

В.Ш. БЕРИКАШВИЛИ

ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

ОҚУЛЫҚ

*Орташа кәсіби білім бағдарламасын жүзеге асыратын білім мекемелерінде оқу процесінде қолдануға арналған оқулық түрінде
«Білімді дамыту федералдық институты» Федералды мемлекеттік автономды мекемесі («БДФИ»ФМАМ) ұсынады*

*Рецензияның тіркелген нөмірі № 313
2013 ж. 08 шілде «БДФИ» ФМАМ*

2-ші басылым, стереотипті



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2015

ӨОЖ 621.38(075.32)
КБЖ 32.85-ші 723
Б488

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

П і к і р б і л д і р у ш і —
Мәскеу қала құрылысы және № 38 (МБББО ОКБ КГиС) сервис
колледжінің жоғары санаттығы арнайы пәндер оқытушысы, техн.ғыл.
канд. В.Н.Иванов.

Берикашвили В. Ш.

Б488 Электроника негіздері: орташа кәсіби білім мекемесінің студентіне арналған оқулық / В.Ш.Берикашвили. — 2-ші басылым, стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2015. — 208 б.

ISBN 978-601-333-289-5 (каз.)

ISBN 978-5-4468-2455-7 (рус.)

Оқулық «Өнеркәсіптік және азаматтық білім бойынша электр жабдықтарын монтаждау, жөндеу және пайдалану» мамандығы бойынша Федералдық мемлекеттік білім берудің орташа кәсіби білім стандартының талаптарына; «Электроника негіздері» ОЖ сәйкес шығарылған.

Жаңа құрылымдық және сызбалық техникалық шешімдерді пайдалану арқылы заманауи элементтік базада электронды аспаптар, құрылғылар және тізбектердің теориялық негіздері және жасалуы айтылған. Электронды аспаптар мен құрылғылардың жұмыс жасау қағидаттары және құрылымы қарастырылған. Электронды құрылғылардың қуат сыйымдылығы және төменгі жиіліктен шағын және аса жоғары жиілікті электронды құрылғылардың жұмыс жасау қағидаттары және құрылымы қарастырылған. Ұқсас және сандық интегралды шағын сызбалардың үлгілік сызбалық техникалық шешімдері келтірілген. Операциялық күшейткіштер, комараторлар, таймерлер, оптрондар және басқа оптоэлектронды құрылғылардың негізінде функционалдық электронды құрылғылар жасау қарастырылған. Шағын процессорлардың, бір кристалды ЭЕМ және контроллерлердің жұмыс жасауы бойынша құрылымдық сызбалар және қағидаттары берілген.

Орташа кәсіби білім мекемесінің студенттеріне арналған.

ӨОЖ 621.38(075.32)
КБЖ 32.85-ші 723

ISBN 978-601-333-289-5 (каз.)
ISBN 978-5-4468-2455-7 (рус.)

© Берикашвили В. Ш., 2013
© «Академия» білім-баспа орталығы, 2013
© Ресімдеу. «Академия» баспа орталығы, 2013

Бұл оқулық «Өнеркәсіптік және азаматтық білім бойынша электр жабдықтарын монтаждау, жөндеу және пайдалану» мамандығы бойынша оқыту-әдістемелік кешенінің бөлігі болып табылады.

Оқулық «Электроника негіздері» жалпыкәсіби пәнін оқып білуге арналған.

Оқыту-әдістемелік жиынтықтың жаңа буыны жалпы білім беру және жалпы кәсіби пәндер және кәсіби модульдермен қамтамасыз ететін дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарынан тұрады. Әр жиынтық оқулықтар және оқу құралдары, оқыту құралдары және жалпы және кәсіби күзiреттiлiк, сонымен қатар жұмыс берушiнiң талаптарынан тұрады.

Оқу басылымдары электронды білім ресурстарымен толықырылады. Электронды ресурстар интерактивті жаттығулар мен жаттықтыру сабақтары, мультимедиялық нысандар, қосымша материалдарға сілтемелер және ғаламтор ресурстарынан тұрады. Оларға оқу:жұмыс уақыты, бақылау және тәжірибелік тапсырмаларды орындау сияқты процестерінің негізгі параметрлері қарастырылған терминдік сөздік және электронды журнал бар.

