларды қосу үшін коаксиалды фидер желісі пайдаланылады (8.6-сурет), толқын кедергісі $1 D$

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} 138 \lg \frac{D}{d}, \quad (8.16)$$

где D, d - суреттегі диаметрлердің өлшемдері. 8.6.

8.3. ЖЖҚ СЫРТҚЫ ҚОЗДЫРУШЫ ГЕНЕРАТОР ТРАНЗИСТОРЫ

Қуатты микротолқынды генераторлар. Жоғары қуатты микротолқынды генераторларды жіктеу мынадай сипаттамаларға сәйкес жүзеге асырылады: оларда пайдаланылатын транзисторлардың түрі, жиілік диапазоны, қуаты және қолданудың қолайлы облысы.

Биполярлы (әдетте жалпы базамен) және далалық әсер транзисторларын пайдаланатын салыстырмалы қуатты микротолқынды күшейткіш модульдерді қарастырыңыз. Кестеде. 8.1 базалық параметрлердің санын - күшейту f -ның максималды жиілігін, P_1 шығыс қуатын, Раман күшейткішінің пайда болуын және жоғары жиілікті диапазондағы күшті биполярлы және далалық-транзисторлардың бірнеше түрлерінің тиімділігін көрсетеді.

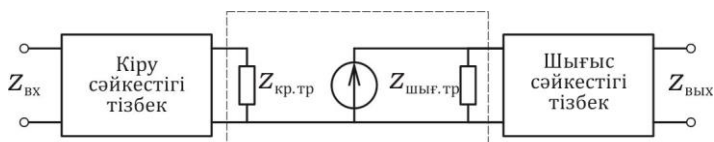
Микротолқынды транзисторлық генераторлардың әр түрлі схемалары - сигнал күшейткіштері - үш каскадты қосылған

8.1кесте

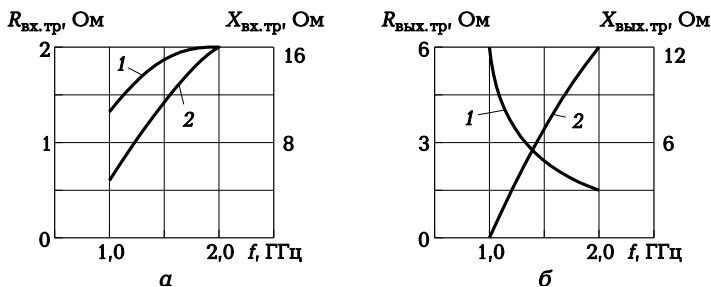
Транзистор түрі	ν , Жиілік, МГц	Энергияны тұтыну P_1 , Вт	Пайда факторы K_P , дБ	Тиімділігі, %
КТ-930А — биполярлы	400	40	5	50
КТ-916В — биполярлы	1 000	10	4	55
КТ-942 — биполярлы	2 000	10	4	35
МСС3005 — биполярлы	3 000	5	5	30
МСС4005 — биполярлы	4 000	5	5	30
МРФ 183 — далалы	1 000	45	10	50
МСС88020 — далалы	4 000	5	6	30
МСС88010 — далалы	6 000	3	6	30
МСС88110 — далалы	12 000	2	5	30

үш терминалды желі: электр тізбектері мен транзисторға сәйкес келетін кіріс және шығыс (8.7-сурет).

Транзисторлық генератордың оңтайлы дизайны - берілген жиілік диапазонында $f_2 - f_1$ алудың максималды тиімділігімен, пайда коэффициентімен, сондай-ақ құрылғы мақсаттарына қарай басқа параметрлер мен сипаттамалармен қамтамасыз ету. Транзистордың кіріс схемасы кіріс транзисторларына оңтайлы түрде сәйкес келеді



Сурет. 8.7. Микротолқынды транзисторлық күшейткіштің функционалдық схемасы

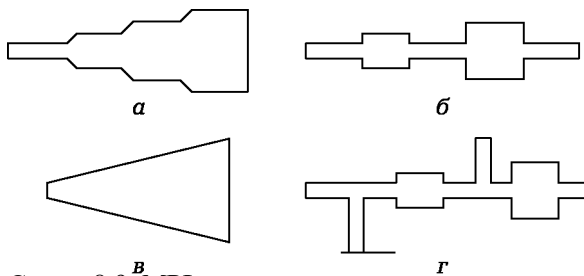


Сурет. 8.8. Жоғары қуатты микротолқынды транзисторлардың кедергілерінің (а) және шығуының (б) қисықтардың мысалы:

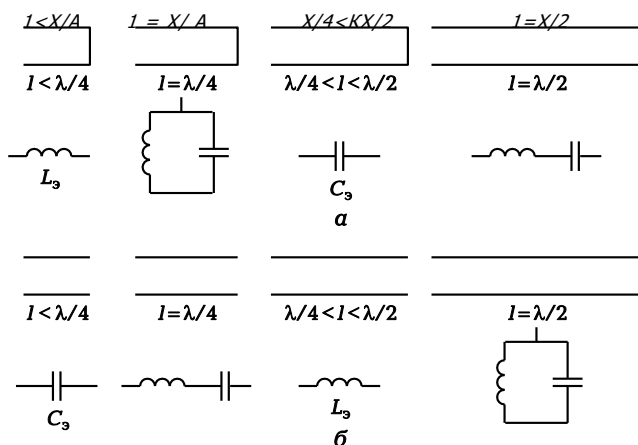
1 - белсенді қарсылық; 2 - реактивті қоздыру лақап, шығу тізбегі - транзистордың шығыс кедергісін оңтайлы сәйкестендіру үшін $Z^{\wedge}$.

Микротолқынды транзистордың осы кедергісі сигналдың күші мен жиілігіне және биполярлы транзисторға арналған схемаға байланысты - жалпы негіз немесе эмитент. Егер мұндай ақпарат каталогта болмаса, онда бұл параметрлер арнайы қондырғыда өлшенеді. Резистентердің белсенді және реактивті компоненттерінің сигнал жиілігіндегі $Z^{\wedge}$ және $Z^{\wedge\wedge}$ тәуелділігінің мысалы мысалда көрсетілген. 8.8..

Микротолқынды күшейткіштер микростриптік желілерге негізделген бөлінген үздіксіз схемалары бар тізбектерді пайдаланады. Сызықтық сегменттерден тұратын осындай тізбектердің көптеген нұсқалары мүмкін. Осы тізбектердің мысалдары күріш. 8.9.



Сурет. 8.9. MRL топологиясының мысалдары:
а - толқындардың кедергісінде біртұтас өзгерістермен қадамдық көшу; б - толқындық қарсылықта немонотоникалық өзгеріспен кезеңдік өту; с - тегіс өту; г - циклдармен қадамдық көшу



Сурет. 8.10. Фидер жолының баламалы параметрлері: а - соңында жабық; б - аяғында ашық

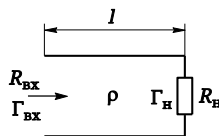
Бөлінген түрдің әртүрлі желілерін есептеудің негізі МРЛ-қысқа тұйықталудың сегіз нұсқасы болып табылады және оның соңында ашық, күріш. 8.10. Желінің ұзындығына байланысты ол индуктивтілік, сыйымдылық, серия немесе параллельді осцилляторлық тізбеге тең. Суреттегі барлық нұсқалар. 8.10 формуласын талдаудан кейінгі (8.8).

Кіріс және шығыс схемаларының мақсаты - транзистордың кіріс және шығыс кедергілерін қажетті шамаға қарсылыққа айналдыру. Мысалы, микротолқын трансформаторы (8.8) сәйкес, мысалы, $l = X / 4$ кезінде кіріс кедергісі, ширек толқынды бергіш желісін қолдануға болады (8.11-сурет)

$$R_{BX} = P^2 / R_H, \quad (8.17)$$

онда R_H - белсенді жүктеме кедергісі, Ом.

Рис. 8.11.
Ширек толқынды беруші сызығы

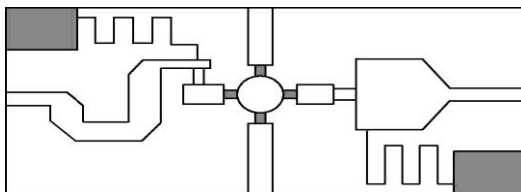


Сәйкес тізбектердің басқа түрлерін есептеу [3].

Қуатты микротолқынды күшейткіштің дизайны. Бұл күшейткіштер гибриді интеграцияланған технологиядан жасалады. Осындай күшейткіштерде транзисторлар, әсіресе күшейтілген күш, тәуелсіз элемент болып табылады және кіріс және шығыс бірлесіп дамытатын электр тізбектері мен электр тізбектері диэлектрлік субстратқа қолданылатын жұқа және қалың қабыршақтар негізінде жүзеге асырылады. Соңғы ретінде, мысалы, поликор - бұл Al_2O_3 негізіндегі материал, 9.8 рұқсат етілген. Электрөткізгіштер мен MPL әртүрлі материалдардан фотолитографияны қолдану арқылы бірнеше технологиялық әдістердің көмегімен диэлектрлік қосалқы қабатқа қолданылады: алдымен (диэлектрикпен жақсырақ адгезия үшін), содан кейін мыс гальваникалық кеңейту және күмістің немесе алтынның үстіне. Бірнеше қабаттан тұратын желінің жалпы қалыңдығы әдетте бірнеше микрометрден аспайды. Нәтижесінде диэлектрлік субстрат бетінде өткізгіш материалдың қажетті жұқа пленка үлгілері алынады. Схеманың кейбір элементтері (резисторлар мен конденсаторлар) жұқа пленка технологиясымен сәйкес материалдардан немесе дәнекерленген (дәнекерленген) жекелеген элементтерден өткізгіштерге дейін шығарылады.

Микротолқынды күшейткіштің конструкциясы коаксиалды немесе сызықты шығыс модулі болып табылады. Модуль бір немесе бірнеше сериялы байланысты каскадты, сондай-ақ бірнеше бір типті транзисторларға қосылған кезде сигнал жиынтығын қамтуы мүмкін. Микротолқынды қуат модулі 100 Вт немесе одан да көп жетуі мүмкін, пайда 30 дБ (яғни қуаттылығы 1000 есе), өткізу қабілеті 10 ... 20%.

Бір сатылы микротолқынды транзистор күшейткіш топологиясы мысалында көрсетілген. 8.12

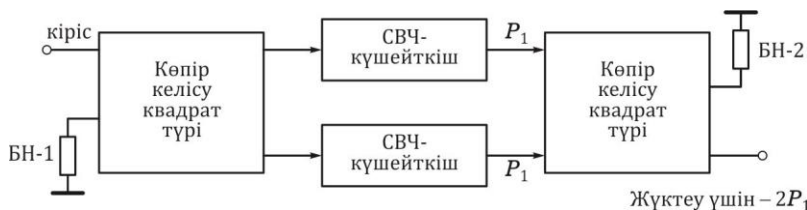


Сурет. 8.12. Микротолқынды транзистор күшейткіш топологиясының мысалы

Төмен шуыл микротолқынды транзисторлық күшейткіштер. Мұндай күшейткіштердің айрықша параметрі - олардың ішкі шу деңгейлері. Соңғысының физикалық сипаты сыртқы сигнал көзінің әсерінен электр зарядтарының реттелген қозғалысына қосымша, кез келген өткізгіштегі, резистор, микрочип, транзисторлық, диод және басқа элементтерде шуыл сигналын тудыратын элементар бөлшектердің хаотикалық қозғалысы бар. Осылайша тізбектің кез-келген бөлігін кездейсоқ уақыт функциясымен сипатталатын шудың сигналының қарапайым көзі ретінде қарастыруға болады. Күшті күшейткіштерде осы шудың шамасы практикалық құндылыққа ие емес, өйткені ол пайдалы сигналдан миллиондаған есе аз. Дегенмен, микротолқынды қабылдағыштардың кіруіне қосылған күшейткіштерде транзистор күшейткіштің ішкі шуының шамасы 10-6 мкВ-тан төмен болуы мүмкін өте аз қабылданған сигналмен теңестіріледі. Ішкі шу деңгейі пайдалы сигналмен салыстырғанда, радио қабылдағыштардың кірісінде пайдаланылатын микротолқынды транзистор күшейткіштің сапасын анықтайды. Мұндай микротолқынды транзисторлық күшейткіштер, әдетте, арсенидті галлий сияқты төменгі шуды транзисторлар арқылы монолитті схема түрінде дайындалады.

8.4. ЖЖҚ –ТРАНЗИСТОРЛЫ БАЛАНС ГЕНЕРАТОРЫ

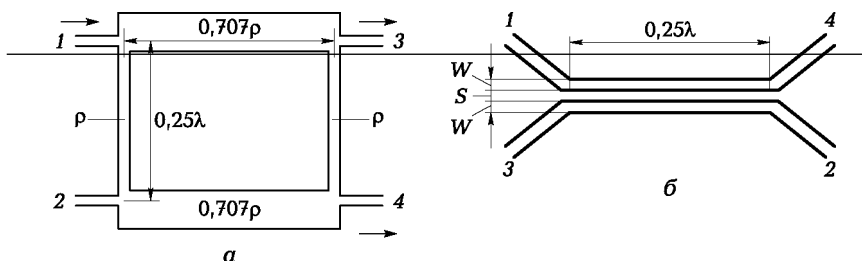
Осы түрдегі генератор, оның құрылымдық диаграммасы күріш. 8.13, екі бірдей микротолқынды күшейткіштерден және оларға қосылған балласты жүктемесі бар квадратураның екі көпір құрылғыларынан тұрады. Схемада екі бірдей транзисторлардың күші жинақталады. 1 — 2 и 3—4. байланысты шлейф және асимметриялық микрополосковыми сызықпен - - суретте ұсынылған, екі түрін бірінші микротолқынды құрылғы көпір құрылғыны қарастырайық. 8.14. Көпір құрылғының төрт кірісінің әрқайсысы екіншісіне қосылып, үштен біріне қосылды. енгізу құрылғының біріне сигнал қорытындылайық кезде сигналдарды арасындағы нақты кезеңі қарым-қатынас қанағаттандыру үшін екі v_{ho-dov} бір мезгілде қозғау отырып, қуат бөлгіш болып табылады - олардың мүмкіндіктерін сумматор. Осылайша, суретте көрсетілген көпір құрылғыларында. өзара Болмауына 8.14, яғни екі кірістер өзара біріккен емес: 1 - 2 және 3-4 ...



Сурет. 8.13. Тендестірілген микротолқынды күшейткіштің құрылымдық диаграммасы

Мәселен, мысалы, шілтері бар құрылғы (8.14-сурет, а) тар жолақты, байланысқан сызықтары бар (8.14, б) - кең жолақты байланыс.

Қалыпты жұмыс кезінде екі сигналдар алаудың балластық жүктемесінен тыс болып табылады, сондықтан онда таратылған қуат 0-ге тең. Бірақ егер күшейткіштердің бірі BN-2 балласты жүктемесінде орындалмаса (8.13-суретті қараңыз), қуат басталады, $0.5P_1$ тең. Осындай мән пайдалы жүктемедегі сигнал қуатын азайтады, ол да $0.5P_1$ болады. Осылайша, күшейткіштердің бірі сәтсіз болған жағдайда қалыпты жұмыс режимімен салыстырғанда пайдалы жүктемедегі



Сурет. 8.14. Көпір құрылысының топологиясы: а - ілмектермен; б - MPL арналған

қуаттың 4 есеге төмендеуі байқалады.

БАЗА САНДЫҚ ЭЛЕМЕНТТІК БАЗАСЫ

9.1.

ЭЛЕМЕНТТІК БАЗАСЫНЫҢ САНДЫҚ ЖІКТЕЛУІ

Жалпыға ортақ, біз электрондық элементтер туралы сөз қозғасак, олардың көмегімен 2, 3, 4, 8 және т.б. тең негіздегі сандық сигналдарды түрлендіреміз. (2-тарауды қараңыз). Содан кейін біз «0» және «1» сандарынан тұратын цифрлық екілік сигналға ғана қатысты өзгерістерді қарастырамыз.

Сандық АЖ-да биполярлы және далалық әсерлі транзисторлар қолданылады. Элементтерді қанықтыру арқылы сандық элементтер интегралдық схемалар үшін қабылданған жалпы жіктеу бойынша бөлінеді (5-тарауды қараңыз).

Берілген базалық цифрлық элементтердің құрылғыны және жұмыс принципі қарастырыңыз.

9.2.

ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР

2) «-» және «

3) разряд - *HEMECE*, *V* белгілеген;

4) біріктіруді жоққа шығару - *AND* - *NOT*;

5) ажыратуды жою - *HEMECE* - *EMEC*. Логикалық операцияларды көрнекі түрде сипаттаудың бірі - шындық кестелер деп аталады (кесте 9.1 ... 9.5), онда қарапайым мәлімдемелер *X1* және *X2* айнымалыларымен белгіленеді, және олардан туындайтын күрделі жасушалар *Y* белгілейді.

9.1 кесте

Бас тарту немесе инверсия (NOT)	
X	$Y = X$
0	1
1	0

9.2 кесте

Байланыстыру (И), $Y = X_1 \& X_2$		
X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

9.3 кесте

Бөлу (немесе), $Y = X_1 \vee X_2 \wedge$		
X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Кесте 9.4.

Байланыстың келеңсіздігі (және — жоқ), $Y = X \& X_2 \wedge$		
*1	*2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

9.5 кесте

Бөлінуден бас тарту (HEMECE - EMEC), $Y = XjVX_2 \wedge$		
*1	*2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Жоғарыдағы логикалық терминдерді түсіндірейік. Қабылданбаудың нәтижесінде, түпнұсқаға қарама-қайшы келетін жаңа мәлімдеме алынды. Байланыстағы күрделі өрнектің ақиқаты оған енгізілген қарапайым сөйлемдердің шындықымен ғана мүмкін болады. Барлық басқа жағдайларда күрделі өрнек жалған болады. Кешігу кезінде күрделі өрнек шындықтары оған енгізілген қарапайым мәлімдемелердің біреуінің шындыққа байланысты. Күрделі өрнек, егер оған енгізілген қарапайым сөйлемдер жалған болса, жалған болады.

Логикалық элемент жасау үшін, сіз екі күйі бар негізгі элемент: «жабық», ол «1» болып табылады және ашық «0» сәйкес келеді. Сандық құрылғыларды құрудың бірінші кезеңінде осындай қосқыштар ретінде қолданылды, олардың контактілері «1», «0» ашылды. Екінші кезеңде біз электр-көлемді құрылғыларға, ал қазір жартылай өткізгіш құрылғыларға ауысты.

N - p - n типті транзисторды электронды кілт ретінде қарастырыңыз (9.1 сурет)

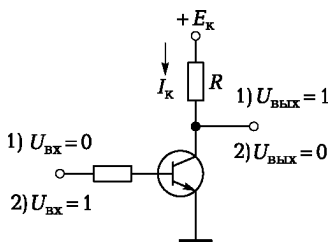
1. Транзисторлық базаға сигнал жіберілмейді. Транзистор оның статикалық сипаттамаларына сәйкес (4.14 суретті қараңыз) кесу аймағында орналасқан, яғни жабық жағдайда орналасқан. Бұл жағдайда коллектордың тогы, $k = 0$, сондықтан транзистордың шығуындағы кернеу кернеуіне тең, яғни $u_k = E_k$. Транзистордың кез келген электродтарында кернеудің болмауы «0», «1» болуы керек. Сондықтан логикалық терминдерді қолданып схеманың осындай күйін жазуға ауысамыз

$$X = 0 \text{ и } Y = 1.$$

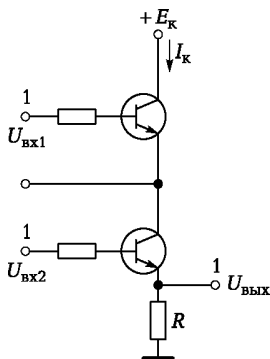
2. Тұрақты кернеу транзистордың негізіне транзисторды кесу режимінен қанығу режиміне ауыстырады (4.14 суретті қараңыз). Коллекторлық тораптың кедергісі күрт төмендейді және қанықтыру гнастарының кедергісіне тең болады. 0-ге жуық болғандықтан, коллекторлық тізбектегі кедергілер, кернеудегі барлық кернеудің төмендеуі және транзистордың шығуындағы кернеудің мәні $u = 0$ (9.1-суретті қараңыз). Сондықтан логикалық терминдер көмегімен осындай жағдайды жазуға ауысамыз, бізде бар

$$X = 1 \text{ и } Y = 0 = X.$$

Осылайша, суретте көрсетілген НЕ түрінің электрондық кілттік схемасы. 9.1, шындық кестесіне сәйкес терістеу амалын орындайтын логикалық элемент болып табылады 9.1.



Сурет. 9.1. Логикалық элементтің транзисторлық схемасы - НЕ-ның инверсиясы



Сурет. 9.2. Логикалық элементтің транзисторлық тізбесі - бұл ЖӘНЕ

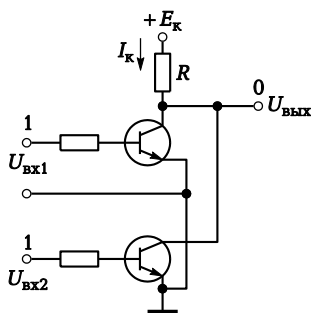
Екі басқа логикалық операцияларды орындау үшін: екі кіріс сигналдарына жауапты қажет ететін І және OR үзілісіне байланысты, күрделі логикалық элемент сұлбасы қажет.

І типті логикалық элемент үшін, n-p-n типті транзисторлар пайдаланатын осындай тізбек күріш. 9.2. Тек қана логикалық «1» логотипін ұсынғаннан кейін «1» тізбегінен шығуға болады. Әйтпесе, яғни. егер «1» сериялы жалғанған екі транзистордың біреуіне ғана қолданылса, демалыс тізбегі тоқтап қалады, сондықтан шығу сигналы «0» логикалық сәйкес келеді.

НЕМЕСЕ түрінің логикалық элементі болған жағдайда, n-p типті түрінің транзисторларындағы тізбек күріш көрсетілген. 9.3. Транзисторлар параллель қосылғандықтан, олардың кез келгеніне логикалық «1» берілсе, сіз сонымен қатар схеманың шығуына ұқсас «1» алуға болады. Тек транзисторлардың кірісінде логикада «0» шығу кезінде шығу сигналы «0» логикасына сәйкес келеді.

AND диаграммасы күріште көрсетілген емес. 9.4. Оның айырмашылығы мен схемасынан (9.2-суретті қараңыз), шығыс жүктемесі инверсияға мүмкіндік беретін коллекторлық тізбеге қосылады, яғни, күрішпен салыстырғанда, қарсы нәтижені қамтамасыз етеді. 9.2 (9.2 және 9.4-кестелерді салыстыру).

OR схемасы Күріш. 9.5. OR тізбегінің айырмашылығы (9.3-суретті қараңыз) шығыс жүктемесі инверсияға мүмкіндік беретін коллекторлық тізбеге қосылады; қарсы нәтиже алу (9.3 және 9.5-кестелерді салыстыру).



Сурет. 9.5. Логикалық элементтің транзисторлық схемасы - ажыратуды теріске шығару

ЕСКЕРТПЕ, ЖӘНЕ, ЖӘНЕ - НЕМЕСЕ - негізгі логикалық элементтердің бес схемасы өрісте орындалмайды

Транзисторлар. Қарастырылғандардан басқа, басқа логика да белгілі

Әртүрлі функционалдық мақсаттардағы дайын логикалық элементтерді біріктіру арқылы сандық электронды құрылғыларды құру жолымен қатар, әзірлеушіге бөлек логикалық элементтер арасындағы байланыстарды бағдарламалауға және сандық технологияның жаңа архитектурасын жасауға мүмкіндік беретін бағдарламаланатын логикалық интегралды схемалар (FPGA) электрондық құрылғы өз қалауы бойынша.

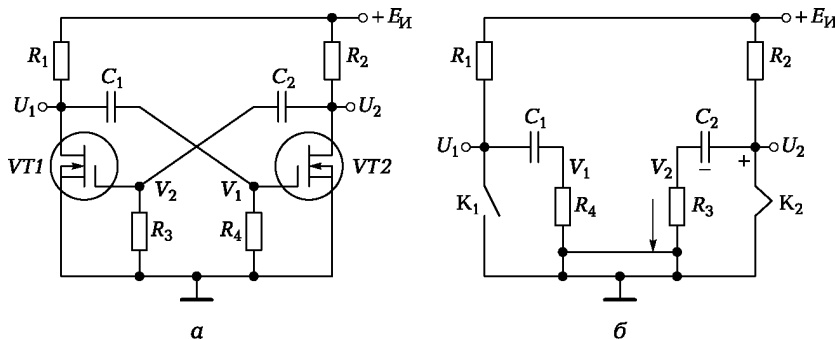
9.3.

МУЛЬТИВИБРАТОР МЕН ТРИГГЕР

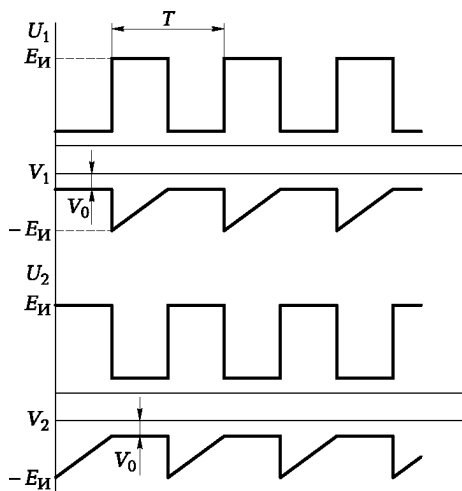
Екі қарапайым және шамасы ұқсас кестені қарастырсақ, бірақ функционалдық мақсаты құрылғыларды әртүрлі мультивибратор мен триггер сандық технологияның негізгі элементтерімен байланысты.

Мерцания - электрондық құрылғы автоматты түрде, кез келген сыртқы әсер жоқ, мезгіл-мезгіл бір тұрақты мемлекет тарапынан өтетін. Trigger – электрондық құрылғы, екілік жазылған бір таңбалы санды («1» немесе «0») сақтауға жад элемент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді сыртқы $tol\text{-}ko$ сигналдың әсерінен бір тұрақты мемлекет тарапынан өтетін коды.

Мультивибратор - релаксациялық тербелістердің генераторы, оның схемасы кері байланысқа кері байланыс арқылы қосылған екі транзисторды қамтиды. Релаксация кезіндегі тербелістер деп аталады, олардың шығуындағы сигналдың өткір, дерлік өзгеруі. Релаксация тербелістерін генерациялау екі соққы электронды өзін-осцилляторда (7.20-суретті қараңыз),



Сурет. 9.6. Мультивибратор: а - схемасы; б - модель



Сурет. 9.7. Мультивибратордағы кернеу диаграммалары

сәйкес релаксация тербелістерінің симметриялық схемасында қалыптастырылған көп вибратордың кезеңінде біз

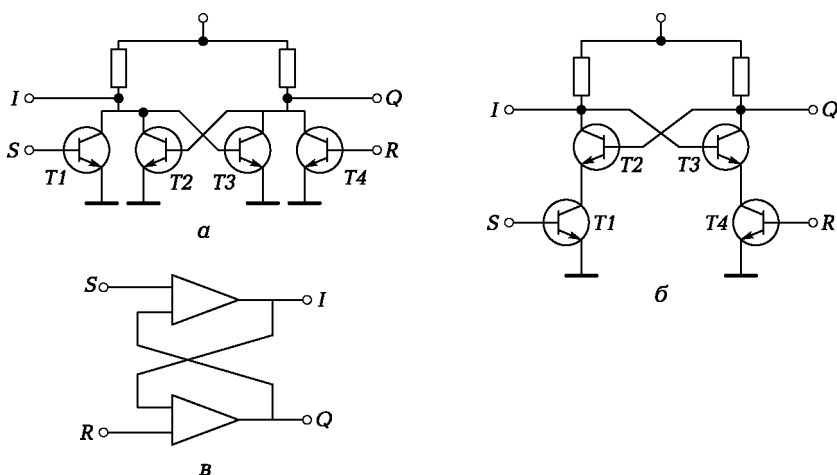
$$T = 2T_p \ln (E_{И}/V_0). \quad (9.2)$$

Мысалы, $E_{И}/V_0 = 10$ бізде $T = 4.6T_p$ болады.

Осылайша, транзисторлардың жұмысының негізгі реакциясы нәтижесінде тербеліс пайда болады, ол миант деп аталады және релаксациялық класспен байланысты. Ауытқу кезеңінің азаюымен транзистордың инерциялық қасиеттерін ескеру қажет, бұл импульстің майдандарында тосқауылға және трапецеидальға жақын тікбұрышты емес импульстардың пайда болуына әкеледі.

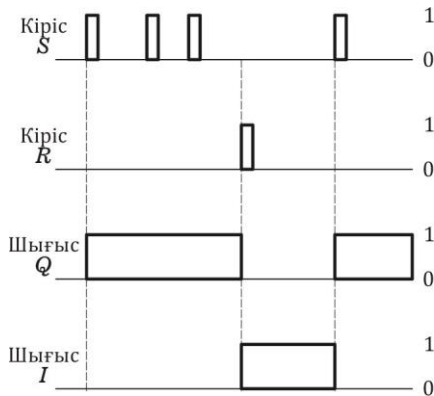
Оны «жадында» екілік кодта жазылған «1» немесе «0» санын бір санға сақтауға арналған триггердің жұмысын қарастырыңыз. Триггерлер функционалдық мүмкіндіктері, бақылау әдісі, құрылыс схемасы, жұмыс режимі - асинхронды және синхронды ерекшеленеді. Сериялы түрдегі құрылғы ретінде триггер input (ақпарат және қосалқы) және шығу. Кіріс ақпаратының кірістері S және R (S-set, setting, R-reset, reset), Q-direct, I-inverse әріптерімен шығатын әріптермен белгіленеді. OR-NE элементтерінде асинхронды RS-флип-флоптары деп аталатын қарапайым схемалардың жұмысын талдайық (Сурет 9.8, а) және элементтер - ЖӨНЕ (сурет 9.8, б). Екі схемада логикалық «1» және логикалық «0» бөлек орнатылады. Импульс түріндегі кіріс сигналы S немесе R кірулеріне беріледі. Сигналды болмауы қисынды «0», логикалық «1» болуымен белгіленеді. Схемаларда T2 және T3

транзисторлары мультивибраторлы тізбектегі рөлді орындайды - олардың көмегімен көмірсутегі кері байланыс тізбектері арқасында тікбұрышты тербелістер пайда болады. T1 және T4 басқа екі транзисторлар тізбектерді бір жағдайдан екіншісіне ауыстыру үшін қолданылады. Суреттегі схемадан бастасақ, 9.8, а. Басталу орны: кіруде $S = 0$, $R = 0$; шығу кезінде $Q = 0$, $I = 1$. Содан кейін, t_0 сәтте кіріс сигналына қысқа импульс қолданылады. Осылайша откro-etsya транзисторлық T1, транзисторлар T1 және T2 коллекторлар кернеу, 0 дерлік құлап болады, өз кезегінде, байланысты транзисторлық T2 Кері байланыс тізбегінің жабылуына әкеледі, ол, сондықтан оның шығу кернеу кернеу көзіне кернеу E0 тең болады. тізбектің Қондырғыға жауапты мемлекет, яғни. жинаушы транзи-стора T2 «отырған, өйткені E. шығу $Q = 1$, тізбектің S кіріс мемлекет енгізіледі қанша серпін $I = 0$. Келесі, өзгерген жоқ жер «және транзистор T1 оған әсер етпейді. Схеманы қосу үшін, яғни «қалпына келтіру» операциясын орындау үшін, R енгізуіне импульсті қолдану керек, осылайша, транзисторлық



T4

Сурет. 9.8. Асинхронды RS-триггер элементтері OR - NOT (а); элементтері бойынша AND - NOT (б); функционалдық схема (в)



Сурет. 9.9. Асинхронды режимде RS- триггер операциясының уақыт диаграммалары

жүзеге асырылады және шығыс сигналдары келесі түрде болады: $Q = 0, I = 1$.

Содан кейін, S енгізуіне жаңа импульс енгізу арқылы сіз $Q = 1$ тікелей шығуына қайта орната аласыз. Осылайша $S = 1$ үшін «орнату» операциясы $Q = 1$ сигналына сәйкес келетін тікелей шығу кезінде орындалады; $R = 1$ кезінде «reset» операциясы $Q = 0$ -ке сәйкес келеді. Демек, тек S және R кірістеріне импульстерді баламалы жеткізу тек схеманы ауыстырып қосуға әкеледі, бұл күріш көрсетілген уақытша диаграммаларды көрсетеді. 9.9. Сол сияқты, функциялары және басқа тізбек екі логикалық ЖӘНЕ қақпасы тұрады, RS-флип-флоп асинхронного - (.. Сурет 9.8, б) NO. Суретте көрсетілгендей triggera екі түрлерін функционалдық схемасы. 9.8, с.

екі ауысу тізбектердің саналады нұсқалары кестеде көрсетілген. кезекпен ол skhe-my алгоритмі бір ғана кіріс сигналына әрекет дұрыс жұмыс қайшы, өйткені екеуі де сигналдар $S = 1$ және $R = 1$ мезгілде келуі дұрыс емес енгізу S және R қолдану көрсетілген 9.6.

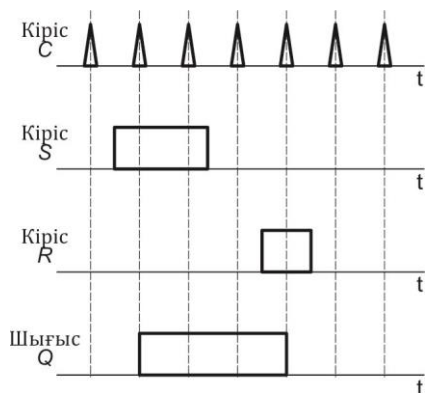
тізбектің Мұндай мемлекет отразheno кесте ретінде тыйым деп аталады. 9.6. Қарастырылған екі схемадан басқа, әртүрлі функционалдық мүмкіндіктері бар биполярлық және далалық әсерлі транзисторларға бір сатылы және екі сатылы триггерлер салудың басқа нұсқалары мүмкін [15, 16].

9.6 кесте

Позиция	кіру		Схема немесе — ЖОҚ		Схема ЖӘНЕ— ЖОҚ	
	S	R	Шығу Q	Шығу I	Шығу Q	Шығу I
1	0	0	0	1	1	0
2	1	0	1	0	0	1
3	0	1	0	1	1	0
4	1	0	1	0	0	1
Тыйым	1	1	—	—	—	—

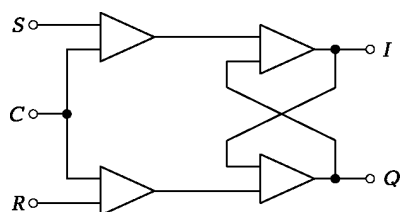
Талдау мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді: екілік кодта жазылған «1» немесе «0» санының бір биті «жадында» сақтауға болатын секіріс (екі тұрақты күйі бар және екі шығу). Мультивибратормен тығыз схемаға ұқсас болғандықтан, триггер кейде екі тұрақты мультивибратор деп аталады.

Қарастырылған екі схема (9.8-суретті қараңыз) асинхронды болып табылады, кіріс сигналдарының келу сәтінде ауысады, бұл күрішдегі уақыт диаграммаларын көрсетеді. 9.9. Алайда, кейбір жағдайларда, олардың өту жолдарындағы ақпараттық сигналдардың әртүрлі уақыттық кешігуіне байланысты олар бір мезгілде іске қосу схемаларына келмейді, бұл бүкіл электронды құрылғының жұмысында ақаулыққа әкеледі. Мұндай жағдайларда триггердің жұмысын синхрондау қажет, яғни тізбекті еркін уақыт кезеңдерінде емес, белгілі бір уақыт торына сәйкес қатаң бекітілген етіп ауыстыруды білдіреді. Ол үшін синхрондау импульсімен (басқа ат сағат болып табылады) триггерлерге жаңа сапаны беретін триггер тізбегіне басқа кіріс (C) қосылады. Синхрондау импульсінің триггерлерінің жұмысына әсер етуі күріш көрсетілгендей уақыт диаграммаларын көрсетеді. 9.10. Согласно им переключение схемы происходит только, условно говоря, «в согласии» с тактовыми импульсами. Олардың айтуынша, коммутация схемасы шартты түрде «сағаттық импульспен» сәйкес келеді. Уақыттың белгілі бір қысқа уақыт аралығындағы және оның жұмысын реттеуге мүмкіндік беретін триггер күйін өзгертуге мүмкіндік беретін мұндай жұмыс режимі синхронды деп аталады. Синхронды түрдегі триггердің функционалды бейнесі күріш. 9.11.

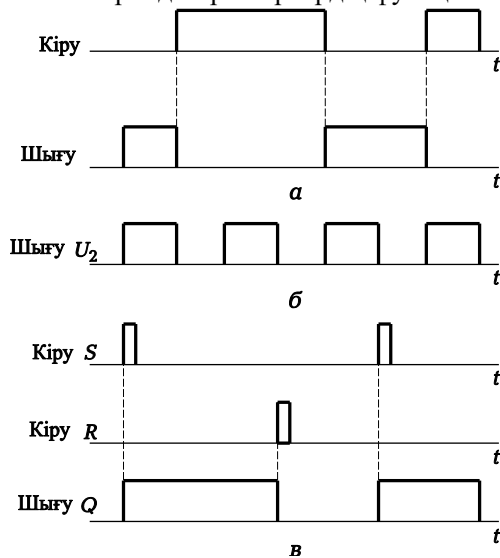


Сурет. 9.10. Синхронды режимде RS-trigger операциясының уақыт диаграммалары

Қорытындылай келе, үш басты құрылғы – электрондық транзисторлық коммутатор, мультивибратор және триггерді салыстырайық. Еске салайық, логикалық схема ретінде транзисторлық электронды кілт төмендегідей жұмыс істемейді. Кіріс сигнал болмаған кезде, яғни $U_{вх} = 0$, транзисторлар жабылады, ток арқылы өтпейді, сондықтан кернеу $U_{вых} = E_0$ шығу кернеуі болып табылады, яғни кернеу шартты «1» (9.1 суретті қараңыз). Кернеу енгізу кезінде қолданылған кезде, $U_{вх} > 0$, яғни. шартты «1», транзистор ашылады, ток арқылы ағып кетеді, қарсыласу арқылы кернеудің төмендеуі коллектордағы кернеу 0-ге жақын болады, демек $u_v = 0$, яғни, шартты «0». Осылайша, «0» кірісінде - «1» шығу кезінде; «1» кірісінде - «0» шығу кезінде, күріш көрсетілген уақыт диаграммасын көрсетеді. 9.12, а. Осылайша, электронды кілт НЕ-дың логикалық элементі болып табылады, оның шығуындағы сигнал кіріс сигналын үнемі қадағалап отырады, оны фазада 180° -ге аударады.



Сурет. 9.11. Синхронды триггерлердің функционалдық диаграммасы



Сурет. 9.12. Үш тізбектің жұмысының уақыт диаграммасы - кілт; б - мультивибратор; с- триггер

Тік бұрышты импульстардың генераторы болып табылатын мультивибратордың жұмысы жоғарыда қаралады, бұл бізге мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді: негізгі элементтің шығуындағы сигнал белгілі бір жиілікте «1» -дан «0» -ге дейін өзгереді (9.7 және 9.12-суреттерді қараңыз, б).

Әйтпесе, триггер жұмыс істейді: оның бірінші кірісіне қысқа импульсты (шартты «1») жібере отырып, демалыс сигналы «1» -ге тең болады және кіруде ешқандай сигнал болмаса да, шығу сигналы «1» болып қалады. Шартты түрде айтылған схема оны ауыстырған мемлекетке «есінде». Триггердің екінші кірісіне жаңа импульсты қолдану арқылы ғана тізбекті бастапқы күйге қайтаруға болады, яғни, «0» шығыс сигналына. Бірінші кіріске жаңа импульсты қолдану арқылы шығуда «1» сигналы пайда болады, ол екінші кіріске жаңа импульс пайда болғанша және т.б. өзгермей қалады. Описанный процесс отражает схема, приведенная на рис. 9.12, в. Сипатталған процесс, күріш. 9.12, б. Осылайша, триггер кіріс импульсінің командалары арқылы тек бір жағдайдан екіншісіне өтетін негізгі құрылғы болып табылады. Кіріс сигналының импульсінің арасында тізбектің күйі өзгеріссіз қалады, ол ол «тасымалданған күйді» «есте сақтайды». Бұл триггерді жіктеуге мүмкіндік береді құрылғылар. Электрондық кілттің және мультивибратордың триггері арасындағы айырмашылық дәл осы.

Қорытындылай келе, қарастырылған RS-триггеріне қосымша, бірнеше түрлі цифрлық электрондық құрылғыларда кеңінен қолданылатын әмбебап JK-триггері бар

9.4.

АНАЛОГТЫ-САНДЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ-АНАЛОГТЫ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР

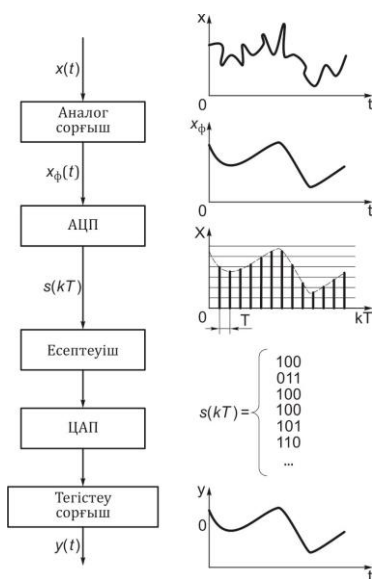
Аналогты-цифрлық түрлендіргіш (ADC) үздіксіз аналогты сигналды сандық түрге түрлендіретін құрылғы болып табылады. Бұл операция да сигналды сандық түрлендіру деп аталады. Сандық сигналды аналогтық сигналға кері айналдыру сандық-аналогтық түрлендіргіш (DAC) арқылы жүзеге асырылады. Бұл түрлендіру процедураларын қарастырыңыз.

Кіріс аналогтық (үздіксіз) сигналды сандық және кері тәртіпке ауыстыру сұлбасы - сандық сигналдан аналогтық сигналға дейін. 9.13. Алдымен аналогтық сигналдың жиіліктік спектрін төмен өту сүзгісінен өткізу арқылы қысыңыз. Сығымдау аналогтық сигналда

қамтылған ақпарат жоғалмай және бұрмаланған етіп жүзеге асырылуы керек. Сүзгіден кейін $x(t)$ аналогтық сигналының жиілік спектрі $0 - F_s$ жолағын алады. Содан кейін ADC көмегімен $x(t)$ сигналы сандық түрдегі (кТ) екі қадамда цифрланады. Бірінші саты $T = 1 / 2F_B$ тең уақыт аралығы арқылы $x(t)$ функциясының үлгілерін (үлгісін) білдіретін сигналды цифрлаудан тұрады. Нәтижесінде $x(t)$ функциясы әртүрлі амплитудадан импульстардан тұратын $X(kT)$ тарақ функциясына айналады. Екінші саты $X(kT)$ функциясының әрбір импульсінің екілік жүйесін кодтау арқылы сигналды кванттаудан тұрады.

Нәтижесінде, $x(t)$ аналогтық сигналының орнына, әрқайсысы екілік сан $2n$ болып табылатын, K таңбасының бірізділігі болып табылатын $s(kT)$ санын алады, мұндағы n - бір кодталған таңбаның саны немесе биттері (суретті қараңыз). 2-тарау).

Сигналдың кері түрлендіруін - сандық формасынан DAC көмегімен аналогты және аналогтық фильтр арқылы тербелісті түзетуді қарастырайық, сол кезде $y(t)$ $x(t)$ формасында жабық сигнал. Сандық сигнал (K таңбаларының массасы) тиісті операциялармен өңделуі мүмкін.

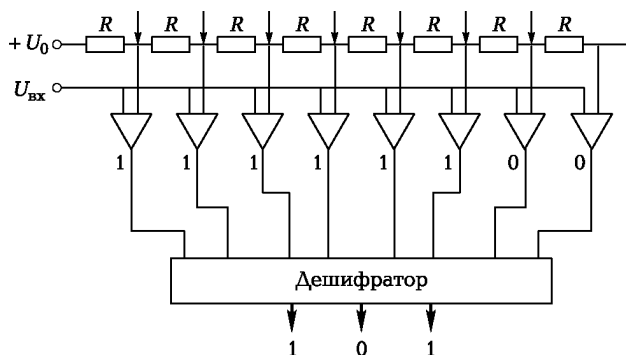


9.13 сурет

екілік сигналы бар радиоқабылдағыштар - бірізділік. Бұл операцияларға мыналар жатады: сандық сигналды сүзу; басқа сигналдармен салыстыру, көбейту және бөлу; интеграция және саралау; жылдам Фурье түрлендіруі; модуляция және демодуляция және басқа да бірқатар іс-әрекеттер.

ADC параллельді және сериялық типті екі ең танымал түрін қарастырайық.

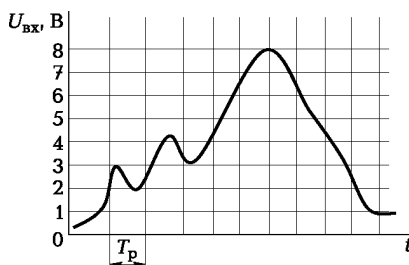
ADC параллель түрі (сурет 9.14). ADC кірісінде аналогтық кіріс сигналының іріктеу процедурасын орындайтын импульстік құрылғы іске қосылады. Осы процедураның мәні электронды кілтті қысқа тұйықталу тұйықталуында және осы сәтте кіріс аналогтық сигналының амплитудасы Y -ны өлшеуге арналған. Кілт уақыттың бөлек уақыттарында жабылады.



Сурет. 9.14. Параллель түрдегі Үш таңбалы ADC

импульстік генератормен анықталатын T аралығындағы интервалмен жалғасады. Қайталану кезеңі $T \ll 1 / 2F$ шартынан таңдап алынды, мұнда F - кіріс аналогтық сигнал спектрінде жоғарғы жиілік. Импульстік сигналдың пішіні, жабу және ажырату электронды кілті және осы коммутация нәтижесінде пайда болған импульстік құрылғының шығуынан алынған дискреттік сигнал суретте көрсетілген. 9.13.

Содан кейін ADC-тің нақты мысалдағы жұмысын қарастырыңыз. Аналогтық сигналды цифрлауды қажет ететін амплитудасы 0-ден 8 В-ге дейін өзгеруі керек (сурет 9.15). Сигналды түрлендіру үшін, біз әрбір үш коды бар комбинацияда үш бит бар, және $N = 2^3 = 8$ код комбинациясының жалпы саны бар (2.2 бөлімшені қараңыз) Таңдалған кодқа сәйкес, аналогтық сигналдың сегіз сандары Кестеде келтірілген мәліметтер. 9.7.



Сурет. 9.15. Аналогтық сигнал, цифрланған

9.7 кесте

Аналог дыбыстық сигнал	$U_a = 1\text{ В}$	$U_1 = 2\text{ В}$	$U_2 = 3\text{ В}$	$U_3 = 4\text{ В}$	$U_4 = 5\text{ В}$	$U_5 = 6\text{ В}$	$U_6 = 7\text{ В}$	$U_7 = 8\text{ В}$
Сандық екілік дыбыстық сигнал	000	001	010	011	100	101	110	111

3-суретте көрсетілген параллель түрдегі ADC схемасына жүгініңіз. 9.14. Схемаға 8 дәлдік, яғни жоғары дәлдік, резисторлар және жеті компаратор кіреді. Резистордың кедергісі олардағы кернеулердің тамшылары Кестеде келтірілген аналогтық сигнал кернеуіне дәл сәйкес келетін етіп таңдалады. 9.7. Мысалы, егер қорек кернеуі $E_0 = 8\text{ В}$ болғанда және әрбір резистордың кедергісі $R = 100\text{ ом}$, онда 1-кестеде келтірілген кернеулердің мәндері резистордың тізбегі бойынша орнатылады. 9.7.

Компаратор OR типті логикалық элемент болып табылады (9.2 бөлімін қараңыз). Атап айтқанда, операциялық күшейткішті (ОА) қолдануға болады. Кернеу компаратордың кернеуі компаратордың кірістірілген кірісіне (9.14-суретті қараңыз), кернеу инвертирленбеген кіріс кернеу $E < E_0$, компаратордың $E_{out} = 0$ шығысындағы кернеу және $E > E_0$ кезінде $E = 1$ мәнівых

Өлшенген аналогтық кернеу қосымша компаратордың барлық кірістірілген кірістеріне тікелей жіберіледі (9.14-суретті қараңыз). (Осылайша «Параллель типтегі DAC» атауы да кеңейтіледі.) Қайта енгізілген кірулердегі кернеулер резистор тізбегі бойымен орнатылған, яғни 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 В кернеу инверсияланбаған кірістегі кернеу инверттелген кірістегі кернеуден асатын, $E_{out} = 1$. Барлық басқа компараторлар $E_{out} = 0$ бойынша шығыс кернеуі. Осылайша, барлық жеті компаратордың шығуына қосылған арнайы декодордың кірісінде өлшенген кернеу мәніне байланысты сандардың белгілі бір тіркесімі құрылады. Мысалы, $E_{ism} = 6.6\text{ В}$ өлшенген кернеуде, декодер кірісінде цифрлардың комбинациясы күріште көрсетілген. 9.14. 3,2 В кернеуде декодердің үстіңгі жағынан басталатын сандардың комбинациясы келесідей болады:

0 0 0 0 1 1 1.

де сандар санының комбинациясына байланысты, ол белгілі бір цифрлық екілік сигналды шығарады. Мысалы, кестеде көрсетілген кернеуде 6 ... 7 В. 9.7 екілік коды 110, кернеуі 3.4 В - 011 коды шығарылады. Қарастырылған мысалға байланысты, ADC-ді сипаттайтын үш параметрге жүгініңіз: бит тереңдігі, өлшенген аналогтық сигналдың дискреттік мәндерінің саны және

ADC жасаған екілік сигналда n биттердің санын анықтайды. Бұл жағдайда $N = 2^n$ дискретті мәндерінің саны (2.2 бөлімін қараңыз). D ажыратылымы - ең жақын екі дискретті аналогтық сигнал мәндерінің арасындағы айырмашылық. Аналогты өлшеу кезінде 0-ден бастап E -ға дейінгі диапазонда $A = E_m / N$ шамасы Осылайша, D ажыратылымы ADC бит сыйымдылығына байланысты аналогтық сигналдың цифрлық түрлендірілуіне болатын дәлдікті анықтайды. N және D мәндерінде $E_m = 8 \text{ В}$ шамасында, n сыйымдылығына байланысты кестеде келтірілген. 9.8.

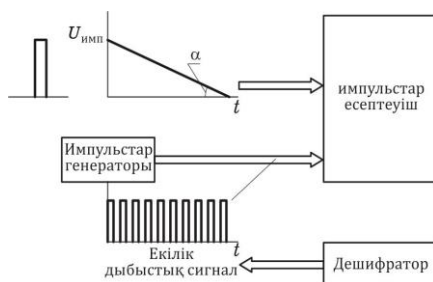
Аналогтық типті АЦП жетіспеушілігі $N-1$ -ге тең көп салыстырмалы комбинаторларды және дәлме-дәлдік резисторларының үлкен мөлшерін пайдалану қажеттілігі болып табылады. Мысалы, 12-биттік АЦП-мен компараторлар саны 4 095, ал резистор 4 096 кұрайды.

Сериялық түрдегі A / D түрлендіргіші. Блок диаграммасы күріш көрсетілген. Бұл түрі ADC. 9.16, параллель типті ADC қарағанда схемалық элемент қатынасында неғұрлым үнемді.

Сериялық үлгідегі ADC келесідей жұмыс істейді. Алдыңғы жағдайда қалай болғанда, импульстік құрылғы қосылады, амплитудасы U -ны кіріс аналогтық сигналдың уақытын дискретті уақыттарда өлшейді, T -ге тең болады (9.15-суретті қараңыз). Импульстік құрылғының шығуына байланысты, t_k уақытындағы C конденсаторы,

9.8 кесте

Бит тереңдігі	Дискретті мәндердің саны $N = 2^n$	Рұқсат D
3	8	1 В
4	16	0,5 В
8	256	31,3 мВ
10	1 024	7,9 мВ
12	4 096	2 мВ



Сурет. 9.16. Сериялық үлгідегі ADC блоктық диаграммасы

кернеуі U_k . Содан кейін конденсатордың шығуы сызықты түрде басталады. Шығару уақытын өлшей отырып, ол зарядталған сигналдың амплитудасын анықтауға болады: $u_{им} = TR \operatorname{tg} \alpha$. Уақытты өлшеу импульстік генератордың екінші кірісіне келетін импульстардың саны үшін арнайы есептегіш арқылы жасалады. Конденсатор C толығымен зарядталғаннан кейін импульстік генератор өшіріледі. Өлшенетін импульстардың саны M декодерге өтеді. Соңғысы енгізілген импульстар санына байланысты белгілі бір цифрлық екілік сигналды шығарады. Осылайша, сериялық-дәйекті түрлендіргіштің алгоритмі келесідей болуы мүмкін: амплитудалық-уақыт-екілік код.

Қорытындылай біз ADC жұмысын сипаттайтын негізгі параметрлерді тізімдейміз. Олардың үшеуі жоғарыда аталған: биіктік

тереңдігі, өлшенген аналогтық сигналдың, ажыратымдылықтың дискреттік мәндерінің саны. Негізгі параметрлерге қосымша: өлшенген аналогтық сигналдың амплитудасының динамикалық диапазоны; Т сыныбының кезеңіне байланысты осы сигналды спектрінің жоғарғы жиілігі; Аналогтық сигналдың дәлдігі екілік кодқа айналады. Ең алдымен, бұл дәлдік шешуге байланысты (9.8-кестені қараңыз). Дәлдікке әсер ететін басқа факторлар құрылғыда пайда болатын шу болып табылады және, атап айтқанда, сигнал квантизациясының шуымен байланысты. Шудың ең төменгі деңгейге дейін төмендейтін өте дәл АЦП рұқсаты 24-ке жетеді.

ADC кең ауқымды әртүрлі құрылғыларда, сандық формамен сөйлеуді күрделі ғарыш аппараттарын басқару үшін кеңінен қолдануға болады.

Сандық-аналогтық түрлендіргіш. DAC - сандық сигналды аналогқа айналдыруға арналған құрылғы. DAC негізгі параметрлері: цифрлық сигнал түрлендірілетін санның сыйымдылығы, ең үлкен дискретизация жиілігі, динамикалық диапазон, құрылғыны жасай алатын ең үлкен және ең кіші сигналдардың қатынасы.

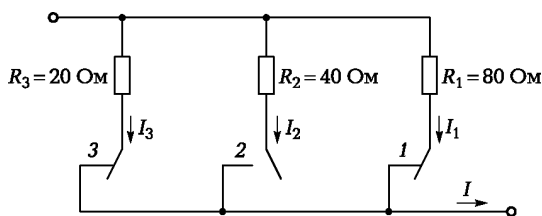
Таза ағымдардың әдісіне сәйкес DAC-дің цифрлық сигналдың 3-таңбалы кодымен жұмыс істеу принципін нақты мысалмен қарастырайық. Үш кілтті және үш резисторды қамтитын осындай DAC-ның эквиваленті сұлбасы - сандардың саны бойынша - күріш. 9.17. Резисторлардың кедергісі екілік заңға сәйкес белгіленеді. Схема мәселесі сигналды ондық үтірмен байланыстыратын қатынасқа (2.2) байланысты кіріс код комбинациясына байланысты демалыс сигналын алу болып табылады. Таңдалған үш таңбалы кодпен бұл өрнек пішінге ие $N_2 = M_2 2^2 + M_1 2 + M_0 2^0$, (9.3)

где $M_0, M_1, M_2, \dots, M_q$ — цифры, принимающие одно из двух значений: 0 немесе 1.

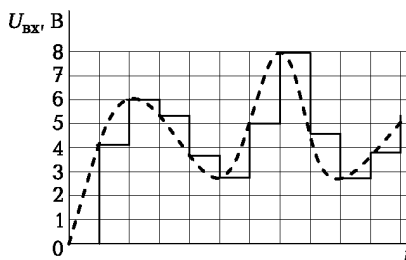
3 пернесі үшінші (ең жоғары) санға жауап береді, екінші таңбаға 2 пернесі, ал бірінші үшін 1 пернесі. Біз $E_0 = 8 \text{ В}$ кернеуін және бинарлық заңға сәйкес резисторлардың кедергісін таңдаймыз: $R_1 = 80 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$.

N_2 кіріс сигналы қолданылғанда, кілттер енгізу кодының тиісті биттерінің мәніне сәйкес қосылады. Кілт тиісті бит «1» болса, кілт «0» кезінде ашылады.

Жабық кілттері бар тармақтардың әрқайсысының ағымдары резистордың мәндеріне сәйкес келеді:



Сурет. 9.17. Төрт таңбалы DAC құрылымдық диаграммасы: 1 ... 3 - пернелер



Сурет. 9.18. Пернелер көмегімен тізбектегі толқынның формасын өзгерту

сандық сигнал алынады - «1» және «0» биттік тізбегі, ал цифрлар мен электронды пернелердің саны бойынша шығады (9.17-суретті қараңыз). Кернеудің жалпы көзі өте тұрақты болуы керек, кернеу оның шығуында оған байланысты жүктемелердің санына байланысты болмауы керек.

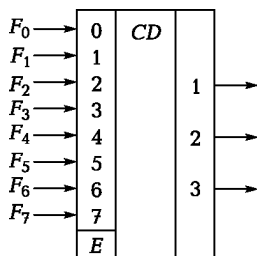
9.5. НӨМІРІ ЖӘНЕ ДЕМЕУШІСІ

Кодтаушы - кіріс сигналдарының кез келгеніне кіретін сигналды шығару кезінде n -биттік екілік код комбинациясына түрлендіретін құрылғы. Әдетте кодтаушының m енімдері мен n шығысы бар, олардың мәндері келесі қатынастар арқылы бір-бірімен байланысты:

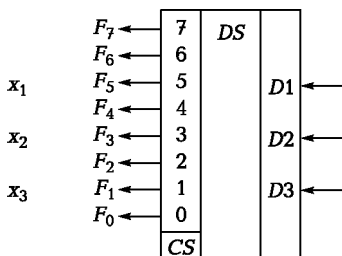
$$m = 2^n. \quad (9.4)$$

Мысалы, 4-биттік коды (9.4) сәйкес, яғни $n = 4$, кодтаушыда 16 кіріс және 4 шығу бар. Келіңіздер, 3-биттік кодпен шектелеміз, яғни, $n = 3$ және $m = 8$

болсын. Мұндай кодердің функционалдық сұлбасы күріш. 9.19, а. Кодекстің сегіз кірісінен 1-ге, ал қалған 0-ге берілсе кодер кодының құрамдас бөлігі кестеде жинақталған. 9.9. Кейбір координаторлар сигналдың белгілі бір уақытта алынуына мүмкіндік беретін қосымша қақпақ кірісі бар. Кейбір координаторлар сигналдың белгілі бір уақытта алынуына мүмкіндік беретін қосымша қақпақ кірісі бар.



а



б

Сурет. 9.19. Функционалдық схемасы: а - кодтаушы; және - декодер

X0	X1	x ₂	x ₃	x ₅	x ₅	x ₆	x ₇	Y1	Y2	Y3
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Декодер - бұл n-бит екілік сигналдық кірісін оның кірістеріне тек оның шығуының бірінде белсенді сигнал түрлендіретін құрылғы. Дегенмен,

Кодтауышта n кіруі мен қатынасы (9.4) байланысты. Декодер функционалдық схемасы үшін $m = 3$ және $n = 8$ күріш көрсетілген. 9.19, б. Осылайша, де-шифратордың атқаратын қызметтері шифрлаушы орындаған әрекеттерге қарама-қайшы. Сондықтан, 3-биттік сандық сигнал жағдайында, 9.8 декодтауға жатқызуға болады, тек Y сигналдарын және X - шығу сигналдарын ескере отырып. Декодер көмегімен, оның кірісінде кодының комбинациясына

байланысты оның шығыс терминалдарына жалғанған құрылғыны қосуға болады.

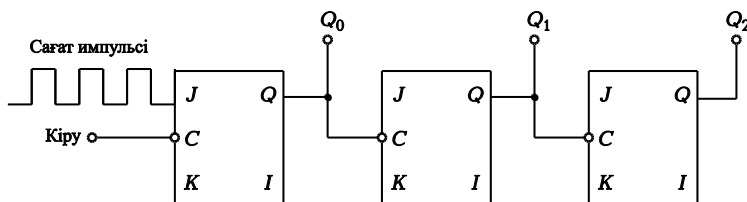
Жоғарыда көрсетілген сандық сигналдарды түрлендіруге және әртүрлі құрылғылармен көп өзара әрекеттесуге арналған, бұрын талқыланғаннан басқа, кодорындар мен декодерлердің күрделі функционалдық сұлбалары да мүмкін.

9.6.

ЕСЕПТЕГІШ ЖӘНЕ ТІРКЕУ

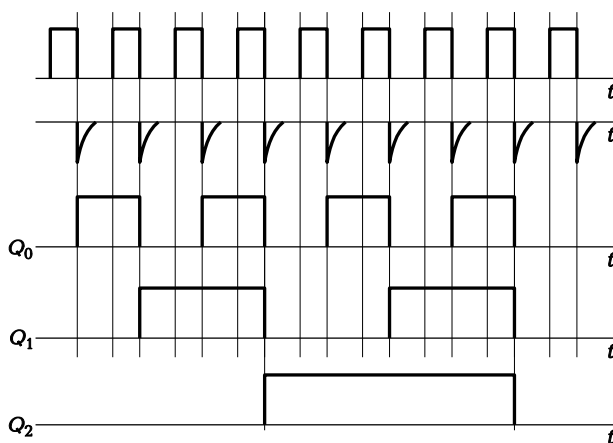
Есептегіш – сандық құрылғы, ол кіріс енгізетін электр импульсінің санын есептейді. Есептегіш - белгілі бір триггерлер санының қосылуы. Байланыстың түріне қарай жүйелі, параллель және параллельді дәйекті санауыштар бар.

Сериялы жалғанған үш синхронды JX-триггерлердің жұмысын қарастырайық (9.2 сурет). Қосымшаға жіберілді



Сурет. 9.20. Синхронды JK негізіндегі есептегіш

Бірінші старттың кіріс сигналы – қайталау кезеңі бар тікбұрышты импульстар тізбегі (9.21-сурет). Тік бұрышты импульстарды саралау арқылы біз өткір оң және теріс импульстардың жаңа тізбегін аламыз. Бұл сигнал алғашқы триггердің схемасында қалыптасады, оның коммуты теріс импульстік реакция ретінде пайда болады (схема оң серпінге жауап бермейді). Осылайша, бірінші флип-флоптың шығуындағы 01 сигналы кіріс сигналынан 2 есе үлкен және 2T-ге тең қайталану кезеңіне ие. Бұл сигнал екінші триггердің қосымша кірісіне берілетін болады, оның сигналды қайталау кезеңі 2 есе артып, 4T-ге тең болады. Сол себепті үшінші триггердің шығуындағы сигналды қайталайтын период 8T-ге тең болады. Егер оның шығуындағы төртінші триггер болса, сигналды ойнату уақыты 16T болады және



Сурет. 9.21. Есептегіш схемасы

Ондық жүйеде импульстар саны	Сандар $Y_4 Y_3 Y_2 Y_1$	Ондық жүйеде импульстар саны	Сандар $Y_4 Y_3 Y_2 Y_1$
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	1010
3	0011	11	1011
4	0100	12	1100
5	0101	13	1101
6	0110	14	1110
7	0111	15	1111

бір триггернен екіншісіне ауысқанда, импульстік қайталану кезеңі екі есе көбейді немесе басқаша айтқанда, жиілікті бөлу екі есе .

Үш триггерлердің бүкіл тізбегі үшін жалпы уақыт диаграммасы күріш көрсетілген. 9.21. Оның негізінде қойындыны жасаймыз. 9.10, оған кіріс сигналдарының Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 сигналдарының мәндерімен құрылғының кірісінде импульстердің санын триггерлердің шығуына біріктіру (9.20 суретін қараңыз). Соңғы 4-бит екілік сан, оның кезектілігі 0000-ден 1111-ге дейін үзіліссіз сағаттар серпінін қадағалайды.

Кестеде келтірілген мәліметтерді салыстыру. 9.10, кесте деректерімен. 2.1, есептеудің ондық және екілік жүйелеріндегі сандарды салыстырады, олардың сәйкестігін көрсетеді. Демек, күріш. 9.20, екілік сандар жүйесінде импульстарды есептеуге мүмкіндік береді.

Схемада есептелген импульстардың ең көп саны $N = 2n$, мұнда n - серияларға қосылған триггерлер санына тең сандар саны. N санынан асатын енгізу импульсінің саны кезде, толып кету орын алады және барлық санау циклы қайталанады.

Сонымен қатар есептегіш N импульстерінің импульстік жиілігінің бөлушісі бола алады. Бұл бөлімше, мысалы, электронды сағаттарда және тұрақты жиілік торының синтезаторларында жүзеге асырылады.

Аралық дәйектің санауышына ұқсас, параллельді түрдегі санауыш жұмыс істейді, онда импульстар бір мезгілде барлық биттердің кірістеріне қолданылады, бұл санау жылдамдығын арттырады.

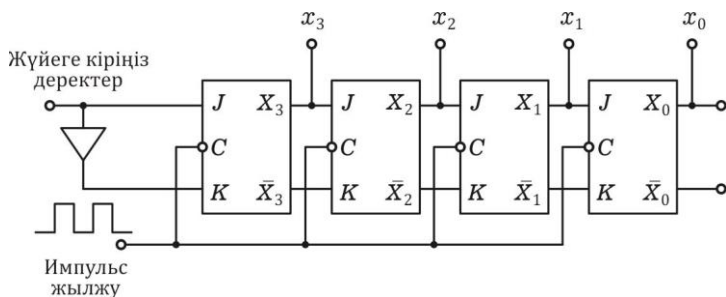
Әрбір келесі импульстен кейін, оның шығысындағы сандық код бір-біріне артады. Шегерілетін есептегіште, санауыштағы әрбір серпіннен кейін, сандық шығу коды біртіндеп азаяды. Жинақтау

режимінен түсіру режиміне ауысуға болатын есептегіштер кері деп аталады.

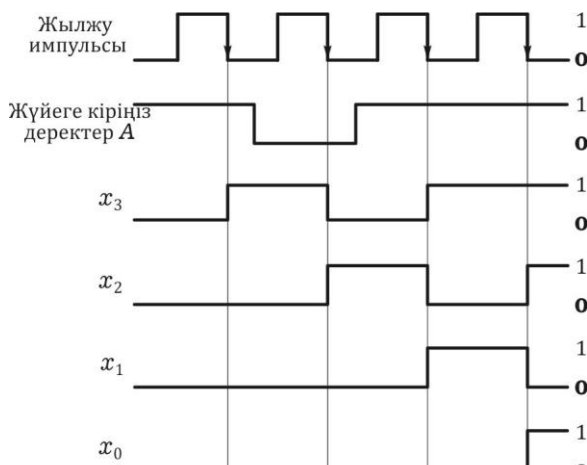
Триггерлер негізінде құрылған тағы бір құрылғы - л-биттік екілік код түрінде берілген ақпаратты қабылдау, сақтау және беру функцияларын орындайтын тізбе.

Регистрлердің негізгі жіктеу ерекшелігі - екілік коды тіркелімге және оның шығуына жазылған. Сондықтан parallel, дәйекті (ауысып) және параллель-дәйекті тіркелімдерді ажыратыңыз. Параллельді тіркелім параллель кодпен жазу әрекетін орындайды. Сериялық регистр кезекті кодты тіркейді, ең төменгі немесе ең үлкен биттен бастап, кодты сағаттардың импульсімен жүйелі түрде ауыстырады. Параллельді тізбекті регистрлерде нөмірлік кодтың параллельді және сериялық жазбалары үшін кірулер бар. Сонымен қатар, ауыспалы тізілімдер бір және екі жақты (реверсивті) регистрлерге бөлінеді. Бір бағытты регистрлер кодты солға немесе оңға жылжытады, екі жақты тіркеулер солға және оңға жылжиды.

Синхронды JX-флип-флоптардағы 4-биттік сериялық жылжыту тізбегінің жұмысын қарастырайық, оның схемасы күріш. 9.22. Ауысым - флип-флоптарда сақталатын екілік сандар сағаттық сигналдың әр пульсі үшін бір флип-флоптан екіншісіне ауысатын тіркелім. Бұл процесс



9.22 сурет



Сурет. 9.23. Жылжу тіркелімінің уақытша кескіндері

кәдімгі арифметикалық калькуляторда байқауға болады, онда дисплейдегі сандар жаңа нөмірді енгізген сайын ауысады. Суретте көрсетілген схемада. 9.22, кез келген триггердің С кірісіне келу кезіндегі теріс жиілігі келгенде, олардың әрқайсысы оның сол жағында триггерлерде сақталатын мәнге ие болады. Шиналмалы импульстің теріс жиектері келу сәтінде ХЗ-ті іске қосқан кезде, J және К-дің кіріс шарттарында анықталған мәнге ие болады.

Регистрдің жұмысын мысал ретінде қарастырайық Ширату импульстерінің пайда болуына дейін барлық триггерлер нөлдік күйде және А сигналының сигналын (9.23-сурет) флип-флеш ХЗ-нің кірістеріне J және К-ге берілсін деп есептейміз. Қазіргі уақытта сағаттық импульстің келуінің Т1, тек Х3 триггері жаңа күйге түседі және барлық басқа триггерлердің жағдайы өзгеріссіз қалады. Қазіргі уақытта Т2 екінші ауысатын импульстің теріс жиегінен келген кезде, тек Х2 триггері жаңа күйге ие болады, ал Т3 - тек Х3 триггері, Т4 кезінде - Х4 ғана.

Осылайша, шиыршық импульсінің әрбір жағымсыз жағы келген кезде, әрбір триггердің шығысы бұрын сол жақта триггер кірісінде болған деңгейге ие болады. Және Х3 триггерлері тізбегіндегі бірінші ғана кіріс сигналында анықталған деңгей келесі шиыршық импульсінің теріс жиектері пайда болғанға дейін орнатады. Әрбір келесі сағаттардың импульсінің әрекеті нәтижесінде тізілімдегі код бір санды ауыстырады.

Фильтірдің мақсаты белгілі бір жиіліктер ауқымында сигналдарды беру және басқаларды кешіктіру болып табылады. Сүзгілер арқылы таңдаулы арнаны хабарларды қабылдау, жіберу, өңдеу, пайдалы спектралды компоненттерді бөлу және зиянды заттарды басу үшін конфигурациялауға болады.

Сүзгінің негізгі сипаттамалары:

- $L3(f)$ сигналдық жиілігіне енгізілген демпфингтің тәуелділігі;
- Amplitude-frequency response (AFC) $K(f)$;
- фазалық-жиілік сипаттамасы (PFC), яғни. жылжу тәуелділігі жиіліктегі фазалық сигнал;
- уақыт сипаттамалары.

Сүзгі арқылы берілетін сигналға әлсіреу, әдетте, децибелде анықталады. Дисперсияның шамасы АФФ-ны анықтайтын кернеу арқылы сүзгі беру коэффициентіне байланысты, тәуелділік

$$b_3(f) = 20 \log(K(f)). \quad (9.5)$$

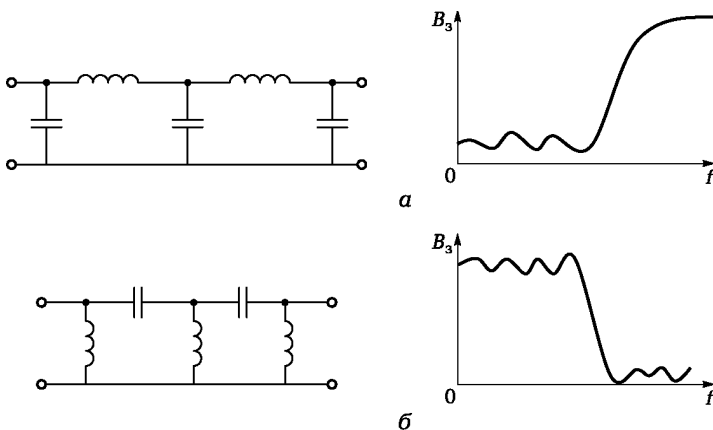
Аналогтық сүзгілердің әр түрлі түрлері белгілі, яғни аналогтық сигнал беру үшін арналған. Олардың ең қарапайымы реактивті 4-полюсте, яғни тек сыйымдылықтар мен индуктивтерді қамтитын схемаға негізделген сүзгі. Осындай төмен өткізгіштің сүзгісінің сұлбасы мен сипаттамалары күріш. 9.24 және жоғары жиіліктер күріш. 9.24, б.

Аналогты сүзгінің дизайнын негізге ала отырып, қажетті жиілік реакциясы жатыр, яғни. сүзгі параметрлерінің сигнал жиілігіне тәуелділігі (9.24-суретті қараңыз, а). Дизайн процесінің өзін өзі сүзгі жасалатын индуктивтіліктер мен сыйымдылықтардың мәндерін анықтау үшін азаяды (9.24, б-суретті қараңыз), онда жиіліктегі қажетті жауап беріледі.

Басқа әдіс сандық сүзгіні жобалау кезінде орын алады, ол жиілікте емес, бірақ сүзгі уақытының сипаттамасында. Мұндай сүзгіні жобалау мен есептеуді егжей-тегжейлі қарастырайық.

Сандық сүзгі - соңғы айырмашылықтарда келесі теңдеуге сәйкес жұмыс істеу алгоритмін іске асыратын есептегіш құрылғы:

$$y(kT) = \sum_{m=0}^{M-1} a_m x((k-m)T) - \sum_{i=0}^{I-1} b_i y((k-i)T), \quad (9.6)$$



Сурет. 9.24. Аналогтық сүзгі - төмен өту; б - жоғары жиілік

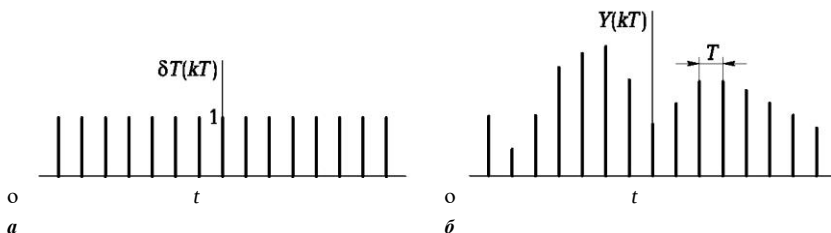
1) мұндағы $x(kT)$ - кіріс сигналының үлгілері; $y(kT)$ - шығыс сигналының үлгілері; a_m, b_f - коэффициенттер.

2) Сызықтық сандық сүзгілер екі түрге бөлінеді:

3) тұрақты коэффициенттері бар тұрақты параметрлері бар құрылғылар тұрақты және бұл талапқа сай келмейтін айнымалы параметрлермен;

4) сүзгілер рекурсивті емес (басқа атау көлденен), ол үшін барлық коэффициенттер $b_n = 0$, нәтижесінде шығу сигналы тек кіріс сигналына байланысты; және рекурсивтілік үшін $b_n \neq 0$, яғни кері байланыс бар екенін білдіреді.

Тұрақты емес параметрлері бар қарапайым емес крессионалды сандық сүзгінің құрылымы мен сипаттамаларын қарастырыңыз. Теңдеуде (9.6) осындай фильтр үшін соңғы айырмашылықтарда келесі теңдеуді аламыз:



Сурет. 9.25. Кафедра функциясы

$$y(kT) = \sum_{m=0}^{M-1} a_m \delta((k-m)T), \quad (9.7)$$

мұнда $\delta(k-mT)$ - дискретті дельта деп аталатын тор функциясы -

$$\begin{aligned} & 1 \text{ при } k = m; \\ & 0 \text{ при } k \neq m. \end{aligned} \quad (9.8)$$

функциясы (сурет 9.25, а)

Рекурсиялық цифрлық фильтрдің кешенді жиілік реакциясы үшін өрнегі бар

$$K_H(j\omega) = \sum_{m=0}^{M-1} a_m e^{-jm\omega T}, \quad (9.9)$$

мұнда T - аналогтық сигналдың іріктеу кезеңі (9.25-суретті қараңыз).

Фильтрдің амплитудалық-жиілік сипаттамалары үшін (9.7)

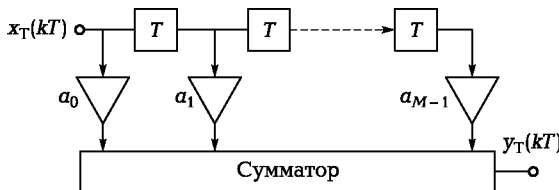
$$A_H(\omega) = |K_H(j\omega)| = \left| \sum_{m=0}^{M-1} a_m e^{-jm\omega T} \right|. \quad (9.10)$$

Фазалық -жиілік сипаттамалары үшін (9.9) бізде бар

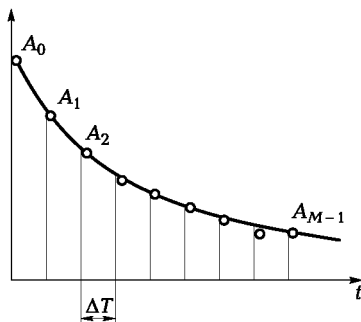
$$\Theta_H(\omega) = \arg[K_H(j\omega)] = \arg\left[\sum_{m=0}^{M-1} a_m e^{-jm\omega T} \right]. \quad (9.11)$$

Уақыт сипаттамасын жүзеге асырудың тікелей формасы (9.7) күрішке келтірілген регулярлық сандық сүзгінің құрылымына әкеледі. 9.26. Суретте көрсетілген схемада. 9.26, жұлдыз T - аналогтық кіріс сигналының іріктеу уақытына тең уақыт T үшін кіріс импульсінің кешігуін білдіреді (9.25-суретті қараңыз).

Сандық фильтрдің импульстік реакциясы - бұл бір дельта импульсіне жауап беру. Демек, өрнекпен (9.7) ұқсас, келесі формула бар:



Сурет. 9.27. Сандық сүзгіні импульстік жауап h



$$H_H(kT) = \sum_{m=0}^{M-1} a_m \delta((k-m)T) \quad (9.12)$$

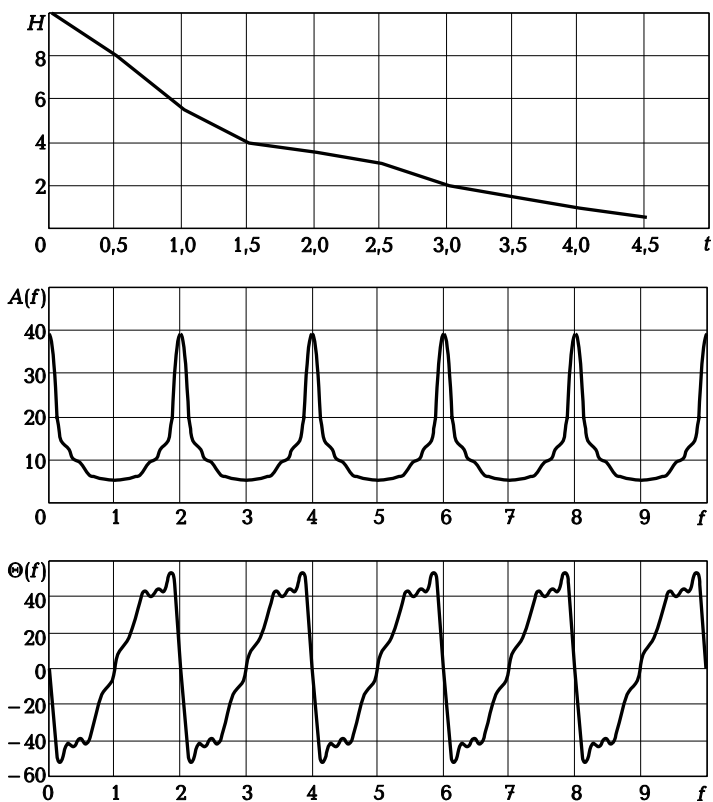
мұнда a_m T - өрнек (9.8) бойынша анықталған бірлік δ импульсі.

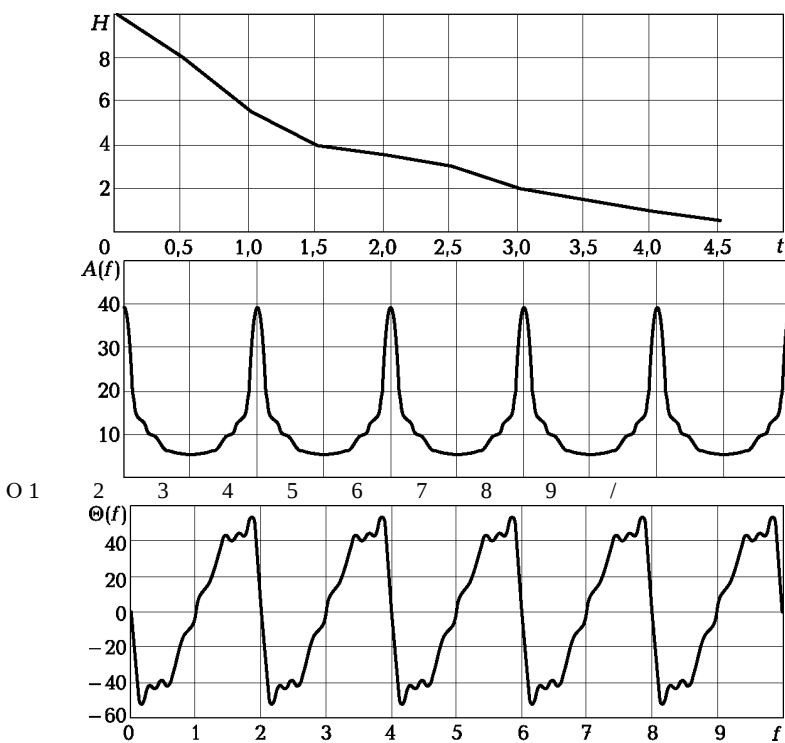
Сандық сүзгінің импульстік жауап беруі аналогтық фильтрдің сипаттамасымен бірдей, оның $a_1, a_2, \dots, a_{M-1}$ үлгілері үздіксіз функциясының $A_1, A_2, \dots, A_{M-1}$ үлгілерімен сәйкес келеді, ΔT аралығынан өтеді (9.27-сурет). Сондықтан үздіксіз типтегі сызықты тізбектің импульстік реакциясын жасап, ΔT уақытын таңдау уақытын таңдап, оған сәйкес тұрақты емес коэффициенттердің барлық жиынтығын анықтауға болады, $\mathbf{a}$ - вектор $\mathbf{a}$ жинақталған, тиісті рекурсивті сандық сүзгінің сілтемелері үшін жиналған ADT (9.27-суретті қараңыз).

$A_0, a_1, a_2, \dots, a_{M-1}$ коэффициенттерінің берілген мәндері үшін импульсті (9.12), амплитудалық-жиілік сипаттамасын (9.10) және жиілікке жауап берудің (9.11) рекурсивті емес цифрлық сүзгісін есептеудің бағдарламасын ұсынамыз дискретизация T :

$$\mathbf{a} := \begin{pmatrix} 10 \\ 8 \\ 5.5 \\ 4 \\ 3.5 \\ 3 \\ 2 \\ 1.5 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \begin{aligned} j &:= \sqrt{-1} & T &:= 0.5 & M &:= 10 & M1 &:= M - 1 \\ m &:= 0, M1 \\ t_m &:= m \cdot T & H_m &:= a_m \end{aligned}$$

$$K(f) := \sum_{m=0}^{M-1} a_m \cdot e^{-j \cdot m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot T} \quad A(f) := |K(f)| \quad \Theta(f) := \arg(K(f)) \cdot \frac{180}{\pi}$$





Сурет. 9.28. Рекурсиялық сандық сүзгінің сипаттамасы

Бағдарламада жоғарыдағы формулалардағыдай белгілер қолданылады.

Дискретті сигнал спектрі сияқты бейцируссиялық фильтрдің жиілік реакциясы $F = 1 / T$ қайталану жиілігі бар мерзімді функция болып табылады. Ең жиілік жиілігі $f_m = mF$ жиілік мәндеріне сәйкес келеді, мұнда m бүтін сан болып табылады. Амплитудалық-жиілік сипаттамасының және ПФФ формасы вектор a -ға жиналған коэффициенттердің комбинациясына байланысты. $M = 10$ болатын сандық сүзгінің үш сипаттамасының бағдарламасына сәйкес есептеу мысалы мысалда көрсетілген. 9.28. Бұрынғыдай, уақыт өлшемі [с, мс, μ с] жиілігі [Гц, кГц, МГц] кезінде өлшенеді.

Осылайша, аналогтық фильтрді жобалау үшін негіз оның жиіліктік әрекеті болып табылады (9.24-суретті қараңыз), сандық импульс, яғни уақыт (9.27-суретті қараңыз). Себебі бұл сипаттамалар бар

(6.2-бөлімшені қараңыз), онда әрбір аналогтық фильтрке балама сандық сүзгі сәйкес келеді. Сүзгілер арасындағы айырмашылық - аналогтық сүзгінің сипаттамасы біртұтас, сандық - кезеңдік.

9.8. МУЛЬТИПЛЕКСОР

Мультиплексор цифрланған сигналдардың ансамблінен кіретін қажетті комбинацияны таңдайтын және оны шығаруға жіберетін құрылғы. Мультиплексордың функционалдық схемасы К кірістерімен және бір шығысымен көп позициялық қосқыш ретінде ұсынылуы мүмкін, және пәрмен бойынша қажетті арнаны таңдайтын және оны шығысқа қосатын басқару құрылғысы (9.29-сурет). Аналогтық сигналдар арқылы жіберілетін арналарды ауыстырған кезде мультиплексорды ADC-мен біріктіруге болады. Арналарды ауыстырудан басқа, мультиплексорлар параллель екілік кодты кейінгі екілік кодқа түрлендіру үшін де пайдалануға болады.

9.9. ЕСТЕ САҚТАУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

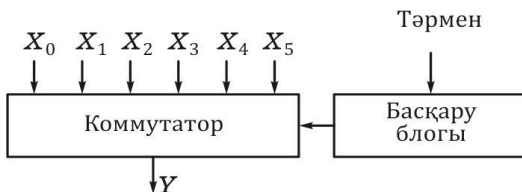
Жад құрылғысының (жады) мақсаты – сандық түрдегі ақпаратты жазуға, сақтауға және оқуға арналған форма,

Көбінесе екілік кодта - «1» немесе «0».

Жадтың негізгі параметрлері: ЗУ:

мегабайт, гигабайты, гигабайты (1 Кбит = 1010 байт = = 1020 Мбит = 1030 Кбайт = 1040 байт);

■ Ақпараттық сыйымдылық, байтпен, килобайтпен өлшенеді



Сурет. 9.29. Мультиплексордың функционалдық схемасы

■ жылдамдығы - белгілі бір ақпаратты жазуға немесе оқуға қажетті уақыт;

■ энергияны тұтыну - ақпараттың белгілі бір көлемін оқу мен сақтау процесінде тұтынылатын электр энергиясының мөлшері.

Функционалды мақсаттар үшін келесі құрылғылар бөлінеді:

■ екілік ақпаратты сақтау режимдерінде жұмыс істейтін, орындалатын бағдарламалардың кодын қоса алғанда, жедел деректерді («1» және «0») жылдам жазуға және оқуға арналған жедел жады (RAM);

■ Жиі қолданылатын ақпаратты сақтау және оны оқу режимдерінде жұмыс істейтін тұрақты естеліктер (ROM);

■ Ақпаратты электронды түрде өшіру және басқа жазбаны жазу арқылы қайта бағдарламаланатын оқуға арналған естеліктер (ЭПРОМ).

Операцияның физикалық қағидасына сәйкес, келесі жады түрлері бөлінеді: жартылай өткізгіш, магниттік жазба (қатты және жұмсақ магниттік дискілер) және оптикалық (CD, DVD).

Жадтың үлкейтілген құрылымдық схемасы күріш. 9.30. Ол мынадай элементтерден тұрады: аккумулятор - матрицада біріктірілген ұяшықтарды есте ұстайтын массив; әрбір ұяшықтың декодердің код мекенжайы; ақпараттық жазба бірлігі; ақпараттық оқылым блогы; құрылғы басқару блогы. Қажетті жад ұяшығын таңдау үшін жол және баған декодері қолданылады.

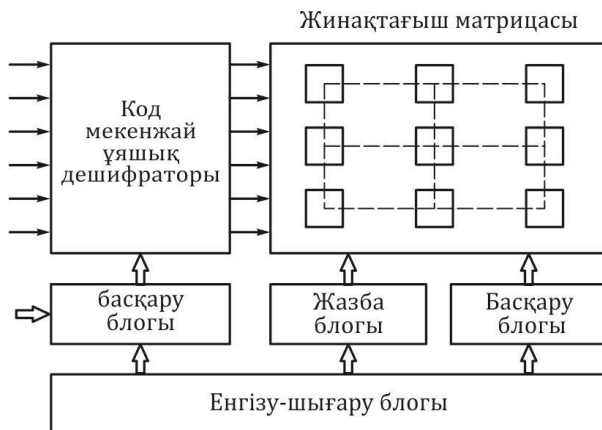


Рис. 9.30. Структурная схема запоминающего устройства

Сақтау құрылғысы жады клеткалары орналасқан түйіндерде, адреске және ағызатын автобустарға қосылған матрица болып табылады. Әрбір жад ұяшығы екілік кодта 1 бит ақпаратты сақтайды - «1» немесе «0». Жетектің матрицасы жолдардың (олардың саны) және бағандардың (олардың саны k) қиылысында орналасқан жады элементтері $n = m \times k$ тұрады. Қажетті жадтың ұяшығын таңдау үшін ұяшықтың командаларында командалық жолға және бағанға арналған декодер қолданылады және оған «1» немесе «0» жазылады немесе оқылады.

RAM арнайы LSI пайдаланғандықтан, олар статикалық және динамикалық болып бөлінеді. Статикалық жадта жады элементі биполярлы немесе өріс тиімді транзисторлардағы триггер болып табылады; Динамикалық RAM-да - далалық әсерлі транзистордың қақпасы ретінде пайдаланылатын конденсатор.

Ақпаратты ROM чиптерінде жазу арнайы құрылғы - бағдарламашы арқылы жүзеге асырылады. Алдын-ала жазылған ақпаратты PC-да қайта бағдарламалау кезінде ультракүлгін сәуле немесе электр сигналы арқылы жүзеге асырылады. Мұндай ROM дискінің сыйымдылығы әдетте кемінде 100 Кбайт болады, қайта бағдарламалаудың рұқсат етілген көлемі - 100.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

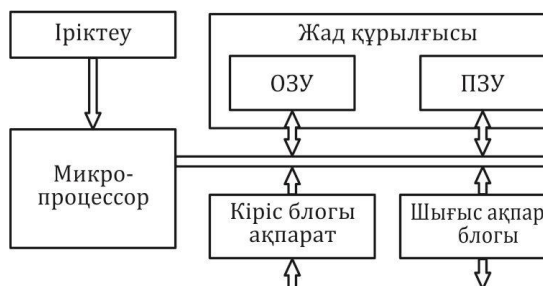
1. 1. Сандық базалық элементтердің негізгі түрлерін көрсетіңіз. Олардың қысқаша сипаттамасын беріңіз.
2. 2. ЖӘНЕ ЕСКЕРТПЕ логикалық сұлба мен ЖӘНЕ НЕМЕСЕ логикалық схемасы OR арасындағы айырмашылық қандай? Осы диаграммаларды сызыңыз.
3. 3. Электрондық кілтті, мультивибраторды және триггерді салыстырыңыз.
4. 4. Аналогтық сүзгі мен сандық сүзгі арасындағы айырмашылық қандай?
5. 5. Сақтау құрылғыларының негізгі түрлері қандай?

ЖАЛПЫ ҚОЛДАНУ ҮШІН САНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

10.1.

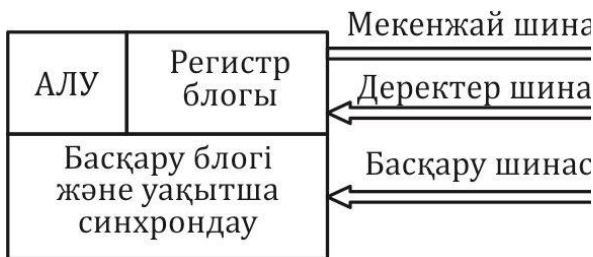
Микропроцессор – аналогтық және цифрлы ақпарат пен деректермен есептеулерді өңдеуге және орындауға арналған сандық электрондық құрылғы.

Микропроцессор автоматтандырылған басқару және түрлі техникалық объектілер мен жүйелердің жұмысын бақылауға арналған құрылғыларда қолданылады. Бұл функцияны жақсырақ түсіну үшін алдымен микропроцессорлық құрылым диаграммасына (10.1-сурет) ауысамыз, онда микропроцессор негізгі рөл атқарады. ЖЖҚ (9.30-суретті қараңыз) компьютердің жұмысы кезінде жиі өзгеретін бағдарламалар мен деректерді, сондай-ақ есептеулердің аралық және түпкілікті нәтижелерін сақтайды. Бірнеше чиптерді қамтитын ROM, жұмыс кезінде өзгермейтін және компьютер өшірілгеннен кейін өзгермейтін пәрмендер мен деректерді сақтайды. Кіріс және шығыс ақпарат блоктар



Сурет. 10.1. Микрокомпьютердің блок-схемасы:

RAM - кездейсоқ қол жады; ROM - тек оқуға арналған есте сақтау



Сурет. 10.2. Микропроцессорлық блок схемасы барлық компьютерлік блоктары бар перифериялық құрылғылардың байланысын және интерфейсін беретін интерфейс деп аталатын техникалық және бағдарламалық құралдар мен ережелерді қамтиды.

Микрокомпьютерге енгізілген ақпарат және оның жадында сақталған деректер микропроцессор арқылы белгілі бір алгоритм бойынша логикалық және арифметикалық операцияларды орындау арқылы өңделеді, нәтижесінде оңтайлы шешім жасалады. Есептеулердің нәтижелері ЖЖҚ-ға ауыстырылды.

Микропроцессордың функционалдық диаграммасы, күріш. 10.2, мынадай негізгі блоктарды қамтиды:

- басқару және уақытты үндестіру қондырғысы (BMSC);
- регистрлер блогы;
- арифметикалық-логикалық құрылғы (ALU). Микропроцессор басқа құрылғылармен байланысқа шығатын үш байланыс арнасы арқылы байланысады: мекенжайлар, деректер және басқару.

Аналогтық сигналдармен жұмыс істеуге арналған сигнал микропроцессоры ADC-ті қамтиды (9.4 бөлімін қараңыз). BWA-мен орындалатын негізгі функциялар сыртқы жад құрылғыларынан таңдауға және командалық кодтарды декодтауға, содан кейін оқу пәрмендерін орындау және сыртқы құрылғылармен өзара әрекеттесу үшін басқа микропроцессорлық блокқа жіберілген қажетті уақыт пен басқару сигналдарын генерациялау болып табылады.

Тіркеу блогы оперативті немесе тұрақты жадтан алынған ақпаратты өңдеуге қызмет етеді. Бұл блокқа мыналар кіреді: олардың орындалуын қажетті тәртіпте қадағалайтын командалық есептегіш; декодталған нұсқаулықтардың кодтарын сақтау нұсқаулығының парағы; есеп айырысу нәтижелері сақталатын тіркелім-аккумулятор; жадтан оқылатын деректердің мекен-жайларын сақтау үшін тіркелу.

ALU алынған деректермен арифметикалық операцияларды белгілі бір ретпен орындайды, қосу, алу, көбейту және бөлу сияқты; AND, NOT, OR нысанын логикалық операциялары, деректерді ауыстыру (9.2 бөлімін қараңыз). ALU есептеулерінің нәтижелері ЖЖҚ-ға

ауыстырылады. Микропроцессордағы жекелеген бөліктер арасындағы байланыс сымдардың үлкен санынан тұратын автобустар (тростар) деп аталады. Мекен-жайлардың, деректер мен бірлескен командалардың автобусы бар.

Қазіргі уақытта бірнеше түрлі микропроцессорлар шығарылады, олар BIS, 50 мың немесе одан да көп транзисторлар бар бір чип. Негізгі параметры микропроцессора:

- аналогтық сигналдың іріктеу кезеңін анықтайтын жиілік (бірнеше жүз мегагерцке дейін);

- Аналогтық сигналдың динамикалық диапазонын анықтайтын деректердің ені (мысалы, бит жылдамдығы 24 бит болса, динамикалық ауқым - 144 дБ);

- мекен-жайлардың саны;

- кіріс ақпаратының өңдеу уақытын және басқару сигналын қалыптастыру уақытымен анықталған жылдамдық;

- мүмкін шеткі туралы ақпарат;

- Қолданудың қолайлы облысы. Микропроцессордың көмегімен әртүрлі объектілердің жұмыс режимі белгіленеді: әртүрлі деректерді беру және қабылдау уақытына байланысты олардың циклі; әртүрлі агрегаттағы уақытты басқару және басқару командалары; сандық дисплей басқару; түрлі сенсорлардың жұмысын бақылау және басқа да көптеген функциялар. Микропроцессор әртүрлі объектілердің бейне бақылау жүйесін, кез келген модульді қыздыруға және термостабилизацияға арналған құрылғы, көлік қозғалысы жылдамдығын басқара алады және көптеген басқа операцияларды орындай алады

Белгілі бір алгоритм бойынша нысандарды басқару функциясына қосымша, микропроцессор сигналдарды сандық сүзу және спектральды талдау, дифференциалдық теңдеулерді шешу, кодтау және декодтау сигналдарын қолдану үшін қолданылады.

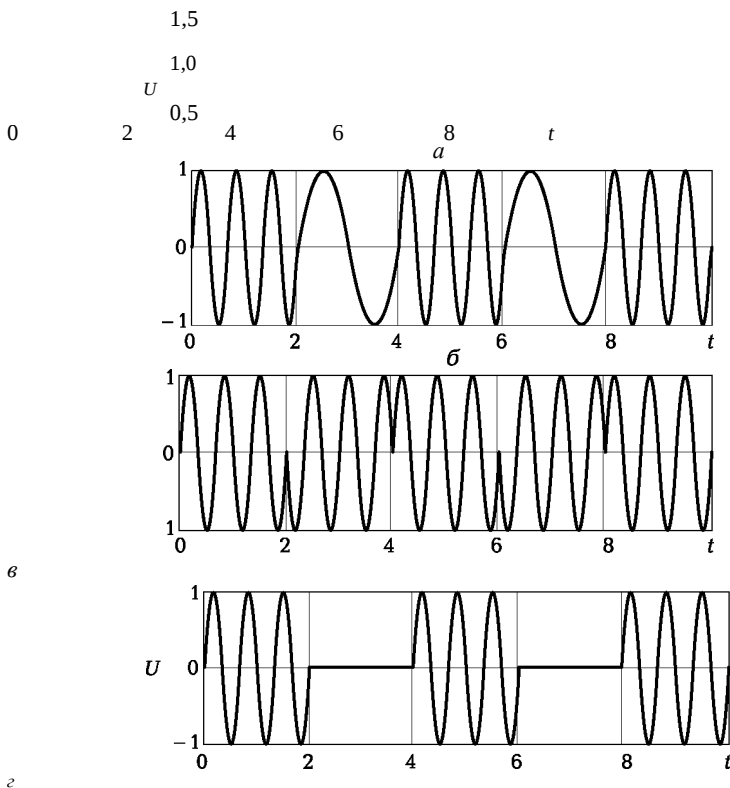
10.2.

«Модем» сөзі екі құрылғы қысқартылған атауы - модулятор және демодулятор. Осы екі терминнің мазмұнын ашып көрейік.

Хабарларды сымды және радиохабарларға беру тасымалдаушы тербелістерінде бастапқы хабарламаны енгізу жолымен жүзеге асырылады. Бұл процесс тербеліс модуляциясы деп аталады, және оны орындайтын құрылғы модулятор болып табылады.

Алынған тасымалдағыш тербелістерінен жіберілген хабарламаны шығарумен байланысты кері үрдіс дезодуляция деп аталады және оны

іске асыратын құрылғы демодулятор болып табылады.Хабарларды радиоарнаға жіберу үшін пайдаланылатын модем радио модем деп аталады. Көп жағдайларда модемдер сандық хабар алмасу үшін арналған. Модуляцияның үш ықтимал түрі: амплитуда (АМ), жиілік (FM) және фаза (FM) мүмкін. Сандық таратылатын хабардың түрі



Сурет. 10.3. Сандық сигнал модуляциясы:

а - бірізділік; б - FM-да сигнал; в - FM-да сигнал; г - АМ сигналы бар

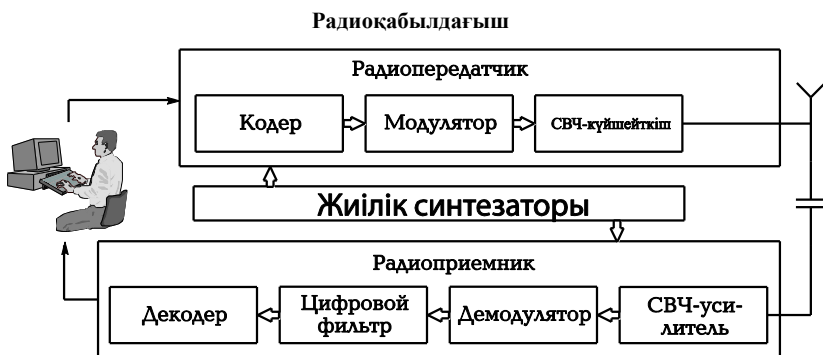
және модуляцияланған тербелістердің үш түрі (FM, FM және AM) күріш. 10.3.

Модемді пайдалану арқылы компьютер қол жетімділік нүктелері деп аталатын байланыс арқылы телефон және радио арналары арқылы интернетке қосылған. Бірінші жағдайда сандық деректерді беру жылдамдығы 112,5 Кбит / с-тан аспайды, екіншісінде секундына бірнеше мегабиттен асуы мүмкін.

Компьютерлерді интернетке қосудан басқа, модемдер әртүрлі датчиктерден, мемлекеттік қызметте, қауіпсіздік және өрт дабылы жүйелерінен және басқа да жағдайлардан ақпарат алу үшін өнеркәсіптік кәсіпорындарда қолданылады. Осылайша, модемдердің ауқымы өте кең және әртүрлі.

Құрылымдық схемасы күріште көрсетілген радио модем. 10.4 - радиохабарлағыш, радио қабылдағыш, жиілік синтезаторы және электрмен жабдықтауды қоса алғанда, автоматтандырылған радиостанция. Осы схемаға сәйкес, компьютерден алынған цифрлық ақпарат координаторға кіреді, онда деректер биты модуляция коды сигналдарына айналады. Сонда сигнал жиілікке немесе фазалық модуляторға келеді.

Модулингтік хабарламалар осциллятордағы тасымалдаушыға тасымалдаушы тербелістеріне және микротолқынды күшейткіште күшейтуге қолданылғаннан кейін қалыптасқан радио сигнал антеннамен шығарылады. Желіден алынған микротолқынды сигнал демодулирленеді, сандық сүзгі арқылы кедергіден «тазартылады» және декодер екілік сигналды қалпына келтіргеннен кейін, экранда алынған ақпарат көрсетілетін компьютерге кіреді. Тұрақты сигналдарды генерациялайтын жиіліктегі синтезатор таратқыш, қабылдағыш және радио модульдің барлық сандық бірліктері үшін сағат генераторы ретінде қолданылады.



Сурет. 10.4. Радио модемнің функционалдық диаграммасы

Радиожиліктер үшін 2 ... 5 ГГц аралығындағы микротолқынды диапазондағы жиілік бөліктері анықталған. Радио-модемге ұқсас, қарапайым модем де ұйымдастырылған, онда тек микротолқынды каскадтар жоқ. Ш. Модельдері 14 радио модемдерді қолдану мысалдарын көрсетеді.

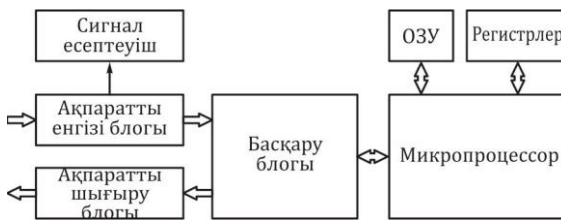
10.3.

Контроллер объектінің жұмысын автоматты түрде басқаруға арналған құрылғы. Арнайы топ өнеркәсіптік жабдықтарды, мысалы, газ турбиналық электр генераторын, су қоймасындағы бөгет қақпасын, роликті фабриканы, электровозды немесе автокөлікті басқару үшін өнеркәсіптік контроллерлерді пайдаланады. Қазіргі уақытта белгілі бір бағдарламаға сәйкес автоматтандырылған тәртіпте контроллермен басқарылатын көптеген объектілер қазіргі әлемде шексіз үлкен.

Салыстырмалы түрде шағын өнеркәсіптік қондырғы контроллерінің көмегімен құрылғыны және жұмыс принципін қарастырыңыз. Мұндай контроллер келесі функцияларды орындауы керек:

- нысанның жұмысын бақылайтын аналогтық, сандық және релелік сенсорлардан алынған деректерді тіркеу және талдау;
- төтенше жағдайларды және авариялық-құтқару жағдайларын және объектінің қалыпты жұмыс режимінен ауытқуын анықтау;
- объектілер тобын басқару және басқару үшін басқару орталығына деректерді беру;
- Автоматты түрде нысанның параметрын реттеу;
- Өндірістік контроллердің жұмысы төмендегілермен анықталады
- негізгі техникалық параметрлері
 - кіріс порттарына қосылған сенсорлардың ең көп саны;
 - кіріс деректерін өңдеу және талдау жылдамдығына және басқару командаларын қалыптастыру жылдамдығына байланысты жылдамдық; желілік интерфейстің бір түрі, яғни перифериялық құрылғымен байланыс

Салыстырмалы аз сенсорлар мен қарапайым жұмыс алгоритмімен контроллер тізбектік логика негізінде орындалуы мүмкін. Мысалы, бұл мүмкін



Сурет. 10.5. Контроллердің функционалды диаграммасы

түнгі уақытта жарықтандыру желісін автоматты түрде қосу үшін контроллер. Фотодиодтың негізінде жасалған сенсор сигнал шығарады, ол контроллерге жарық көздеріне келесі командаларды құруға мүмкіндік береді.

Басқарылатын объектіні басқарудың күрделі алгоритмімен контроллер микропроцессорды қамтуы керек. Осындай бағдарламаланатын индустриалды контроллердің құрылымдық схемасы күріш. 10.5. Осы схемаға сәйкес контроллерге мыналар кіреді: қажетті есептеулерді жүргізетін микропроцессор; ЖЖҚ; кіріс сигналдарының есептегіші; Есептердің нәтижелері шоғырланған тізілімдер; басқару блогын, объектіні басқару үшін командаларды беру, енгізу және шығару құрылғылары.

Контроллерге бағдарламаланған бағдарлама барлық сенсорларды дәйекті түрде тексеріп, кіретін деректерді талдайды және олардың негізінде объектіні басқару және оның оңтайлы өнімділігін қамтамасыз ету үшін командаларды әзірлейді.

Егер объектінің жұмысында төтенше жағдайлар мен апаттық-құтқару жағдайларының сенсорларынан алынған көрсеткіштерге сәйкес анықталса, контроллер басқару бөлмесіне дабыл сигналын жібереді. III. 13-де өнеркәсіптік контроллерлерді қолдану мысалдары көрсетілген.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Микропроцессордың мақсаты қандай?
2. Модемнің мақсаты қандай?

3. Контроллердің мақсаты қандай?
4. Модем мен радио модемнің арасындағы айырмашылық неде?
5. Микропроцессор, модем және контроллерді қолдану мысалдарын келтіріңіз

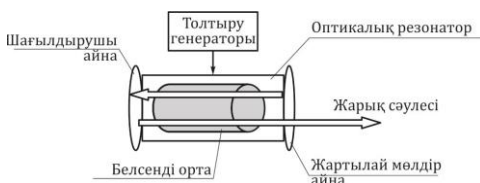
ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

11.1. ЖҰМЫС ІСТЕУ ПРИНЦИПІ ЖӘНЕ ЛАЗЕРЛЕРДІҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ

Оптоэлектроника – электромагниттік сәулелену құбылыстарын жоғары қуаттылықты және оптикалық диапазондағы тар бағыттылықтан когеренталды тербелістен және оптикалық сәулеленудің әр түрлі физикалық өрістермен өзара әрекеттесуіне негізделген электрондық құрылғылардың жұмысын зерттейтін электроника саласы.

Оптикалық диапазонға 0,01 ... 100 мкм толқын ұзындығы бар электромагниттік сәулелену кіреді, ол төрт суббильге бөлінеді:

- 1) ультрафиолет - 0,01 - 0,38 микрон;
- 2) 1) көрінетін - 0,38-0,77 микрон;
- 3) 2) инфрақызыл - 0,77, 10,0 мкм;
- 4) 3) субмиллиметр - 0,40, 100,0 мкм.



10.1 сурет

Оптоэлектрониканың негізі - лазер - оптикалық кванттық генератор (ОКГ). Оны түсіндіретін лазерлік құрылғы жұмыс суретте көрсетілген. 11.1. Лазер үш басты бөліктен тұрады: сорғы генераторы, белсенді орта және оптикалық резонатор. Сорғы генераторы жарықтың, электрлік, жылу немесе химиялық энергияның қуатты көздерімен пайдаланылуы мүмкін; Белсенді, жұмыс ортасы - заттардың агрессивті күйлері: қатты, сұйық, газ тәрізді және плазма. Ең қарапайым жағдайда оптикалық резонатор екі айнадан тұрады: мөлдір, толық жарықтандыратын жарық сәулесі және мөлдір, ішінара шағылыстыратын және осы сәулені ішінара өткізіп жіберу.

Лазердің физикалық жұмысы сыртқы энергия көзінің әсерінен көптеген атомдар мен молекулалардың бір мезгілде электромагниттік толқындардың эмиссиясы мен мезгілде эмиссиясы нәтижесінде пайда болатын ынталандырылған немесе индуцирленген радиацияның феноменіне негізделген, оның рөлі сорғы генераторы. Мұндай сәулелену когерентті деп аталады, яғни уақытқа сәйкес келетін тербелістер жиынтығы.

Біріншіден, өздігінен, яғни, өздігінен эмиссия, лазердің белсенді ортасында пайда болады, ол бірнеше рет айналардан атомдардың пайда болуына себеп болады. Осындай жолмен жарық түсіретін монохромды тар сәуле пайда болады, ол арқылы мөлдір айналар бағытталады, сыртқы ортаға түседі. Лазермен шығарылатын толқын ұзындығы резонатордың оптикалық ұзындығы L , мкм бойымен жиналған жарты толқындардың саны бойынша анықталады:

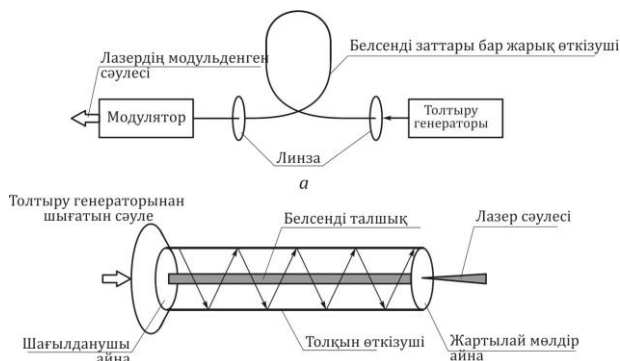
$$X = 2L/n.$$

Осылайша, лазерде сорғы генераторының энергиясы оптикалық диапазонның когерентті, электромагниттік сәулеленуіне айналады. Бұл радиация үздіксіз немесе импульстік болуы мүмкін. Екінші жағдайда, фемтосекундтық импульстар пайда болғанда ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ c}$), олардың күші бірнеше гигаваттқа дейін үлкен мәндерге жетеді.

Мысалы, талшықты-оптикалық фемтосекундтық лазердің құрылғыны қарастырайық, оның функционалдық схемасы және формасы күріш. 11.2. Мұндай лазер $10 \dots 100 \text{ МГц}$ жиілігімен $50 \dots 500 \text{ фт}$ ұзақтығы импульстарды шығарады.

Лазерлер бірнеше өлшемдерге сәйкес жіктеледі:

- толқын ұзындығы диапазонына байланысты: ультракүлгін, инфрақызыл және көрінетін сәулелену;



Сурет. 11.2. Талшықты фемтосекундты лазер: а - функционалдық схема ; б-құрылғы

- жұмыс режимі: үздіксіз және импульстік сәулелену;
- белсенді ортаны жиынтық күйінде: газ, қатты, сұйық, бояғыш, талшық, жартылай өткізгіш;
- сорғы әдісімен: электрлік, жеңіл, химиялық, жылу және басқа қозу әдістерімен.

Лазерлер келесі құрылғыларда көптеген мақсаттарда қолданылады:

- ғарышта оптикалық байланыс жүйесі;
- лазерлік сәуленің оптикалық талшық бойымен таралатын талшықты-оптикалық байланыс желілері
 - Қашықтықты дәл өлшеу үшін құрылғылар;
 - оптикалық ақпаратты өңдеу жүйелері; жарық қондырғылары;
 - нақты қару ретінде.



Сурет. 11.3. Оптикалық таратқыштың құрылымдық диаграммасы

Мысал ретінде, оптикалық диапазондағы радиожилік түрлендіргіште лазердің қолданылуын қарастырайық. Құрылымдық диаграммасы күріш көрсетілген. 11.3, радиоэлектрондық және оптикалық элементтер мен блоктар жиынтығы. Таратқыштың оптикалық бөлігі мыналарды қамтиды: лазер, жеңіл модулятор және оптикалық линзалар, жарық сәулесіне фокустау және бағдарлау

- қажетті бағытта; радиотехникалық бөлімде - микротолқынды күшейткіш; модулятордың кірісін күшейткіштің шығуына қосатын сәйкес құрылғы және жіберілген хабарды кодтау үшін қызмет ететін кодтаушы.
- Оптикалық таратқыштың артықшылығы:
- цифрлық (10 бит / с және одан да жоғары) және аналогтық (он гигахертс) жоғары жылдамдықпен өте үлкен көлемде ақпарат беру мүмкіндігі;
- таратқыштың қуатын едәуір азайтуға мүмкіндік беретін жоғары когеренттілік және өткір радиациялық бағыттылығын;
- жоғары шудың имунитеті, әсіресе оптикалық талшықтарды пайдалану кезінде

11.2. ЖАРЫҚ МОДУЛЯТОРЫ

Жоғарыдағы физикалық әсерлерді егжей-тегжейлі қарастырайық. Сыртқы жарық модуляторының жұмысы бақыланатын оптикалық қасиеттері бар ортаға когерентті сәулеленудің өзара әрекеттесуіне негізделген: жарық толқынының фазалық жылдамдығына әсер ететін сыну көрсеткіші немесе берілетін жарықтың қарқындылығын анықтайтын сіңіру коэффициенті. Раушаның фазасы кристалдануы арқылы мөлшерге ауысты

$$\Delta\varphi_{np} = 2\pi \frac{1}{\lambda} \beta, \quad (11.1)$$

мұнда λ - вакуумдағы жарықтың толқын ұзындығы, мкм; l - кристалды ұзындығы, мкм; s - ортаны сыну индексі.

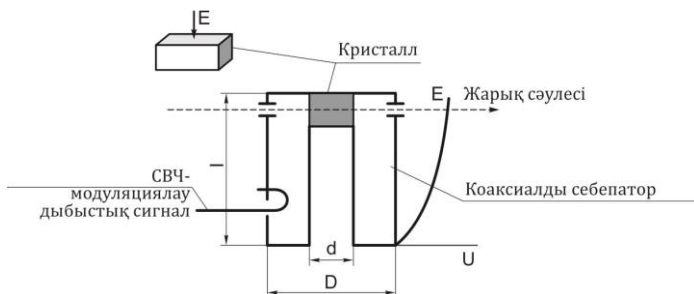
Егер v мәнін бақылау мүмкін болса, жарық толқынының фазалық модуляциясын жүзеге асыра отырып, оны амплитудаға айналдыруға болады. В мәніндегі мұндай өзгеріс электро-оптикалық, магниттік-оптикалық және акусто-оптикалық әсерлер негізінде жүзеге асырылады

(12-тарауды қараңыз).

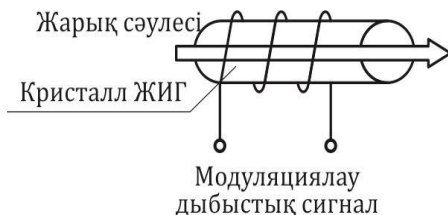
Электро-оптикалық әсер кейбір кристалды түрлердегі сыну көрсеткішінің (мысалы, CMR) сыртқы электр өрісінің күшіне тәуелділігінен тұрады.

$V = kE$ сызықтық тәуелділігі бар кристалдар бар, бұл жеңіл модуляторлар үшін жақсырақ. Осындай кристалды микротолқынды сигналымен қозғалатын коаксиалды резонатордың бос орынына орналастыру арқылы жарық сәулесін модуляциялауға болады. Электро-оптикалық жарық модулятордың нұсқаларының бірі сур. 11.4.

Магнитофотикалық әсер кристалдардың кейбір түрлеріне сыну индексінің тәуелділігінен (мысалы, YIG)



Сурет. 11.4. Электро-оптикалық жарық модуляторы



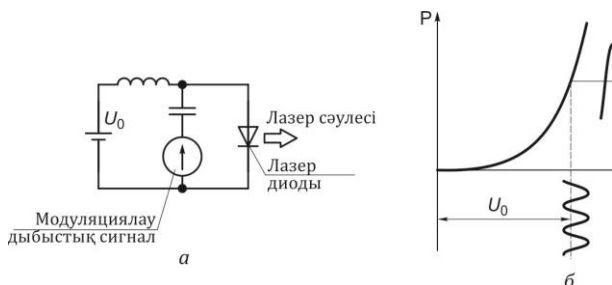
Сурет. 11.5. Сыртқы магнит өрісінің күші H нұрының магнитооптикалық модуляторы (сурет 11.5).

Осындай кристалдан жарық беру арқылы және соленоидпен сыртқы магнит өрісін басқару арқылы сіз магнитофотикалық жарық модуляторын жасай аласыз.

11.3. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ЛАЗЕР

Төмен қуатты лазерлік сәулелену көздері белгілі бір технологиямен жасалған жартылай өткізгіш құрылымдар болуы мүмкін. Бұл өте кішкентай және жоғары сенімділікті қамтамасыз ететін лазерлі диодтың р-п-қосылыстары оптикалық ІС және талшықты-оптикалық құрылғыларда қолдану үшін жарамды.

АМ лазерлік диодтың принципі күріш. 11.6. Лазерлі диодқа тұрақты тұрақты кернеу мен модуляциялы жоғары жиілікті сигнал қолданылады (Сурет 11.6, а). Диодтың лазерлік сәулелену қарқындылығының тәуелділігі $P = \Phi(I)$ диафрагманың тоғымен байланысты. 11.6, б. Сәйкес

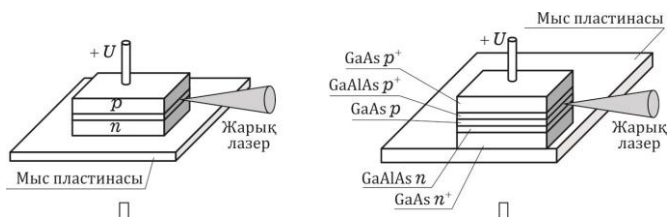


Сурет. 11.6. Лазердің амплитудалық модуляциясы: а - тізбек; б - тән

модуляциялы сигнал заңымен лазер сәулесінің қарқындылығы өзгереді, яғни амплитудалық модуляция жүреді. Суретте көрсетілген схема. 11.6, а, 100 МГц-ге дейінгі модуляциялы сигнал жиілігі үшін жарамды. Микротолқынды-модуляциялы сигналда лазер диод резонаторда орналасады немесе микро желілермен байланысады. Мұндай жартылай өткізгіш лазердің құрылысының нобайы сурет. 11.7.

Галий арсенидінен жасалған алғашқы лазерлік диодтар күріш көрсетілген. 11.8, а. Мұндай диодтарда тығыздықтың жоғарылауы ағып жатқан кезде, рп түйісуінің шекарасында орналасқан бірнеше микрометрлердің қалыңдығының белсенді аймағы лазерлік сәуле көзі болған, ал параллель параллель айна беттер резонатор ретінде әрекет етті.

Кейінірек лазерлік сәуле көзі ретінде қызмет ететін белсенді қабаттың қалыңдығы 1 мкм аспайтын қос гетероструктураға негізделген алдыңғы қатарлы лазерлік диодтар жасалды (11.8-сурет, б). (Гетеро - бұл контакт



Сурет. 11.8. Лазерлік диод:
а - әдеттегі түрі; б - қос
гетероструктура негізінде

химиялық құрамы бар екі түрлі жартылай өткізгіштер арасында, олар бірдей және әр түрлі өткізгіштер түрінде болуы мүмкін.)

11.4. ГАЗ ЛАЗЕРІМЕН

Газды төгу қондырғылары, басқаша айтқанда плазма деп аталатын құрылғылар, газ тәрізді ортаға электр разрядына негізделген. Газды ағызу, шығарылған газдың тығыздалған контейнерде иондалуы және катодты және анод арасында кернеу ағу үшін жеткілікті болғанда орын алады. Құрылғылар доға, жылтырлық, ұшқын және короникалық разрядтарды пайдаланады.

Электр тізбегінің кернеуі Пасхен қисық деп аталатын тәуелділікпен

сипатталады:

$$U_{np} = \Phi(x),$$

мұнда $x = pd$. Мұнда p - қысым, мм Hg. s - электродтар арасындағы қашықтық, мм.

Сутегіне арналған Пачьен қисығы (H_2) күріш. 11.9. Қолданылған кернеудің әсерінен электр зарядталатын газ тәрізді электрондар электр өрісі арқылы жеделдетіледі, үлкен энергияға ие болады және молекулалармен соқтығысқанда, олардан электрондарды жояды, оларды оң зарядталған иондарға айналдырады (ионизация феномені). Электронды жыртылған электрондар өз кезегінде ион-электрондардың жаңа жұптарын жасайды, соның салдарынан бүкіл электр разряды үрдісі ақбөкенге ұқсас.

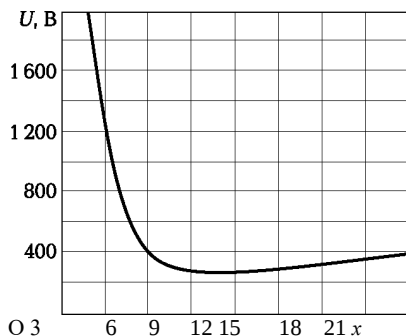
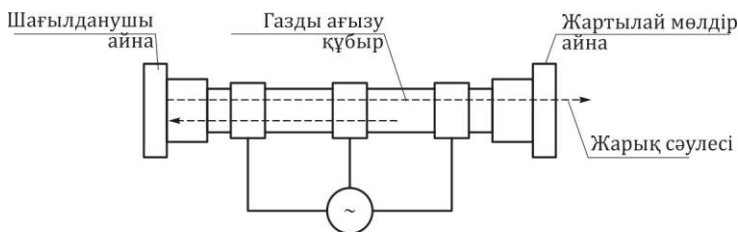


Рис. 11.9. Кривая Пашена для водорода



Сурет. 11.10. Газ лазерінің функционалдық диаграммасы

Нейтралды атомдардан (немесе молекулалардан) және зарядталған бөлшектерден (иондар мен электрондардан) пайда болған ішінара немесе толық иондалған газ плазма деп аталады. Плазманың ең маңызды ерекшелігі оның қалыптасатын оң және теріс зарядталған бөлшектердің көлемді тығыздығы бірдей болып табылады, сондықтан толық электрлік заряд нөлге жақын. Еркін электр зарядтарының болуы плазманың жоғары электрөткізгіштігін құрайды, бұл магнит және электр өрістерімен материяның басқа жиынтық күйлеріне қарағанда айтарлықтай көп өзара әрекеттесуіне және үлкен ағымды 10 кА немесе одан да көпке дейін жеткізу мүмкіндігін тудырады. Сондықтан плазма кейде төртінші (қатты, сұйық және газ тәрізді) заттардың жиынтық күйі деп аталады. Газды ағызу кезінде плазманың пайда болуы газды ағызу қондырғыларының плазмадағы атауына өзгертілді.

Газдық лазер – оптикалық резонаторға орналастырылған белсенді газы бар түтік (сурет 11.10). Қолданылатын газ түріне қарай аргон, криптон, гелий-неон, ксенон, көміртегі диоксиді, азот лазерлері бар. Электр разрядының нәтижесінде индукцияланған жарық сәулесі параллельде орналасқан екі айнадан тұратын оптикалық резонаторда газбен түтікке шығады. Резонаторда резонанстағы толқындардың жартысы бар тұрақты жарық толқыны орнатылған, бұл лазермен қалыптасқан жарық толқыны үшін келесі өрнек жазуға мүмкіндік береді:

$$\lambda = 2L/n,$$

онда λ - толқын ұзындығы, мкм; L - резонатор ұзындығы, мкм; n - бүтін сан.

Резонатордың айналарының бірі (11.10 суретте сол жақта) жарықты толығымен көрсетеді, ал екіншісі (11.10 суретте оң жақта) жартылай мөлдір болып, жарық толқынына ішінара шағылысып, ішінара жіңішке жарық түрінде өтеді радиация. Газ лазеріндегі электр қуатының бұзылуының басталуы үшін қажетті импульстік кернеу ондаған киловольтке жетуі мүмкін. Бұл жағдайда сәулелену импульстік қуаты жүздеген киловаттмен өлшенеді.

11.5. ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІСІ

Оптикалық диапазондағы сигналдарды беру радиотолқындар арқылы немесе микротолқынды диапазондағы радиобайланыс секілді арнайы антенналар арқылы немесе сәуелену көзін ақпаратты қабылдау нүктесіне жалғайтын талшықты-оптикалық кабельдер арқылы жүзеге асырылады.

6-суретте көрсетілген талшықты-оптикалық байланыстың құрылымдық схемасына сәйкес. 11.11 байланыс желісінің таратушы соңындағы жабдыққа мыналар жатады: хабардың көзі (мысалы, факсимильді құрылғы); Сандық сигналды кодтайтын және қысатын кодер; сигналдарды генерациялайтын модулятор; когерентті жарық көзі - жарық диоды немесе лазер, оның модуляцияланған жарық сигналы байланыс желісіне енеді.

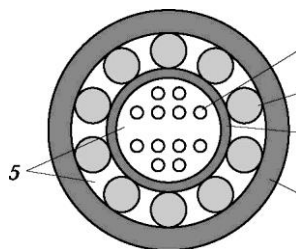
Байланыс желісін қабылдау соңында: фотодизод, қабылданған сигналды сөндіру; қабылданатын хабарламаны декодтаушы; түрлендіргіш, алынған хабарламаны қажетті формаға беру. Конвертер, мысалы, алынған хабарды басып шығаратын принтер. Көп жағдайларда кодек, модулятор-демодулятор (модем) және хабар түрлендіргішінің көзі бір аппаратта біріктіріледі.



Сурет. 11.11. Талшықты-оптикалық байланыспен оптикалық байланыс желісі

Сурет. 11.12. Талшықты-оптикалық кабель бөлімде:

1 - оптикалық талшық; 2 - сымдардың броньдары; 3 - құбырлы ядро; 4 - сыртқы қабығы; 5 - Құрам



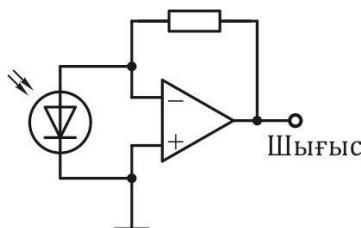
Талшықты-оптикалық кабельдің секциясы күріш. 11.12. Мұндай кабель өте төмен деңгейге ие, ол үлкен қашықтыққа көп ақпарат беру үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Кабель арқылы таралатын жарық толқындарының траекториясы сурет. 11.13.

Кіші ұзындықтағы талшықты-оптикалық байланыс тізбектерінде таратушы жағында лазердің орнына жарықты тарататын жартылай өткізгіш диодтың диод (LED) пайдаланылады, онда сәуле ағым ток өтетін инфрақызыл, көрінетін немесе ультракүлгін аймақта тасымалданады.

Жарық диодты схемасы күріш. 11.14. Талшықты-оптикалық байланыс желісінің байланыс желісінің қабылдау жағында фотодиод қосылып, жарық сигналын электрлік сигналға түрлендіреді. Фотодиод - электронды тесік, жарықтандыру кезінде өтпелі ток тогының бағытымен сәйкес келетін ток пайда болады. Фотодиодқа арналған бір схема күріш көрсетілген. 11.15.



Сурет. 11.13. Кабель арқылы таралатын жарық толқынының траекториясы



Сурет. 11.14. Жарық диодты жарықтандыру схемасы

Талшықты-оптикалық байланыс көмегімен интернеттегі компьютерлер арасында 1000 Мбит / с дейінгі жылдамдықпен ақпарат алмасуға, көптеген телеарналардың берілуіне және көп арналы телефон байланысына ақпарат алмасуға болады. Қазіргі уақытта бүкіл әлемді талшықты-оптикалық байланыс желілерімен кеңейту және судың ағып кетуіне жол бермеу жұмыстары жүргізілуде.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Қандай суббендер жарық эмиссиясы бөлінеді?
2. Жартылай өткізгіш лазердің ерекшеліктері қандай?
3. Электро-оптикалық әсер мен магнитофотикалық әсер арасындағы айырмашылық қандай?
4. Пасхеннің қисық сызығын сипаттайтын не?
5. Хабарламалар ТОВЖ-да қаншалықты жылдам болуы мүмкін?

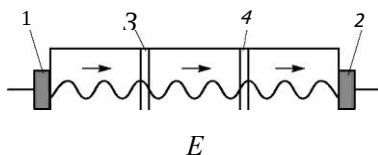
АКУСТОЭЛЕКТРОНИКА

**12.1. ЖЕР ҮСТІ АКУСТИКАЛЫҚ
ТОЛҚЫНДАРЫ**

Металл және жартылай өткізгіш құрылымдарда $10^7 \dots 10^{13}$ Гц жиілігімен ультрадыбыстық толқындардың әсерінен электрлік тербелістер пайда болады. Осы жолмен жүретін электрлік және акустикалық тербелістердің өзара әрекеті акустоэлектрондық әсер деп аталады. Бұл әсері туралы көрнекі ұсыныс сурет . 12.1. Ол электродтың 1-ден электродталған 2-ге дейінгі ультрадыбыстық толқындардың пьезо жартылай өткізгіші арқылы өту кезінде электродтар арасында 3 және 4 электродтар арасында эмф қалай жүретінін көрсетеді.

Қатты, акустикалық толқындардың ұзындығынан аспайтын қатты дененің жіңішке беткі қабатында таралатын қатты, беткі акустикалық толқындарда (ШЖҚ) таралуы мүмкін серпімді толқындардың барлық түрлерінің барынша тәжірибелік қолданылуы бар. Кейбір қозғаумен SAW пьезоэлектрлік кристалдарда таралады.

Жер үсті активті заттардың маңызды қасиеттері қатты жерде ультрадыбыстық толқынның салыстырмалы түрде төмен таралмау жылдамдығы



Сурет. 12.1. Кристалл арқылы ультрадыбыстық толқынның өтуі: 1 ... 4 - электродтар

(1,6 ... 4,0 км / с) және дыбыстық сымның бетінде орналасқан қабықшалар түріндегі планарлы құрылымдармен өзара әрекеттесу мүмкіндігі. Ультрадыбыстық толқынның таралу жылдамдығы электромагниттік толқындарға қарағанда шамамен 105 есе аз болғандықтан, микротолқынды акустоэлектрондық құрылғылардың миниатюризациясы қажет, бұл технология бойынша белгілі бір артықшылықты қамтамасыз етеді.

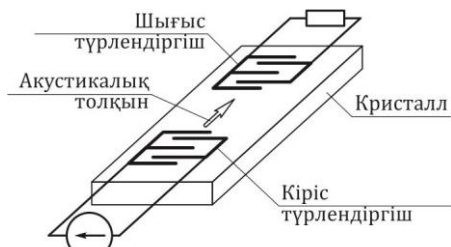
Уақытқа арналған кешігу сызығын құру мысалын келтірейік $t = 1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ с}$. Электр магнитті толқындардың таралу жылдамдығын ескере отырып, микростатикалық сызыққа (MPL) негізделген кешіктірілу сызығының ұзындығы $y = 3 \cdot 10^8 \text{ м / с} = 3 \cdot 10^{14} \text{ мкм / с}$:

$$l = tv = 10^{-15} \text{ с} \cdot 3 \cdot 10^{14} \text{ мкм/с} = 0,3 \text{ мкм}.$$

Мұндай микроскопиялық ұзындығы жоғары дәлдікпен MPL кешіктіріп беру сызығын жасау өте қиын. Беткі акустикалық толқындардың таралу жылдамдығы 105 есе аз болғандықтан, SAW кешігу сызығының ұзындығы 105 есе асады және 30 мм-ге тең болады, бұл оны жоғары дәлдікпен орындауға мүмкіндік береді.

Беттік-белсенді заттар бар құрылғыларда сигналды екі рет түрлендіру жүзеге асырылады. Құрылғының енгізілуінде электр сигналы қатты денеде таралатын акустикалық толқындарға айналдырылады - дыбыс желісі, шығу кезінде - кері дыбыстық сигнал - электр сигналына ауысады. Бұл тікелей және кері әрекет беттік активті заттарды қолданатын барлық акустоэлектрондық құрылғылардың негізгі элементі болып табылатын түрлендіргіш деп аталатын элементтің көмегімен жүзеге асырылады.

Ең қарапайым - жұқа пленкалы метал электродтарының екі қалыңдығы 0,1,5,5 мкм болатын бір-біріне салынған және кристалдардың бетінде орналасқан жұқа табанның түрлендіргіші.



Сурет. 12.2.жер үсті белсенді заттардың түрлендіргіштері

акустикалық толқын үшін акустикалық толқын. Мұндай ЖҮБ конвертері сурет. 12.2.

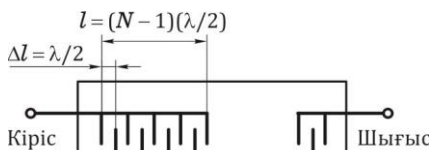
Жер үсті активті заттардың маңызды қасиеті - акустикалық толқынның таралу бағытын өзгерту, оның көрінісі, күшейтуі және әлсіреуі сияқты процестерді басқару мүмкіндігі. Беттік белсенді заттардың көмегімен сигналдардың уақытты, жиілігін, фазалық және амплитудалық түрлендірулерін және фильтрлерді, кодерлерді және декодерді, кешігу сызықтарын, модуляторларды және генераторларды жасау мүмкін.

12.2. ЖИЕКТІ ФИЛЬТР НЕГІЗІНДЕГІ ББЗ

Жер үсті-белсенді фильтрлерде дыбыс беру желісі ретінде пьезокварц, литий ниобаты, галий арсенид және басқа параметрлер тұрақты параметрлері және шағын температура коэффициенті сияқты материалдар пайдаланылады. Мұндай материалдардың пластинканың мұқият жылтыратылған бетінде фотолитография әдісімен өндірілген, контрпиндикалық типті жұқа металды пленкалардың екі электромеханикалық түрлендіргіштері орналасқан. Генераторға қосылған кіріс түрлендіргіші дыбыс жолындағы акустикалық толқынды қоздырады. Шығару түрлендіргіші бұл толқынды жүктеме берілген электр сигналына айналдырады (12.3-сурет).

SAW негізіндегі сүзгілердің негізгі параметрлері: кірістіруді жоғалту, кіріс және шығыс импеданс, жиіліктегі селективтілік, жиіліктердің өткізу қабілеттілігі. Резонантты тізбек болып табылатын интердигитальды түрлендіргіштердің геометриялық өлшемдері мен формасы осы сипаттамаларды және сүзгі параметрлерін анықтайды.

Өте жоғары жиілікті диапазондағы өте төмен шығындармен пьезоэлектрлік кристалдардың қолданылуына байланысты сүзгі



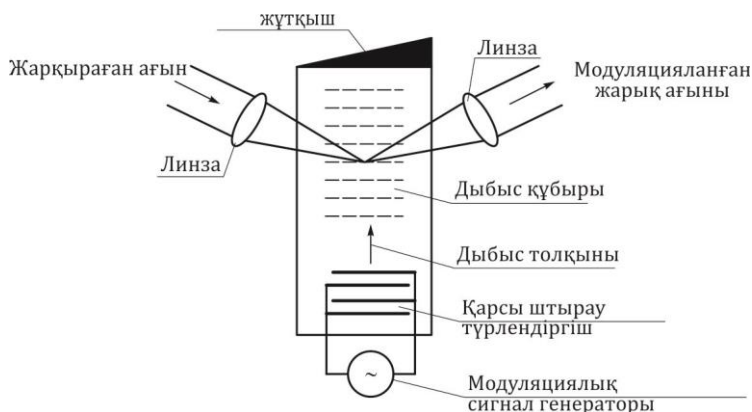
Сурет. 12.3 .ББЗ сүзгісі

ББЗ может иметь потери в 1...2 дБ в полосе пропускания и до 50...60 дБ в полосе заграждения.

Кешенді және жиіліктік модуляцияланған сигналдарды өңдеу және қалыптастыру үшін SAW сүзгілерінің әртүрлі түрлері пайдаланылады. ББЗ сүзгілері бірнеше мегахерттен бірнеше гигахертке дейінгі жиілік диапазонына шығарылады және радиоэлектрондық құралдарда кеңінен қолданылады. ББЗ технологиясын қолданып, кешіктірілу сызықтары мен полофилді сүзгілерден басқа, акустоэлектрондық типтегі түрлі сенсорларды қоса алғанда, басқа құрылғылар дайындалады. Соңғысының жұмысы дыбыстық беру жүйесінің қасиеттеріне механикалық күштердің әсер етуіне және оның температурасына тәуелділігіне негізделеді.

12.3. ИНТЕГРАЛДЫ ТИПТІ ДУЛЯТОРДКУСТО ОПТИКАЛЫҚ МОДУЛЯТОРЫ

Абсорбер Мүмкін интегралдық акустика-оптикалық модуляторлардың бірінің құрылысы күріш. 12.4. Акустофиялық модулятордың материалы ретінде оптикалық шыны қолданылған. Дыбыс жолында беттік-белсенді заттардың қозғалысы бір-біріне салынған планарлы, ашкөз микроэлектрондардың жүйесі арқылы контрпиндистік түрлендіргіш көмегімен жүзеге асырылады. Пьезоэлектрлік әсердің арқасында, ауыспалы трансервердің ең жақын электродтары арасындағы ықтимал ауыспалы айырмашылық ауыспалы серпімді кернеу жасайды, бұл себеп



Сурет. 12.4. Акустофопиялық модулятордың функционалдык схемасы

акустикалық толқындардың оятуы 103 ... 104 м / с жылдамдықта дыбыс тарату желісінің беті бойынша таралады. Акустикалық толқындардың таралуының салыстырмалы төмен жылдамдығы олардың оптикалық сәулеленуімен өзара әрекеттесу уақытын ұлғайтуға және модулятордың шағын өлшемдері үшін жарық ағынын модуляциялауға мүмкіндік береді.

Линзамен дыбыстық желіге бағытталған инфрақызыл диапазондағы жарық ағыны жоғары жиілікті сигналмен модульден шығады. Мұндай модуляторда жарық дифракциясының тиімділігі 20,80% құрайды, акустикалық сигнал қуаты 1,5 Вт 40,250 МГц жиілікте.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Жарық жылдамдығы қаншалықты қатты ультрадыбыстық жылдамдығынан асады?
2. Электр және беткі акустикалық тербелістердің өзара әрекеті қалай?
3. Беттік активті түрлендіргіш қалай құрастырылады?
4. Беттік активті заттар үшін жолақ сүзгісінің артықшылықтары қандай?
5. Акустикалық модулятордың интегралды түрі қандай?

АҚПАРАТТЫ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

13.1. БАСҚАРУ ӨНДІРІСТЕР МЕН ТІПТІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ЖҮЙЕСІ

Жүйенің мақсаты, негізгі функциялары және құрылымы. Заманауи өндірістер үшін жан-жақты ақпараттық қызмет олардың тиімді жұмыс істеуі және кірістіліктің артуы үшін қажет. «Ақпараттық қызмет» тұжырымдамасы келесі функциялардың орындалуын білдіреді: технологиялық процестердің ағынын бақылау, әртүрлі қондырғылар мен қондырғыларды қашықтан басқару, авариялық жағдай туралы жедел хабарлау және өндірістік циклдің барлық бөліктерінде төтенше жағдайларға алдын-алу жағдайлары, қашықтан дыбыс сигналы, алмасу мүмкіндігі өндірістік процеске қатысушылар арасында ақпарат, компьютерлік ақпаратты беру.

Әсіресе, бұл мәселені дисперсиялы саланың салалары үшін оңтайлы шешуге болады, олардың жекелеген учаскелері мен объектілері бір-бірінен айтарлықтай қашықтықта - жүздеген және тіпті мың километр қашықтықта бөлінген кезде және өндірістік процестер үздіксіз технологиялық цикл режимінде жүреді. Мұндай өндірістердің мысалдары мыналар:

- мұнай мен газды айдауға арналған газ және мұнай кеніштері мен құбырлары;
- сумен жабдықтау және кәріз жүйесі;
- Тау-кен компаниялары: көмір, алтын, алмаз және т.б., көптеген шахталар мен карьерлер;

■ Үлкен аумақта орналасқан шағын және шағын гидро- және жел электр станцияларының орталықтандырылған басқаруымен саябақтар;

- кең құрылыс және кен байыту зауыттары;
- тасымалданатын жүктерді олардың өтуінің бүкіл бағыты

бойынша үздіксіз мониторингке мұқтаж көлік кәсіпорындары;

- экологиялық және метеорологиялық бақылау датчиктерінен автоматтандырылған деректерді жинау арқылы экологиялық мониторинг;

- Электр, газ және су датчиктерінен автоматтандырылған деректерді жинау;

- коммуналдық қызметтер және т.б.

Барлық листингтік кәсіпорындарда объектілердің әрқайсысында өндіріс процесі өздігінен де, ішкі циклде де, объектілер арасындағы қарым-қатынастарда да тікелей немесе ақпараттық арналар арқылы жүзеге асырылады. Бұл жүйедегі барлық процестерді бақылайтын барлық объектілер мен орталық басқару бөлмесі арасындағы ақпарат алмасудың оңтайлы және үнемді әдісін таңдау мәселесін көтереді. Дисперсті түрдегі салалардың барлық алуан түрлерімен ақпараттық аспектілерде орын алатын үрдістер келесі функцияларға дейін төмендетілуі мүмкін:

- Аналогтық, сандық және релелік сенсорлардан оқылымды оқып, объектілердің күйін және параметрлерін бақылау;

- әртүрлі қондырғылар мен машиналарды басқару: оларды қосу / өшіру немесе жұмыс тәртібін дискретті өзгерту;

- бақылау әрекетін немесе жұмыстың сыртқы жағдайларын өзгерту кезінде объектінің параметрлерін автоматты түрде түзету;

- қашықтықтан ескерту арқылы қауіпсіздік сигнализациясы;

- объектіге және басқару бөлмесіне қызмет көрсететін персоналдың арасында мәтін немесе дауыстық ақпарат алмасу; компьютерлік ақпарат алмасу; объектінің жай-күйіне бейнебақылау;

- Ғарышта қозғалатын объектінің географиялық координаттары белгілі бір дәлдікпен анықтау

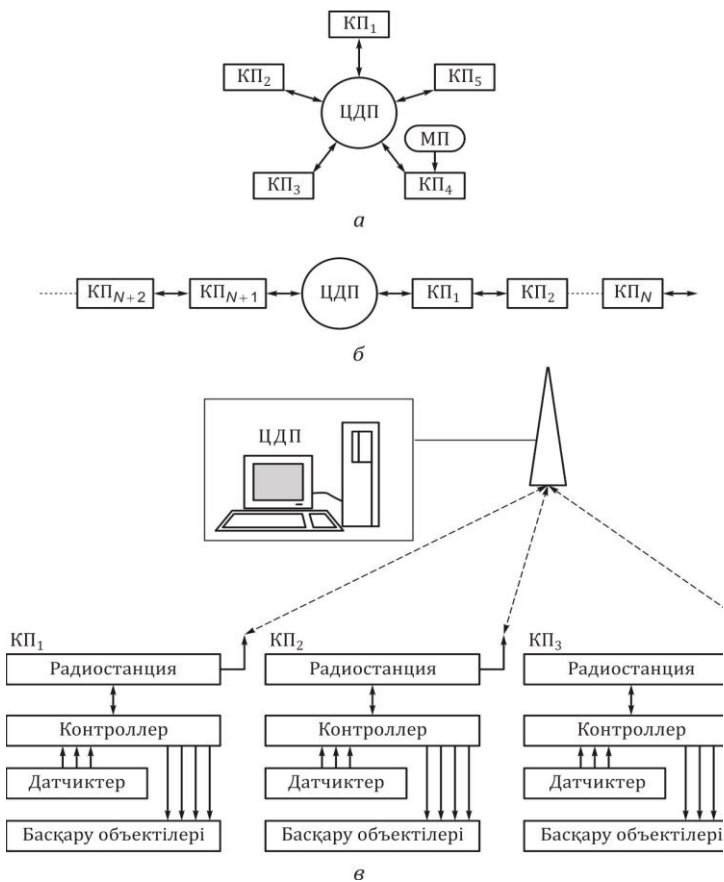
Көп жағдайда аталған функциялардың толық жиынтығын орындаудың қажеті жоқ. Мысалы, экологиялық бақылау жүйесінде сенсорлардың оқилуын оқумен байланысты бірінші функция қажет. Көлік құралдарын ұзақ қашықтықта тасымалдауға арналған басқару жүйесінде жүргізушімен дауыстық немесе факсимильдік байланыс жасау және автокөліктің географиялық координаттарын анықтау екі функцияны орындау қажет. Гидроэлектр станцияларының радио паркін басқару жүйесінде бес функция іске асырылуға тиіс: телекөпір, телесигнализация, телекоммуникация, тележестрация және байланыс. Мысалдар жалғастырылуы мүмкін. Біз әрбір нақты жағдайда қызмет көрсететін ақпараттық жүйені дұрыс таңдауды алдын ала анықтайтын өндірістің толық функционалды функцияларын белгілеу маңызды.

Аталған функциялардың талдауы дисперсті түрдегі заманауи өндірісті қамтамасыз ететін ақпараттық басқару жүйелерін

қанағаттандыратын жалпы талаптарды қалыптастыруға мүмкіндік береді:

- барлық шашыраңқы өндірістердің жұмысын бақылау және оларды басқару бірыңғай орталық диспетчерлік орталықтан (КҚЖ) жүзеге асырылуға тиіс;
- бұл бақыланбайтын технологиядағы сервистік өндірісте үздіксіз, тәулік бойы жұмыс істеуді ұйымдастыруға мүмкіндік беретін автоматты режимде жүзеге асырылуы тиіс;
- жүйенің барлық ағымдағы технологиялық процестері барлық өндірістік нысандардан қажетті ақпарат шығуы тиіс ҚКП құрамдас бөлігі болып табылатын компьютердің «бақылауымен» болуы тиіс;
- Жоғарыда аталған ақпараттық функцияларды орындау (телекоммуникация, теле-сигнализация, телекоммуникация, телеконтинентализация, байланыс және т.б.) бірыңғай мамандандырылған жұмыс бағдарламасы шеңберінде өзара байланысты болуы керек;
- ЦДП және басқару және басқару объектілері арасындағы сенімді байланыс қызметін белгілі бір мөлшерде қажетті ақпаратты беру мүмкіндігімен қамтамасыз ету. Құрастырылған талаптарды ақпараттық басқару жүйесін және оған кіретін құрылғыларды жобалау үшін негіз ретінде пайдалануға болады.
- Дисперсті типтегі салаларда, радиостанциялар орнатылған үш нысанды ажыратуға болады:
- барлық объектілердің барлық ақпараты ағылып жатқан DSC;
- 1 деңгейдегі бақыланатын пункттер (КП): DTP-ке тікелей байланысы бар стационарлық және мобильді өндірістік нысандар;
- 2-деңгейдегі (МР) бақыланатын, шартты «кішігірім» нүктелер (МР): бұл жағдайда СРС-нің біреуі арқылы СРD-мен байланыс орнатқан өндірістік құрылғылар, бұл жағдайда репитердің рөлін атқарады.

ББО және КР арасындағы ақпараттық коммуникациялық схемаға сәйкес, құрылымдардың үш түрі бөлінеді: радиалды, сызықты және радиалды-сызықты (13.1-сурет). Радиалды құрылыммен барлық КП ББО -мен тікелей байланысты (сурет 13.1, а, с); желілік кезде ББО -мен байланыс «тізбектің» көмегімен жүзеге асырылады: бір КП-тан екіншісіне, радиорелейлік байланыс желілеріндегі сияқты (13.1, б); Радаралды-сызықты жағдайда, қосылыстың екі түрі де пайдаланылады (13.1-сурет, с). Барлық үш жағдайда КР-ның әрқайсысында



Сурет. 13.1. Ақпараттық жүйелердің түрлері: а - радиалды; б - сызықтық; с - радиалды

қосымша «кішігірім» МБ басқару объектілерінің белгілі бір саны байланысты болуы мүмкін. ОДП мен КП арасында байланыс әдетте екі жақты, КР және МР арасында бір жақты. Радиалды жүйенің мысалы белгілі бір аймақта экологиялық ақпаратты жинау жүйесі болуы мүмкін; желілік жүйенің үлгісі - теміржол көлігі объектілеріне қызмет көрсету жүйесі.

ОДП радиостанцияны және компьютерді қамтуы тиіс, оның әрқайсысы КР - радиостанция және бақылау датчиктері мен басқару объектілері қосылған контроллер (13.1, с-суретті қараңыз). Көптеген өндірістік процестерді талдау көбінесе КҚ-дан КҚЖ объектілерінің мәртебесін үздіксіз хабарлаудың қажеті жоқ екенін көрсетеді. ОДП бөлігіндегі бұл бақылау барлық технологиялық үдерістің қалыпты бағыты бойынша бірнеше сағаттық бірнеше сағатқа дейін кезеңділікпен дискретті болуы мүмкін. Ал объектілерде төтенше жағдай немесе төтенше жағдайлар орын алған жағдайда ғана, ТЖ-дан ОДП -ге ақпарат дереу жедел жәрдемді басқару орталығының бастамасымен алынуы керек. Бұдан басқа, КП мен КҚД қызметкерлері арасында қызметтік ақпараттармен алмасуды қамтамасыз ету және бір мезгілде ОДП -нен директиваның барлық КҚ-ға немесе басқа жалпыға ортақ ақпаратқа көшіру қажет. Осылайша, көп функциялы жүйеде төрт жұмыс режимі қамтамасыз етілуі керек:

автоматты циклдік, онда ақпарат сұралады және ОДП -ге берілген барлық ырғақтардан берілген ырғақта беріледі;

1) бақылау орталығындағы апаттың сипаты туралы ақпаратты қамтитын сигнал дереу орталық аппаратқа жіберілетін төтенше жағдай;

2) дөңгелек, онда мәтіндік ақпарат (телетайпалық хабар) ОДП -ден бір мезгілде барлық КҚ-ға жіберіледі;

3) ОДП және е КР жүйесіндегі телетайп турнирі аппаратының аппараты. Жүйенің жаңа параметрлері. Қысқа талдау

Өндірістің бөлінген түрін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің жұмысы жүйенің радиотехникалық бөлігінің параметрлеріне қойылатын талаптарды әзірлеуге мүмкіндік береді.

Толқындар формасы. Жүйе жұмыс істеудің 5 режимін (телесигнализация, телеметрия, телекоммуникация, телеметрия, байланыс) қамтамасыз ететіндіктен, сигналдың нысанын алдын ала анықтайды: сандық N-бит кодталған сигнал. Жіберілген әріптерді, сандарды және командалық нұсқауларды кодтаудың ықтимал әдістері, мысалы, ASCII халықаралық стандартының 8-биттік екілік коды.

Таратқыштың қуаты. Радиоқабылдағыштың қуаты радио байланысын есептеу кезінде анықталады және әдетте 50 Вт аспайды.

Жиілік диапазоны. Ұлттық экономикалық жүйе үшін VHF диапазонында келесі жиілік диапазондары бөлінген: 27 ... 58, 74 ... 76,

146.174, 300.344, 440.470 МГц. Жерсеріктік-ғарыштық радиобайланыс жүйелерінің көмегімен жүйені басқару кезінде төмендегілер пайдаланылады: L-диапазоны (1.452.1.5 ГГц және 1.61.1.71 ГГц); S-ауқымы (1.93.2.7 ГГц); C-диапазоны (3.4.5.25 ГГц); X-диапазоны (7,25,7,75 және 7,9,8,4 ГГц) және 10 ГГц-ден жоғары К-жолақтар.

Модуляция әдісі. Жүйе термалды тұрақтандыру болмаған кездегі мән 10-5 ретінде қабылдануы мүмкін тасымалдаушы тербелістерінің жиілігінің салыстырмалы төмен тұрақтылығында жоғары иммунитетті қамтамасыз етуі керек. Бұл жағдайда, радиоқабылдағыштың детекторынан кейінгі тар жиілік арнасына ие болуға мүмкіндік беретін, екі кезеңдік модуляцияны ең қолайлы пайдалану, ол ақпаратты беру жүйесінің шуды иммунитетін арттырады. Осы модуляциямен бірінші кезеңде субкасысы сигналы бастапқы хабардың берілген код комбинациясымен модулирленеді, екінші кезеңде субкасысы сигналы тасымалдағыш сигналын модуляциялайды. Модуляцияның әртүрлі әдістерінің ықтимал комбинацияларының ішінде екі түрді ұсынуға болады:

- екі кезеңде де сандық телеграфтық сигналдарды беру кезінде шақырылатын жиілік модуляциясы орындалады (ЧТ-ЧТ қысқартылған);

- 1) жиіліктегі модуляция бір кезеңде жүзеге асырылады, ал екінші кезеңде фазалық модуляция (СТ-FT ретінде қысқартылады) орындалады.

Радиостанция арқылы СР-ден DTP-ге мерзімді түрде келіп түсетін ақпарат төмендегі байттар саны бар жұмыс ауқымы түрінде беріледі: вызывной сигнал (2 байт);

- номер пункта (1 или 2 байт);
- длина сообщения (до 10 байт и более);
- код телеметрического или текстового сообщения (1 байт);
- число групп дискретных датчиков (1 байт);
- число аналоговых датчиков (1 байт);
- число цифровых датчиков (1 байт);
- показания дискретных датчиков (1 байт на 8 датчиков);
- показания аналоговых датчиков (1 или 2 байт на один датчик);
- показания цифровых датчиков (1 или 2 байт на один датчик);
- контрольная сумма (2 байт).
- элементтің нөмірі (1 немесе 2 байт);
- хабарламаның ұзындығы (10 байтқа дейін немесе одан көп);
- телеметрия немесе мәтіндік хабар коды (1 байт);
- дискретті сенсорлардың топтарының саны (1 байт);
- аналогты сенсорлардың саны (1 байт);
- сандық сенсорлардың саны (1 байт);
- дискретті сенсорлардың көрсеткіштері (8 сенсор үшін 1 байт);

- аналогты сенсорлардың көрсеткіштері (сенсорға 1 немесе 2 байт);
- сандық сенсорлардың көрсеткіштері (сенсорға 1 немесе 2 байт);
- бақылау сомасы (2 байт).

Осылайша, СР - ОДП шеңберінде технологиялық сипаттағы (мәтіндік ақпаратты қоспағанда) берілетін ақпарат көлемі байт болып табылады:

- S, байт хабары;
- 2М, байтты аналогты датчиктерді оқу;
- сандық сенсорлардың оқуы 2К, байт;

Дискретті сенсорлардың индикациясы $N / 8$, байт. $A = S + M + K + N/8$ немесе $A = S + 2 \cdot M + 2 \cdot K + N/8$,

мұнда S = 11 -12 - сервистік байт саны; M - аналогты датчиктердің саны; K - сандық сенсорлардың саны; N - дискретті сенсорлардың саны.

Хабардың бір жақтауының, $s, T = 8A/V$.

Мұнда V - ақпаратты беру жылдамдығы, бит / с; 8 саны бір байтта биттердің санын анықтайды.

Мысал 13.1. Бақыланатын элементте келесі деректер бар: M = 8 (әр байт), K = 5 (әрбір 2 байт), N = 8, тарату жылдамдығы V = 2 000 бит / с. Нәтижесінде біз аламыз

$$A = 11 + 8 + 2 \cdot 5 + 8/8 = 30 \text{ байт, время } T = 8 \cdot 30 / 2000 = 120 \text{ мс.}$$

Датчиктердің санына қарай, олардан алынған көрсеткіштердің байттар көлемі, перифериялық объектілерді басқаруға арналған сигналдарға қойылатын талаптар, КП-да радиостанцияға қосылған контролер үшін бағдарлама дайындалады. Сол сияқты, хабарламаның құрылымы ОДП-КП желісінде және ОДП радиосы жұмыс істейтін компьютердің бағдарламасына қойылатын талаптар анықталған.

13.2. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР ЖЕЛІСІНДЕГІ СЫМСЫЗ ҚАТЫНАУ

Ең көп тараған сымсыз қатынау желілерінің бірі Wi-Fi. Бұл аббревиатура, яғни қысқартылған атау, «сымсыз деректерді берудің жоғары дәлдігі» деп аударылатын «Wireless Fidelity» ағылшын тіліндегі сөйлемнен келеді. Wi-Fi жүйесі екі сегменттен тұрады, олардың бірінде сандық хабарлар талшықта тасымалданады

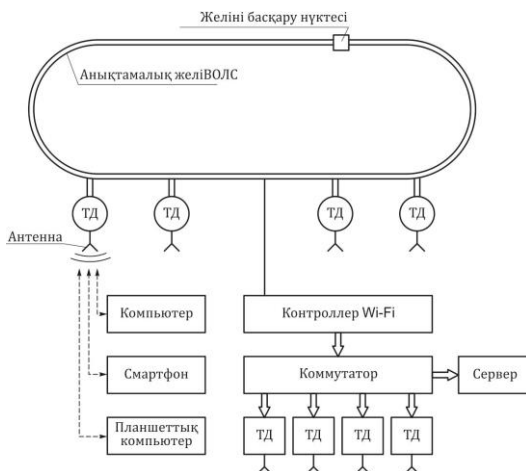
оптикалық кабель, ал екінші жағынан - радиоканал арқылы 1 км немесе бір ғимараттың ішінде қашықтықта. Жүйе көптеген компьютерлер мен мобильді құрылғыларға Интернетке және электрондық поштаға жылдам қатынауы қамтамасыз етеді.

Субъектінде талшықты-оптикалық байланыс бар тізбекті пайдалану принципі қарастырылған. 11.5. Сымсыз қатынау желісінің кеңейтілген блоктық схемасы күріш. 13.2. Оған магистральдық желінің оптикалық кабелінен, әдетте, 1 км-ден артық емес радиолокациялық таратқыштар деп аталатын кіру нүктелері деп аталады.

Сұрақ туындайды: неге бізге бұрынғы сұрақтар қажет? тікелей талшықты-оптикалық кабелі ақпаратты өндіру күрделі және қымбат аралықты талап бұл факт. Ал қатынау нүктелерінің саны абоненттер үлкен санын қосу үшін радио арқылы шектеулі, және тек оларға болуы мүмкін. Өйткені

Желіні басқару нүктесі

абонент пен кіру нүктесінің арасындағы қашықтық аз, ал олардың арасында радио байланысына қарапайым құрылғылар қажет - төмен қуатты радио таратқыш және төмен сезгіштігі бар радио қабылдағыш. Нәтижесінде, осы екі деңгейлі дизайн арқасында қарапайым абоненттік жабдықтармен, компьютермен немесе ұялы телефонмен орнатылған көптеген пайдаланушыларға хабарламалар жіберуге болады.



Сурет. 13.2. Сымсыз қатынау желісінің құрылымы: AP
- кіру нүктесі

Мұндай хабарлау жүйелері сымсыз деп аталады, бірақ шын мәнінде олар сымсыз байланыс болып табылады, онда қалааралық хабарлар талшықты-оптикалық кабель арқылы беріледі, ал соңғы қашықтық сигналды өлшейді, бейнелеп айтқанда, радиоканал арқылы өтеді. Осындай сымсыз жүйелердің бірнеше түрі әзірленіп, жұмыс істейді, олардың ең танымалсы Wi-Fi деп аталады. Осындай жүйенің көмегімен интернеттегі компьютерлер арасында 100 Мбит / с дейін жоғары жылдамдықпен ақпарат алмасу, көптеген телеарналарды беру, көп арналы телефон байланысы жүзеге асырылады. Қазіргі уақытта бүкіл әлемді талшықты-оптикалық байланыс желілерімен қамту және сымды, коаксиалды байланыс желілерін ауыстыру бойынша жұмыстар жүргізілуде.

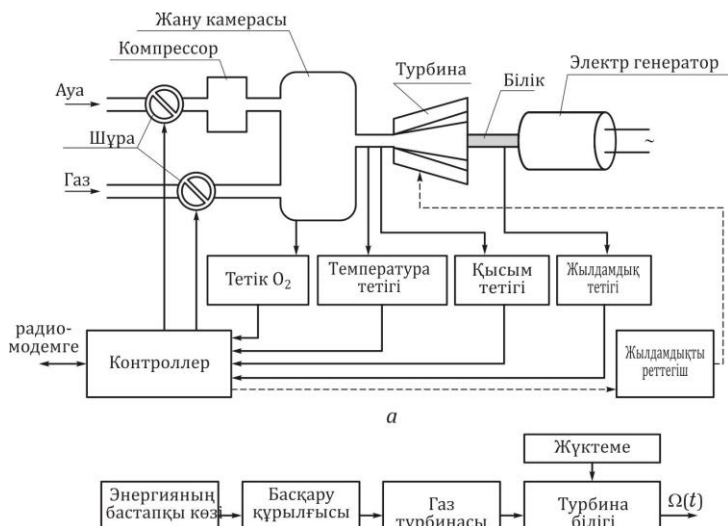
Бекітілген абоненттік терминалдары бар жүйенің жұмысын қарастырыңыз, оның үлкейтілген құрылымдық диаграммасы күріш. 13.2. Бірінші сегменттен бастап кеңжақты ақпарат ғимаратта орналасқан контроллерге кіреді, содан кейін коммутатордың көмегімен ол Wi-Fi маршрутизаторлары деп аталатын радио-модемдер болып табылатын кіру нүктелері арқылы бағытталады. Орталықтандырылған Wi-Fi желісін басқаруды басқаратын басқарушы бағдарламалық жасақтамасы бар LAN сервері қосқышқа қосылады. 2.4 немесе 5 ГГц диапазонындағы радио арнасындағы қол жеткізу нүктелері компьютерде немесе ұялы телефонда бар абоненттермен байланысты

Көптеген Интернет желісіне және электрондық пошта желісіне мұндай сымсыз қол жеткізудің артықшылығы шығындарды үнемдеу болып табылады, өйткені абоненттердің әрқайсысына кабельді бағыттаудың қажеті жоқ және оны белгілі бір аумаққа еркін көшіруге болады. Сонымен қатар радио-модем, контроллер мен коммутатор сияқты электронды цифрлық құрылғылар Wi-Fi сияқты сымсыз желінің негізін құрайды, бұл көптеген кабельді қосуға қосымша ақпаратсыз көптеген ақпараттық қызметтерді ұсынады.

13.3. ЭЛЕКТР ГЕНЕРАТОРДЫ ГАЗТУРБИНАЛАРЫМЕН БАСҚАРУ

Үлкен өндірістік объектіні автоматтандырылған басқару мысалын қарастырайық - құрылымдық диаграммасы күріште көрсетілген газ турбиналық генератор. 13.3, а.

Газ турбинасы қозғалтқыш болып табылады, ол механикалық энергияға айналатын роторлы жүздерден ағып жатқан газ ағынының энергиясын түрлендіреді. Компрессордың көмегімен қозғалтқышқа түсетін ауа алдын ала қысылады, бұл оның өткір жылытуына әкеледі. Осылайша жылытылатын ауа арнайы камерада жанып тұрған газ тәрізді отынмен араласады. Жану нәтижесінде қыздырылған газдар турбина турбинасының дөңгелегіне кіреді, онда кеңейіп, жылдам жұмыс істейді



а

Сурет. 13.3. Газ генераторларын генераторларын басқару:

а - функционалдық; және - құрылымдық

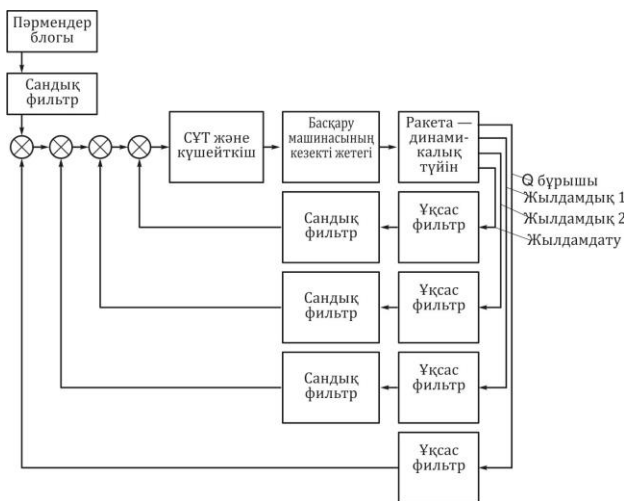
ротордың айналуы. Сол білікке айналмалы қозғалыстың энергиясын электр энергиясына айналдыратын электр генераторының компрессор дөңгелегі мен роторы орналастырылған. Объектіні автоматты түрде басқару пайдаланылған газдардың температурасын және қысымын бақылайтын контроллер арқылы жүзеге асырылады және ауа мен газ жеткізілетін құбырларға қосылатын екі клапанның көмегімен қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттейді. Газ турбиналық генератордың қашықтан басқару пультіне радиоқабылдағыштан контроллерге қажетті командалар келеді.

Газ турбиналық генераторды автоматтандырылған басқарудың кеңейтілген құрылымдық схемасы күріш. 13.3, в. Радио жүйесі арқылы белгілі бір ауданға таратылған осындай электр генераторларының тобын қашықтан басқару Sub-тармағында белгіленген қағидаттарға сәйкес жүзеге асырылуы мүмкін. 13.1.

13.4. ЗЫМЫРАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

Зымырандық басқарудың үш түрі бар: автономды, радио басқару және гоминг. Автономды бақылау кезінде ұшудың бастапқы нүктесінен ұшу нүктесіне дейінгі ұшу жолы орнатылады. Бұл жағдайда басқарудың мақсаты зымыранның орталық компьютерін еске түсіру бағдарламасына сәйкес жүзеге асырылатын, қозғалтқыштар мен рульдік басқару құралдарына қозғалысты басқару және бұйрық беру туралы деректерден зымыран қозғалысының нақты траекториясының ауытқуын барынша азайтуға азаяды. Радио бақылауда зымыран радиохабар арқылы жер бетіндегі есептелген траектория бойынша жылжитын ракетаға арнап жіберілген ракетаға арналған командаларды құрайтын жердегі командалық-өлшеу кешенін үнемі радио байқауында. Ракетаны өз бетімен орындай отырып, мақсатқа байланысты қажетті басқару пәрмендерін қалыптастырады және іске асырады.

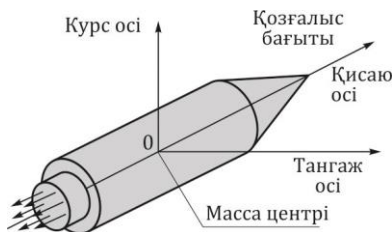
Зымырандық бақылаудың барлық түрлерінің техникалық іске асырылуы жоғары сенімді электронды құрылғыларды пайдалануға негізделген. Ракета бақылауында олардың рөлін түсіну үшін келесі мысалды қарастырайық: ракетаның ұшу траекториясының бұрыштық бұрышын тұрақтандыру үшін автоматты басқару жүйесінің құрылымдық схемасы. 13.4. Бұрыш бұрышы - қатты бұрыш, өлшенеді



Сурет. 13.4. Зымырандық басқарудың құрылымдық диаграммасы

зымыранның зымыранның басқа екі осі секілді көрінетін осьтің айналасында айналуына қатысты. 13.5.

Схеманың келесі параметрлері үшін төрт кері байланыс арнасы бар: бұрыштық бұрыш, екі ось бойымен бұрыштық жылдамдық және бүйірлік жеделдеу. Алғашқы үш арналар тек зымыранның ұшу жолын тұрақтандыру мақсатында ғана пайдаланылады, төртінші бөлігі тек қана үлкен көлемді азайту үшін



Сурет. 13.5. Ракетаның ұшуын сипаттайтын үш ос ракетаның дизайны бойынша үш жүктеме .

Бұрыштық жылдамдық пен көлденең жеделдету сигналдарын жіберетін арналардың басында күшті жоғары жиілікті сыртқы кедергілерді жою үшін аналогтық сүзгілер бар. Барлық төрт арнада аналогтық сигнал дискретті пішінге айналады, содан кейін реттелетін цифрлық сүзгілер орнатылады.

Бұл сүзгілердің параметрлері - өткізу қабілеттілігі мен азаю коэффициенті - траекторияның барлық бөлімдерінде автоматты басқару жүйелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін зымыранның ұшу кезінде түзетіледі. Осылайша, тұтастай алғанда, тұрақтандыру жүйесінің параметрлері (13.4 суретті қараңыз) зымыранның сипаттамаларының қатаң дене ретінде өзгеруімен байланысты және ракетаның жылдамдықпен жүретін серпімді тербелістері себебінен өзгертін жұмыс жағдайына бейімделеді. Жалпы алғанда, ракета сатысының басқару жүйесі компьютерлік пәрменмен реттелетін 90 сандық сүзгіні қамтиды. Тек осы бір ғана көрсеткіш ұшу кезінде зымырандарды басқару мәселесінің күрделілігін және ол негізделген электрондық құрылғылардың маңыздылығын көрсетеді. контрольные вопросы

1. Өндірістік ақпараттық жүйелерде қолданылатын датчиктердің түрлерін келтіріңіз.
2. Бір жолда бір хабарды беру кадрын қанша байт қамтуы мүмкін?
3. Өндірістік нысандардың автоматтандырылған басқару жүйелерінде контроллер қандай функцияларды орындайды?
4. Wi-Fi сияқты сымсыз желі дегеніміз не?
5. Хабар сымсыз қатынау желісіне қаншалықты алыс болуы мүмкін?

ҒАРЫШ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР МОНИТОРИНГ

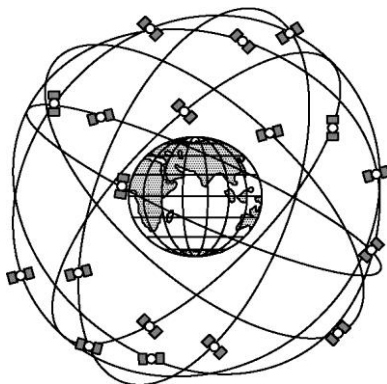
14.1. АВТОКӨЛІК ЖҮЙЕСІНІҢ СПУТНИКТІК МОНИТОРИНГІСІ

Қалада қоғамдық көліктік бақылау жүйесінің жұмысын түсіну үшін алдымен спутниктік радионавигациялық жүйенің жұмыс істеу принципін қарастырайық. Бұл жүйеде жалпы қолданыстағы жүйеге біріктірілген және бір орталықтан бақыланатын спутниктерге орналастырылған радиотолқындар пайдаланылады. Қазіргі уақытта дүние жүзінде спутниктік радионавигацияның екі жаһандық жүйесі - американдық GPS (Global Positioning System) және ресейлік GLONASS (Global Navigation Satellite System) жүйесі жұмыс істейді. Еуропалық Одақ таяу болашақта жұмыс істей бастауы тиіс Ғалилея деп аталатын осындай белгілеудің үшінші жүйесін дамытуды аяқтайды.

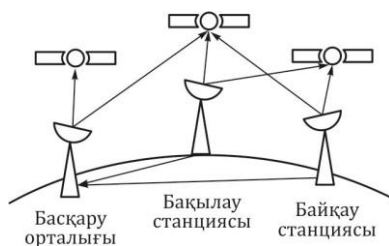
Спутниктік радионавигация жүйесі қатаң белгіленген орбиталарда ұшатын жер серігі тобын қамтиды және Жерге жіберілген радио сигналдарын үздіксіз кодтайды (14.1-сурет). Олардың көмегімен арнайы қабылдағышпен жабдықталған, жердегі, теңіздегі немесе әлемнің кез-келген жерінде орналасқан объекті оның координаттары мен қозғалыс жылдамдығын анықтай алады.

Спутниктік радионавигация жүйесі үш сегменттен тұрады: ғарыштық сегмент - спутниктердің топтамасы, жерге басқару кешені және пайдаланушылар. Мысал ретінде GPS жүйесін пайдалана отырып, осы сегменттердің құрамы мен олардың өзара әрекетін егжей-тегжейлі қарастырайық.

Ғарыш сегменті бір-бірінен 60° аралығындағы алты орбиталық жазықтықта біркелкі бөлінген 24 спутникті қамтиды. Сателлиттер өз орбиталарында қозғалады, осылайша сервис орындарын үнемі өзгереді. Орбиталь құрылымының тандалған конфигурациясы қамтамасыз етіледі



Сурет. 14.1. Спутниктік навигациялық жүйе



Сурет. 14.2. Радионавигация жүйесінің жерүсті кешені

кез-келген уақытта жердегі бақылаушының төрт жерсерігімен байланыс. Әрбір спутниктің айналмалы орбитасының биіктігі шамамен 20 мың км.

Жерасты кешені мыналарды қамтиды: негізгі бақылау орталығы және бүкіл әлем бойынша таратылатын мониторинг, бақылау және бақылау станциялары желісі (14.2-сурет). Жер телімінің көмегімен телеметриялық ақпарат жиналады, өңделеді және барлық спутниктерден сақталады; спутниктердің бақылау орбиталары және олардың өзгерістерін болжау; спутниктерге жіберілетін басқару пәрмендерін және навигациялық деректерді қалыптастыру; Борттық уақыт ауқымдарын синхрондау; тұтастай жүйенің және оның барлық бөліктерінің жұмысқа қабілеттілігін бақылау. Барлық жердегі станциялардың барлық ақпараты жүйенің басқару орталығына түседі.

Басқару станциялары спутниктерден навигациялық ақпаратты алады және оны басқару орталығына талдау үшін жібереді. Бақылау станциялары болжау және ықтимал түзету мақсатында спутниктер орбиталарын бақылайды. Қажетті командалар басқару станцияларынан спутникті таратады.

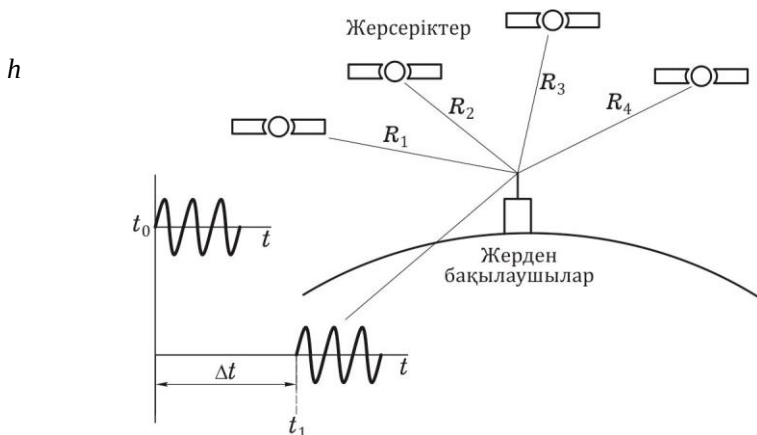
Спутник келесі негізгі жабдықтарды қамтиды: навигация, бақылау, бағдарлау және тұрақтандыру, орбиталарды түзету, жылу реттеу және электрмен жабдықтау. Навигациялық жабдыққа радиоқабылдағыш және навигациялық ақпараты, борттық компьютері және басқа да құрылғылары бар кодталған сигналдардың радио таратқышы кіреді.

Содан кейін жер үсті комплексінен спутникті енгізген қабылданған және өңделген навигациялық ақпарат Жер бетіне шығарылады. Сателлиттер екі типтегі навигациялық сигналдарды үздіксіз шығарады: стандартты және жоғары дәлдік L-диапазонында (1,200 және 1,600 МГц) жоғары тұрақты жиіліктер көздерін пайдалану арқылы. Стандартты сигнал жүйенің барлық пайдаланушыларына қол жетімді, жоғары дәлдікте - әскери және арнайы қызметтерге ғана беріледі.

Кеңістіктік координаттарын, жылдамдығын және нақты уақытын анықтау үшін жеке пайдаланушы қабылдағышы төрт жерсеріктен навигациялық сигналдарды қабылдауы және өңдеуі керек (14.3-суретті қараңыз). Алынған сигналдар спутниктің орбитасының параметрлері туралы ақпарат және оның орналасу орны, сондай-ақ доплер жиілігінің ауысуы туралы деректер және нақты уақыт.

Анықтау жүйенің қашықтық өлшеу әдісі үйлестіру және төмендегідей болып табылады жалпы принципке сәйкес келеді. Жүйелі уақыт сигналын айналымын арқылы синхрондалған барлық нысандарды пайдалану. Нәтижесінде, спутниктік сигнал сәуле t_0 уақыт біле отырып, дәл жерүсті пайдаланушы T_1 оның келу $v_{\text{ге-ту}}$ өлшеуге болады, $t_1 = At$ айырмашылықты есептеу - t_0 жылжиды және Маяк (спутник) және бақылаушы $R =$ мысық, C арасындағы қашықтық - жарық жылдамдығы. Осылайша, кезінде ауқымы $R = 20,000$ км уақытта $= R / c = (20\,106 \cdot) [м] / (3\,108 \cdot) [м / с] = 66,66 [мс]$.

Осындай өлшеулерді төрт спутниктің көмегімен байқаушының әрекет ету ауқымында және төрт жарысты анықтады



ет. 14.3. Абоненттің координаттарын анықтау

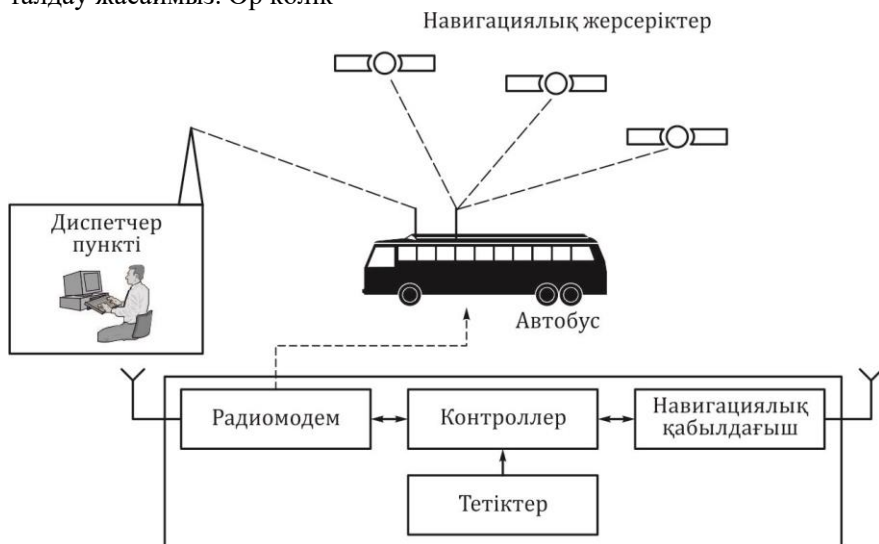
Сурет. 14.6. ИВА спутниктік бақылау жүйесі

Тұрақты R_t , R_2 , R_3 және R_4 , қашықтықты өлшеу әдісіне сәйкес бақылаушы координаттарын анықтауға болады. Барлық өңдеу Алынған сигналдың операторлары және қажетті есептеулер қабылдағышқа салынған ықшам компьютер арқылы жүзеге асырылады. Объектінің координаттарын компьютерлік есептеу кезінде алынған сигналдың Doppler жиілігінің ауысуы, радио толқынының таралу жылдамдығына атмосфераның әсері және басқа факторлар ескеріледі. Ғарышты анықтаудың дәлдігі стандартты режимде бірнеше ондаған метрден аспайды және бірнеше метрмен дәл келеді. Қашықтықты өлшеу қателігі уақытты өлшеу дәлдігіне байланысты. Мысалы, $\Delta t = 0.1$ микросекундта, қашықтықтың өлшеу қателігі

$$\Delta L = \Delta t \cdot c = (0,1 \cdot 10^{-6}) [c] (3 \cdot 10^8) [м/с] = 30 [м].$$

GPS және ГЛОНАСС жүйесін пайдаланушылар барлық стратегиялық және тактикалық қарулардың әскери құрылымдары болып табылады; жер, теңіз, өзен және әуе көлігі; өз қызметі бойынша Жердегі және жеке азаматтардағы координаттарын дұрыс білуді талап ететін кәсіпорындар.

Спутниктік навигациялық жүйенің жұмысымен танысып, қаланың айналасында жүретін қоғамдық көліктердің мониторинг жүйесіне талдау жасаймыз. Әр көлік



Сурет. 14.4. Спутниктік бақылау жүйесі

құралдар - автокөлік немесе автотасымалдаушы жүйе, электронды жабдықтардың жиынтығымен жабдықталған, соның ішінде: радио навигациялық қабылдағыш, контроллер және радио модем (14.4-сурет). Қабылдағыштың көмегімен көлік құралының координаттары автоматты түрде белгілі аралықта анықталады (мысалы, әр 5 минут сайын). Бұл ақпарат, сондай-ақ көлік құралының саны мен жылдамдығы контроллерге енеді, өңделеді және кодталады, содан кейін радио модем арқылы таратылады. Барлық көлік құралдарының радио сигналдары жоғары антенна орталық басқару бөлмесі арқылы қабылданып, өңделген және үлкен дисплей экранында көрсетіледі (14.4-суретті қараңыз). Осылайша, диспетчер барлық көлік құралдарының он-лайн қозғалысын бақылай алады. Авария немесе басқа да қалыпты жағдайлар болған жағдайда, көлік құралының жүргізушісі радио-модем арқылы дереу диспетчермен байланысуға мүмкіндік алады.

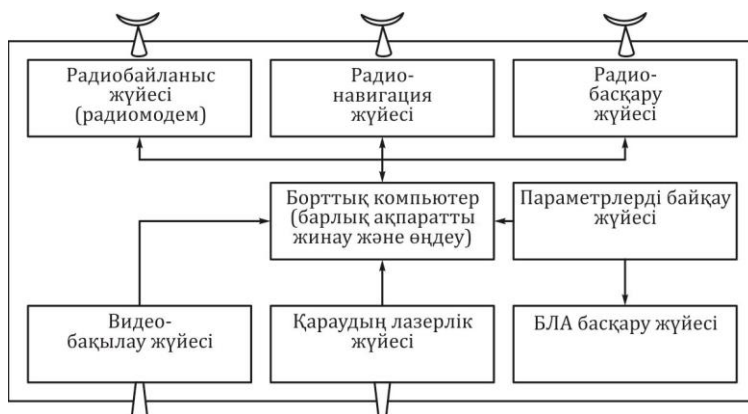
14.2. ПИЛОТСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫНДАҒЫ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖҮЙЕ

Әскери және азаматтық міндеттерді шешуге барған сайын кеңінен қолдану - радионавигациялық ұшу аппараттарымен, ұшу аппараттары немесе ұшақтардың ұшқыштары ретінде қысқартылған, қашықтан басқарылатын адамдар. Ұшқыш және басқа қызметкерлер әуе кемесінің бортында емес, оны жер үсті бақылау станциясының маманымен радиоканал арқылы бақылайды, онда ұшу кезінде жиналған барлық ақпарат келіп түседі (14.5-сурет).

Ақпаратты жинау, байланыс және қашықтан басқару екі спутниктік-ғарыштық жүйелермен өзара әрекеттесу арқылы жүзеге асырылады: GPS-ГЛОНАСС навигациясы (14.1 бөлімін қараңыз) және қашықтықтан ғарыштық радиобайланыс жүйесі. ІЖА шешуші негізгі міндеттері:

- белгілі бір объектілерді анықтау үшін жерді көрнекі іздестіру;
- картографиялық мақсаттар үшін аэрофотосъемка;
- белгілі бір аумақтағы экологиялық жағдайды бақылау;
- мұнай және газ құбырларын салу, орман трактаттары мен мұздықтардың жай-күйін бақылау және жетуге қиын аудандардағы басқа да ұқсас іс-шаралар.

Әскери мақсаттағы УАЖ-ға қауіп-қатер тудыратын объектілерді іздеу және объектілердің жойылуы қосылады.



ІАЖ бортында электрондық жүйелердің мүмкін болатын үлкейтілген құрылымдық схемасы сурет .

14.6. Олардың мақсаты мен жұмыс принципін қарастырыңыз.

Радионавигация жүйесі. Ұшақ бортында антенна және GPS қабылдағышы спутниктен радио сигнал алады

GPS-GLONASS навигациялық жүйесінің (14.1 бөлімін қараңыз). Осылайша, нақты уақыт режимінде ЖКО координаттарын қадағалауға болады.

Бейнебақылау жүйесі. Ұшақ бортында әуе кемелерінің үстінен ұшып келе жатқан аймақтың бейне бақылауына, сондай-ақ әрі қарай картаға түсіру үшін жер телімдерін іздестіруге мүмкіндік беретін сандық сигналды өңдеу мүмкіндігі бар жоғары ажыратымдылықтағы бейне камера орнатылған.

Параметрді қадағалау жүйесі. БЖ-да орнатылған электронды датчиктердің көмегімен қозғалтқыштың және рульдік басқарудың жұмысын қадағалау үшін ұшақтың биіктігі мен жылдамдығын объектінің жұмыс істеуі туралы барлық мәліметтер алуға болады.

Радиобайланыс жүйесі. Жоғарыда аталған үш жүйенің ақпараты өңделетін контроллерге енеді, егер мүмкін болса, шығарылған сигналдың жолағын азайту үшін қысқарады және кодталады. Содан кейін кодталған сигнал антенна геостационарлық орбитада орналасқан және қашықтағы ғарыштық радиобайланыс жүйесінің бір бөлігі болып табылатын спутникті бағытталған радио модемге кіреді.

Бұл жүйе туралы қысқаша ақпарат береміз. Ғарыштық радиобайланыс жүйелерінің негізгі жіктеу сипаттамаларының бірі - жүйеге кіретін спутниктердің радио сигналын қайталағыштарымен және олардың антенналарымен жүретін орбитаның түрі. Геостационарлық және геостационарлық емес жердегі орбиталардың екі негізгі түрі бар. Геостационарлық орбитада экватордың жазықтықта орналасқан шамамен 36 000 км биіктікте орналасқан және өз осінің айналасындағы Жер айналу жылдамдығымен қозғалатын жер серігі жер бетіндегі белгілі бір нүктеден асып түседі. Мұндай жер серігінің антеннасы жердегі бақылаушыға қатысты стационар күннің барлық 24 сағатында үздіксіз «жерді» бір және сол аймақты «жарықтандырады». Сондықтан, антеннаның «спот» аймағында орналасқан жүйенің пайдаланушысы бір аймақта орналасқан басқа абонентпен үздіксіз, жиырма төрт сағаттық радио байланысына ие болуы мүмкін. Геостационарлық орбитада бір-бірімен байланыс желілері бар үш спутникті орналастырғаннан кейін солтүстік және оңтүстік поляр шеңберлерінің артында орналасқан аумақтарды қоспағанда, бүкіл жерді радиобайланыспен қамтуға болады.

Мұндай геостационарлық спутниктің көмегімен алынған ақпарат жердегі бақылау бекетінде алынып отырады, ол мыңнан астам шақырымдық ұшақпен, тіпті басқа континентте де болуы мүмкін. Алынған сигнал демодулирленеді, декодталған, қайта өңделеді және бейнеленетін үлкен бейнебет экранында көрсетіледі, ол БЖА-ның ұшу жолын және алынған бейне ақпаратын және бақыланатын аумақтың мониторингінен басқа ақпаратты көрсетеді.

Радио бақылау жүйесі. Алынған және өңделген ақпараттарды талдау негізінде ұшу лидері келесі әрекеттерді шешеді: объектінің бағыты мен биіктігі, басқа аумақты тексеру және бейнебақылау шарты. Бастың нұсқауын орындайтын инженердің жұмыс орны пилоттың кабинасы ретінде жабдықталған. Тек инженер ұшақтың кокпитінде ғана емес, сонымен қатар жердегі бұрылыс тренажерінің кабинасында және оның барлық әрекеттерін арнайы электронды жүйемен бақылап, кодталған басқару пәрмендеріне ауыстырады. Бұдан басқа, стационарлық спутниктің көмегімен алыс ғарыштық радиобайланыс арнасындағы бақылау сигналдары әуе кемесінен алынып, демодуландырылған, декодталған және басқару блогына жіберіліп, әуе кемесінің биіктігін, жылдамдығын және бағытын өзгертетін атқарушы механизмдер үшін командаларды қалыптастырады.

Әскери мақсаттағы ИАЖ тек жедел-ізвестіру іс-шараларын жүргізу үшін ғана емес, сонымен қатар ұрыс қимылдарына қатысуға арналған болса, қару-жарақ, әдетте, оның тақтасында лазерлік бағыттау жүйесімен жоғары дәлдікті мақсатты зымырандармен орналастырылады. Ұшудың басы ұшуды бастау туралы шешімнің мақсатын және таңдауын қабылдайды. Оның бұйрығымен басқарушы арна арқылы тиісті команда жіберіледі, бұл бір немесе бірнеше зымырандар тобын іске қосуға алып келеді.

Ұшақ аппаратын қашықтан басқару пульті сияқты осындай күрделі кешенді құру және пайдалану өте сенімді электрондық құрылғылар мен жүйелердің көмегімен ғана мүмкін болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Спутниктік бақылау жүйесін тағайындау туралы бізге айтып беріңіз.
3. Спутниктік радионавигация жүйесінде қандай құрылғылар енгізілген?
3. Спутниктік радионавигациялық жүйеде объектінің орналасқан жерінің координаттарын қалай анықтау керек?
4. ОАА-да қандай электрондық жүйелер қолданылады?
5. Берілген ақпаратты кодтау әдісі қалай және қалай жүзеге асырылады?

1. *Бронштейн, И.Н.* Математика анықтамалығы / И.Н.Бренштейн, К.А. Семендияев. - М.: Ғылым, 1981 ж.
2. *Горошков Б.Э.* Электроника / Б.Горошков, А.Борошков. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2012ж.
3. Каганов В.И. Радио хабарларын тарату құрылғылары / В.И. Каганов. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2002 ж.
4. . Каганов, VI радиотехникалық схемалар және сигналдар / В. Каганов. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2003 ж.
5. Каганов, VI радиотехника / В.И. Каганов. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2006 ж
6. . Каганов В.И. Радиотехникалық схемалар және сигналдар. Зертханалық-компьютерлік тәжірибелік жұмыс / В.И. Каганов. - М.: Ыстық желі - Телеком, 2003.
7. Каганов В.И. Радиотехника + компьютер + Mathcad / VI Каганов. - М.: Ыстық желі - Телеком, 2001.
8. Калашников В.И. электроника және микропроцессорлық техника / В.И. Калашников. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2012ж.
9. . Карлачук В. I. IBM PC / В. Карлашчук бойынша электрондық зертхана. - М.: Солон Р, 2000.
10. . Кузин А.В. Микропроцессорлық техника / А.В. Кузина. - М.:Изд. «Академия» орталығы, 2012ж.
11. Новожилов О.П. Электротехника және электроника / О.П. Новожилов. - М.: Юрайт, 2013 ж.
12. Новожилов, О. Цифрлық технология негіздері / ОП Новожилов. - М.: RadioSoft, 2004.
13. Угравов Е.П. сандық схемасы / Е.П. Угрюмов. - Санкт-Петербург.: BHV-Peterburg, 2010
14. .Щука А. А. Электроника / А.А.Щука. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
15. Электроника. Анықтама / ed. А.Быстрова. - Санкт-Петербург.: Энергоатомиздат, 1996.
16. Якубовский С.В. Сандық және аналогтық интегралды схемалар. Анықтамалық / С.В.Якубовский. - М.: Радио және байланыс, 1990 жыл.
- 17.

Алғы сөз.....	4
Кіріспе	6
1-тарау. Ғылымның мәні «электроника».....	9
1.1. Электрониканың тарихы туралы қысқаша эссе.....	9
1.2. Электрондық құрылғылар мен құрылғылардың классификациясы	14
1.3. Қазіргі заманғы технологияның ажырамас бөлігі ретіндегі электроника	17
1.4. Электр және магнит өрісі.....	18
1.5. Электрондық құрылғыларды пайдаланудың жалпы принципі- -----	29
2-тарау. Хабарлама және сигнал	32
2.1. Сандық хабарлар параметрлері.....	32
2.2. Аналогтық сигналды сандық сигнал түрлендіру.....	37
2.3. Мерзімді сигналдардың спектралды талдау	40
2.4. Электронды сигналдарды пайдаланатын сигналдарды түрлендіру аспаптар.....	45
3-тарау. Электрқұрылғылардың құрылғылары	50
3.1. Электрондық шам.....	50
3.2. Ультрахалы жиілікті электровакуумдық құрылғылар	52
4-тарау. Жартылай өткізгіш электрондық құрылғылар.....	58
4.1. Электронды тесік торабы.....	58
4.2. Жартылай өткізгіш диодтар.....	61
4.3. Биполярлық транзисторлар	64
4.4. Өріс эффектісінің транзисторлары	71
5-тарау. Микроэлектроника.....	77
5.1. Біріктірілген тізбектер	77
5.2. Интегралдық сұлбаларды дайындау технологиясы	79

6-тарау. Аналогтық сызықты электрондық құрылғылар.....	82
6.1. Аналогтық құрылғылардың жіктелуі	82
6.2. Талдаудың екі түрі және сипаттамалардың екі түрі желілік құрылғылар.....	85
6.2. Әртүрлі сілтемелер және сигналды интеграциялау.....	90
6.2. Операциялық күшейткіштер.....	103
6.3. Көп сатылы сызықты электронды талдау құрылғылар	111
7-тарау. Аналогты сызықты емес электрондық құрылғылар.....	113
Сызықсыз құрылғылардың сипаттамасы.....	113
Графикалық талдау әдісі.....	115
Гармоникалық линеаризация әдісі.....	116
Спектрлік талдау әдісі.....	118
Сыртқы қозғаушы генератор.....	120
Автогенераторлар.....	123
Қуат көздері.....	133
8-тарау. Микротолқынды электронды құрылғылар.....	138
8.1. Желілік микротолқынды пештерді талдау әдісі.....	138
8.2. Гибридті микротолқынды пештер және микрострип электр беру желілері.....	141
8.2. Сыртқы қозғалыстағы микротолқынды транзистор генераторы.....	144
8.3. Теңдестірілген типті микротолқынды транзисторлық генератор	149
9-тарау. Сандық элементтің базасы.....	152

9.1.	Сандық элементтің базасын жіктеу	152
9.2.	Логикалық элементтер	153
9.3.	Мультивибратор және триггер	158
9.4.	Аналогты-цифрлық және сандық-аналогтық түрлендіргіштер ..	166
9.4.	Кодты және декодер	174
9.5.	Есептеуіш және тіркелу	175
9.6.	Сандық сүзгі	180
9.7.	Мультиплексор	185
9.8.	Есте сақтау құрылғылары	185
10-тарау.	Жалпы пайдаланылатын сандық құрылғылар.....	188
10.1	Микропроцессор.....	188
10.2	Модем.....	190
10.3	Контроллер.....	193
11-тарау.	Оптоэлектроника.....	195
11.1.	Лазерлерді пайдалану және классификациялау принципі. .	195
11.2	Жарықтың модуляторлары.....	198
11.3	Жартылай өткізгіш лазер.....	200
11.4	Газдық лазер.....	202
11.5	Талшықты-оптикалық байланыс желісі.....	204
12-тарау.	Акустоэлектроника.....	207
12.1.	Жер үсті акустикалық толқындар	207
12.2.	Жер үсті белсенді заттарға негізделген жолақты сүзгі	209
12.3	Интегралдық типтегі акустофизиялық модулятор.....	210

13 тарау. Трансмиссиялық жүйелердегі электронды ақпарат және басқару құрылғылар	212
13.1. Электрондық ақпараттық жүйе және таратылған типтегі өндірісті басқару.....	212
13.2. Сымсыз қатынау желісіндегі электрондық құрылғылар.....	218
13.3 Газ турбиналарының генераторларын басқару.....	221
13.3 Зымырандық басқару жүйесіндегі электрондық құрылғылар.....	222

14-тарау. Жүйелердегі электрондық құрылғылар ғарыштық мониторинг	225
14.1Спутниктік бақылау жүйесі.....	225
14.2. Инициализацияланбаған әуе көліктеріндегі электрондық жүйелер аппаратура.....	229
Әдебиеттер тізімі.....	233

Оқу басылымы

Каганов Вильям Ильич

Қолданбалы электроника

Оқулық

Редактор Н. Е. Овчеренко, Ә.Шапауов

Техникалық редактор Е. Ф. Коржуева

Компьютер орналасуы: Р.Ю.Волкова

Түзеткіштер А. П. Сизова, Е. О. Беркутова

Бас. № 101116974. Баспасөзге қол қойылды 13.11.2014. Формат 60 x 90/16.
Гарнитура Балтика. Қағаздар. №1. Офсетті басып шығару. Шарт.басп.табақ 15.0.

Таралымы 1000 дана. Тапсырыс №
«Академия» баспа орталығы». www.academia-moscow.ru 129085, Москва,
Бейбітшілік даңғылы, 101Б, 1 бет.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиологиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н 16592 от 29.04.2014.

Баспа үйі ұсынатын электронды бұқаралық ақпарат құралдарынан басылған Саратов
полиграфиялық кешені. www.sarpk.ru 410004, Саратов, ул. Чернышевский, 59.

Магнит қозғалысына байланысты, тұйық тізбектегі ток көзіне, яғни электр өрісінің пайда болуына алып келеді.

Математикалық формуламен сипатталған бұл құбылыс электромагниттік индукция заңы деп аталды. Осы заңға сәйкес магниттік өрістегі ашық сымның жарылысы болған кезде электр қозғалтқыш күші (ЕМК) оған енгізілген кернеу магниттік ағынның осы айналыммен шектелген беті арқылы өзгеру жылдамдығына сандық түрде тең және керісінше болады (1.6-сурет) :

$$- \frac{d\Phi}{dt}$$

мұнда Φ - бұрылысқа магнит ағыны, $\Phi = BNS$, B ; B_n - бұрылыс жазықтығына қатысты $B_n = B \cos \alpha$, T ; S - айналымның көлденең қимасы, m^2 .

(1.5) сәйкес, магнит өрісі өзгерген кезде, туынды $d\Phi / dt$ $\Phi \neq 0$ кезде электр өрісі пайда болады. Магнит өрісіне N айналымның спиральлары болған жағдайда, $\mathcal{E}_{mf}$ кернеуі

(1.5) форманы қабылдайды

1. Ондық жүйеде 111000111 нөмірін жазыңыз.
2. Екілік жүйеде 999 нөмірін жазыңыз.
3. Периодтық сигналдың спектрі қандай?
4. $T = 10$ мс қайталау кезеңімен $m = 1$ мс ұзақтығы бар тікбұрышты импульстардың спектральды компоненттерінің амплитудасы қандай?
5. 1 Мб-да қанша бит бар?

$$f(u) = 2n L_K(C_K + C_B(u))' \quad (4.3)$$

онда b_k - схеманың индуктивтілігі, рН; C_k - контурдың сыйымдылығы, Ф; S_v - varicap сыйымдылығы, F; және - вариакта қолданылатын кері кернеу, В.

Мысал 4.3. Негізгі элемент - жасанды сызығы бар импульстік модулятор схемасында тиристорды пайдалану (4.8-сурет). Импульстік сигналды қалыптастыратын тізбектегі электрондық кілттің рөлін тиристор - жартылай өткізгіш диод,

1. Биполярлық транзистор мен далалық транзистордың арасындағы

айырмашылық неде?

2. Биполярлы транзистордың үш шекаралық жиілігі қандай?
3. p-p-n транзисторы мен p-n-p транзисторының арасындағы айырмашылық қандай?
4. Көп эмитенттің транзисторы дегеніміз не?
5. Күшті транзистордың негізгі параметрлерін атаңыз.
1. «микроэлектроника» ұғымын анықтаңыз.
2. АЖ қандай?
3. Жартылай өткізгіш материалға неге қоспалар қосылады?
4. IMS өндірісінде қандай операциялар қолданылады?
5. Қандай схемалар BIS деп аталады?

Мінсіз интегралданған байланыс:

$$T = \int \frac{dy}{x} \text{ или } y = \int x dt, dt T$$

мұнда E уақытша тұрақты; 1

$${}^K O'_{ю} = \frac{1}{T}; A(ю) = \frac{1}{T}; \Phi(ю) = \frac{1}{T}$$

$$\kappa(p) = -\frac{1}{\Phi(t)} = \wedge; h(t) = {}^* 1$$

$$pT \quad T \quad T$$

, ең кең тараған схемаларының бірі көпірлер түрі көрсетілген. 6.18. Дифференциалдық күшейткіштің айырықша ерекшелігі - екі кіріс пен бір шығудың болуы. Шығыс сигналы кіріс сигналдарының айырмашылығына пропорционалды.

ДУ ерекшелігі:

жоғары кернеуді арттыру, 106 дейін, яғни 120 дБ;

■ жоғары кіріс кедергісі, сондықтан кіріс тізбектерінде нөлдік ток мәніне жақын;

■ төменгі шығыс кедергісі, сондықтан өзгеру жүктемесі кезінде өзгеріссіз шығу кернеуі;

■ кең жиіліктер белдеуінің өткізу қабілеті, сондықтан тікелей және жоғары жиілікті сигналдарды күшейту мүмкіндігі;

■ кіріс кернеулерінің арасындағы нөлдік айырмашылық.

Сыртқы кері байланыс болмаған жағдайда оп амптың шығуындағы кернеу

$$Ишығу = K_u (u_{вх}^2 - U_{BX}1), \quad (6.16)$$

онда $u_{к1}$ және $u_{к2}$ - күшейткіштің шығуындағы кернеу; K_u - кернеудің коэффициенті.

Оп-амптың екеуі үшін амплитудалық сипаттамалар қаныққан кернеуге дейін сызықтық болып табылады (6.19-сурет):

Сызықты элементтен кейін кіріс сигналының жиілігіне тең резонанстық жиілігі бар параллель осцилляторлы тізбек қосылады, $f_P = f$. Мұндай схема амплитудалық сипаттамаға ие болғандықтан, күріш. 7.5, сигналдың бірінші гармониясы ғана өтеді. Демек, құрылғының шығуындағы сигнал, мысалы, кірісінде, синусоидальды нысанын алады. Жалпы алғанда, мұндай құрылғы квазилиней деп аталады, яғни сызықты бірдей. Бұл гармоника амплитудасының амплитудасының амплитудасының кіріс кернеуіне қатынасы: $u_P = m$ - сигналдың бірінші гармониясы немесе сызықтық емес элементінің бірінші гармоникасына қатысты беріктік коэффициентімен сипатталады. (7.4) сәйкес, косинол толқынының импульсі болған жағдайда

$$S_1 u_P = 0,5 \wedge Ш'_{вх} Ш.$$

Сигнал сүзгісі бар сызықты емес құрылғының жұмысын сипаттайтын

тендеулер сигналдың алғашқы гармоникасына қатысты жасалған, бұл талдауды айтарлықтай жеңілдетеді.

Автохолиялық жүйе жағдайында гармоникалық линеаризация әдісі гармоникалық теңгерім деп аталады (7.6-тармақты қараңыз).

кернеу мен жүктеме, шығыс кернеуінің рұқсат етілген толқыны, бастапқы тізбектегі қуат тұтынуы, U_0 (I_0) жүктеме сипаттамасы, мұндағы U_0 -

I_0 - жүктеме тізбегінде тұрақты ток (Сурет 7.23, б).

Төмен кернеулі қуат көздері екі үлкен топқа бөлінеді: трансформатор диодтардағы және импульстегі редукторлармен.

Трансформаторды электрмен жабдықтау. Осы түрдегі қуат көзінің екі тізбегі (жарты толқын және көпір) күріш. 7.24. Екі схема U_0 (I_0) жүктемесінің (вольт-ампер) сипаттамасын сипаттайды (7.23-суретті қараңыз, б). Осы сипаттамаға сәйкес, жүктеме токіндегі рұқсат етілген өзгерісті бағалауға болады.

Ректификатордан кейін пульсацийлерді тегістеу үшін жүктемеге параллель C сыйымдылығы қосылады, оның құны келесі теңсіздікті

байқау арқылы таңдауға болады:

$$CR_H F > 100, \quad (7.22)$$

мұнда A_X - жүктің төзімділігі, $A_H = U_0 / I_0$; $F = 50$ Гц. Мысалы, $R = 100 \, \Omega$ үшін (7.22), $C = 0.02 \, \Phi = 2 \cdot 104 \, \mu F$. C сыйымдылығының шамасы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым төменірек деңгейдің төмендеуі.

$U_0 = 0.45 U_{23}$ бір жарым циклдік тізбектің шығуындағы түзетілген кернеудің орташа мәні ($U_0 = 0.9 U_{23}$)

1 кірісіне берілетін сигнал 3 және 4 кірістері арасында тең бөлінеді. Ал кіріс 3-де фаза 90° -ке ауысады және кіруде 4 - кіріс сигналына қатысты 180° -ге дейін. Фазалық ауысудың айырмашылығы 90° және құрылғының атауын квадрат ретінде анықтайды. Фазада 90° ауысқан P_1 тең қуаттың екі тең сигналы 1 және 2 кірулеріне қолданылады, 2 немесе 3 кірулерінде $2P_1$ қуатының жалпы сигналы пайда болады. Bridge құрылғысы жатады

сигнал берілген сигналдың санын өзгерту кезінде оның қасиеттерін сақтауды білдіретін өзара түрдегі тізбектер.

Суретте көрсетілген схемада. 8.13, күшейткіштердің кірісіндегі көпір құрылысы сигналды қуат бөлгіші ретінде 2 рет, шығу кезінде - екі сигналды қабылдағыш ретінде пайдаланылады. Кесу транзисторлардың кірісінде орын алғанда, көрсетілген сигналдар BN-1 балласты жүктемесіне түседі. Бұл сипат, сондай-ақ микротолқынды күшейткіштердің өздігінен жұмыс істеуі радиотолқындардың толқынды күшейту жолының бүкіл тұрақтылығын арттырады.

Көпірлердің құрылғылары белгілі бір жиілік диапазонында өз қасиеттерін сақтайды. Тар және кең жолақты құрылғыларды бөліп алыңыз.

1. Орттің анықтамасын беріңіз және фидерлік желіде таралатын толқындарды көрсетіңіз. Бұл толқындар қалай байланысты?
2. Жүктің қарсылығын және рефлекторация коэффициенті қалай байланысты?
4. Асимметриялық MPL симметриялық MPL арасындағы айырмашылық қандай?
5. Қандай технологияда микротолқынды транзисторлар өндіріледі? генераторы?

6. Теңдестірілген түрдегі транзисторлық күшейткіштің қандай артықшылығы бар?

Сандық электронды құрылғылар - әдетте интеграцияланған технологияны қолдана отырып дайындалған цифрлық базалық элементтердің белгілі бір ережелеріне сәйкес қосылу. Бұл құрылғылар үш негізгі сипаттамаға сәйкес бөлінеді: функционалды мақсаты, транзисторлардың түрі және элементтердің қанықтылығы.

Функционалды мақсат үшін келесі элементтер бөлінеді:

полиция:

- Логикалық-алгебралық және арифметикалық операцияларды орындайтын логикалық элементтер;
- төртбұрышты импульстарды қалыптастыруды жүзеге асыратын мультивибраторлар;
- «жадында» сақтауға арналған триггерлер екілік кодта жазылған «1» немесе «0» санын білдіреді;
- Кіріс сигналын 1-биттік екілік код комбинациясына шығаруға түрлендіргіштер және декодер,
- қарсы операцияны орындау;
- кірісіне кіретін электрлік импульстар санын есептейтін есептегіштер;

- л-биттік екілік код түрінде ұсынылған ақпаратты алуға, сақтауға және беруге арналған тізілімдер;
- цифрланған сигналдар ансамбліден керекті комбинацияны таңдайтын мультиплексорлар және оны шығу үшін беру;
- ақпаратты цифрлық нысанда жазатын, сақтайтын және оқитын естеліктер (жад құрылғылары).

онда оң нәтиже беретін кері байланыспен гармоникалық тербелістер релаксациялық ауытқуларға нұқсан келтіреді.

Екі өріс тиімді транзисторлары бар симметриялық типті мультивибратор схемасы 9.6, а суретінде көрсетілген. Конденсатор конденсаторының $C1 = C2$ тізбегіндегі кедергілер $R1 = R2, R3 = R4$.

Транзисторлар идеалды кілттер екендігін болжай отырып, суретте бейнеленген схеманы елестетіп көрейік. транзисторлар кілттермен ауыстырылатын эквиваленттік схема түрінде (9.6, б). Суретте көрсетілген схема. 9.6, келесідей жұмыс істейді. VT1 және VT2 транзисторлары немесе K1 және K2 тиісті пернелер кезекпен ашылады және жабады. K2 пернесін t_0 уақытында жабыңыз.

Сондықтан К2 кернеуі $V_2 = -E_1$ транзистордың VT1 қақпасына күрт қолданылатын болады, оның нәтижесінде ол жабылады, яғни К1 пернесі ашық болады. Конденсатор C2 бойынша кернеу экспоненталық түрде бұзыла бастайды
 $V_2(t) = -E_u \exp(-t / T_p)$, (9А) мұндағы $T_p = R_3 C_2$ - конденсатордың шығыс контурының уақытша тұрақты мәні.

$V_2(t)$ кернеуі транзистордың V0 толқын кернеуіне жеткенде, VT1 құрылғысы немесе, сәйкесінше, К1 пернесі ашылады, ал керісінше транзистор VT2 немесе К2 пернесі керісінше жабылады, өйткені теріс кернеу - E_1 - транзистордың қақпасына күрт секіреді. Осылайша бір транзистор кезекпен ашылады, ал екіншісі жабылады. Сызбадағы әртүрлі нүктелердегі ағындық процестің кернеулер диаграммасы суретте көрсетілген. 9.7.

$$I_1 = E_0 / R_1 = 8/80 = 0,1 \text{ A}; I_2 = E_0 / R_2 = 8/40 = 0,2 \text{ A};$$

$$I_3 = E_0 / R_3 = 8/20 = 0,4 \text{ A}$$

Жалғастырылған жалпы бөлімде үш жабық кілттері бар, екілік код комбинациясының 111 сәйкес келеді:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,1 + 0,2 + 0,4 = 0,7A.$$

Басқа екілік кодының комбинациясы бойынша, мысалы 101 (бұл оқиға 9,17-суретте көрсетілген), екінші кілт ашық, содан кейін жалпы бөлімдегі ток болады.