Ақпараттарды үлкен қашықтықта беруге сұраныстың өсуі және есептеу техникасының дамуына байланысты электронды техника 60-жылдары екпінді дами бастады. Жартылай өткізгіштердің ашылуы электронды құрылғылардың қасиеттерін шұғыл өзгертті: олар аз габаритті және біршама берік болды, оларды шағындау мүмкіндігі пайда болды және қуат сыйымдылығы біршама төмендеді.

Қазіргі таңда 10^3 тен 10^6 В дейінгі қарапайым жартылай өткізгіш құрылғылық саны бар ұқсас және сандық мамандандырылған шағын сызбаларды өңдейтін және жасайтын шағын электрониканың бірқатар саласы бар. Шағын электронды құрылғылар радиотехника, электроника, байланыс жүйелері, есептеу және тұрмыстық техникада кеңінен қолданылады, осының арқасында электронды және радиотехникалық құрылғылар жеңіл, шағын габаритті, үнемді және кең қол жетімді болды.

Соңғы жылдары импульсті сандық техника екпінді дамып келе жатыр. Мысалы, импульстік белгілер арқылы техникалық нысандар (телеметрия) туралы деректемелер беріледі, түйісу барысында ғарыш кемелерін басқарылады, жоғары сапалы сандық радиохабар және теледидар жасалады. Күнделікті өмірде біз импульстермен және импульсті құрылғыларды кезіктіреміз, кейде олардың бар екенін аңғармаймыз. Кнопкалы басқару құралы инфрақызыл сәулелендірудің көмегімен ара-қашықтықтан басқаруға мүмкіндік береді. Спутникті антенна сандық радиоимпульстерді қабылдайды. Телефон нөмірін теру арқылы біз олардың шифрын ашатын және біз сұраған абонентпен байланыстыратын телефон станциясына импульстер жібереміз.

Сандық есептейтін техника ең жоғары деңгейде дамыған сипатқа ие. Заманауи есептеу машиналары 2 ГГц сияқты тактілік импульс жиілігіне ие, ал тез әрекет ететін есептеу кешендерінде ақпарат секундына $2 \cdot 10^9$ дейін жылдамдықпен болады.

Сонымен қатар, тұрмыстық приборлар сандық электронды техникаға қаныққан. Заманауи автокөліктерде электрониканы жүйелік тұтандыру, бақылау және қорғау дабылдарында қолданылады. Соңғы атомобиль модельдерінде қозғалтқыштың оңтайлы жұмыс жасау

режимдерін анықтайтын шағын процессорлар орнатылады.

Жаңа тұрғын үйлердің құрылысы күш және ақпараттық желілерді бір уақытта монтаждаумен байланысты. Тұрғын-үй, кеңселік және өнеркәсіптік ғимараттарда әр-түрлі бақылау-өлшегіш құралдары, қорғау дабылдар жүйесі және энергияны басқару жүйелері қолданылады.

Қазіргі таңда ғылым және техниканың дамуы бойынша басым бағыттары ақпараттық технологиялар, жоғары технологиялық өндіріс процестері және энергияжинақтаушы технологиялар болып табылады. Бұл бағыттар автоматтық басқаруда телекоммуникациялық және ақпараттық жүйелерде шағын процесорлық есептеу техникасын, қолданумен тығыз байланысты.

Осы кітаптың мақсаты болашақ мамандарды электрондық техника негіздерімен, яғни элементтік база, информатика және энергетикалық электроникалармен, сандық және шағын процессорлық техника элементтерімен қоса аппараттық өнеркәсіптік және азаматтық ғимараттарды монтаждау, жөндеу және қолданумен таныстыру болып табылады.

ЖҰМЫСТЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚАҒИДАТТАРЫ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНДЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫҢ ЭЛЕМЕНТТІК БАЗАСЫ

1.1. ЭЛЕКТРОНДЫ ТЕХНИКАНЫҢ НЕГІЗГІ БЕЛГІЛЕРІ, ҚОЛДАНУ САЛАЛАРЫ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНДЫ ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУ ТАРИХЫ

Электрондық техника (электроника) — электрондардың электрлік және магниттік өрістермен вакуумда немесе қатты денеде өзара әрекет етуіне негізделген физикалық қасиеттер, зерттеу әдістемелері және және құрылғыларды қолданумен байланысты ғылым және техника саласы.

Қазіргі таңда электронды ағымдар және олардың заттармен және электрлі магниттік өрістермен өзара әрекет етуіне негізделген аспап және құрылғыларды электронды техника деп түсіндіріледі.

Электрондық аспаптар— білгілі бір қызмет атқаратын қарапайым электронды құрылғылар.

Вакуумдық электронды құрылғыларға электронды шамдар, электронды сәйуелік трубкалар және газразрядты аспаптар (манетрондар, гитрондар, суретті электронды көбейткіштер, электронды оптикалық өзгертулер және т.б.) жатады; *Қатты денелерге* —жартылай өткізгіш диодтар, транзисторлар, тиристорлар, жарықдиодтар, сурет диодтар, жартылай өткізгіш лазерлер, интегралды шағын сызбалар жатады.

Сонымен қатар, қарапайым күшейткіштерден бастап күрделі есептегіш машиналарға дейін қарапайым электронды құрылғылармен байланысты әр-түрлі электрондық құрылғыларды электронлы техника деп айтады. Оларға әр-түрлі тұрмыстық және музыкалық электронды құрылғылар да жатады. Радио белгілерді құрастыру, тану және қайта өзгерту бойынша электронды құрылғылар ерекше орын алады: радиоэлектроника оларды зерттеп білу және сипаттаумен айналысады.

Сандық және есептеу техникасына байланысқан импульстік және электрондық құрылғыларға жататындар электроника саласыны тән болып табылады.

Электрониканың қайта өзгеру және оптикалық белгілерді және суреттерді қолданумен байланысқан басқа бағыты *оптоэлектроника* деп аталады.

Физикалық пайда болуларды зерттеу, физикалық шамаларды, сипаттамаларын және электронды құрылғылардың параметрлерін, сонымен қатар электрлік тізбектер мен электрлі магниттік өрістерді өлшеуге әдістемелеріне арналған электроника бөлімшелері де өзгеше. Электрлік тізбектерде және құрылғыларда болып жатқан процестердің параметрлерін өлшейтін және зерттеуді жүзеге асыратын аспаптар электронды *өлшегіш аспаптар* деп аталады.

Электронды техниканың элементтері күрделі электронды құрылғылар құрастырылатын кірпіштер болып табылады. Электрондық техниканың базалық немесе негізгі элементтері-резисторлар, конденсаторлар, диодтар, транзисторлар, шағын сызбалар және т.б. Амплитуданы ұлғайтпайтын және электрлік белгілер жиілігін өзгертпейтін құралдар *бейтарап* (конденсаторлар, резисторлар, индуктивтілік катушкалар) деп аталады. Электронды техниканың *белсенді* элементтері деп диодтар, транзисторлар, жарықдиодтары, лазерлер, оптронадар, кернеуді күшейту, жиілікті өзгерту немесе электрлік тоқты жарыққа өзгерту қабілеті бар басқарушы шағын сызбаларды атайды.

Электронды құралдардың көмегімен электронды құрылғылар (күшейткіштер, генераторлар, радиоқабылдағыштар және т.б.) жасалады.

Ұқсас электроника — бұл үздіксіз белгілермен (кернеуді және тоқты үздіксіз өзгертетін) жұмыс жасайтын электрондық техника. Ұқсас электроника құралдарына қоспаларды күшейткіштер, жиілікті түрлендіргіштер, сүзгіштер, кернеуді, тоқты, жиілікті тұрақтандырғыштар, сонымен қатар гармониялық ауытқу генераторлары жатады.

Импульстік электроника—бұл импульсті белгілермен (кернеу және тоқтың немесе жүйелік импульстердің жалғыз импульстері) жұмыс жасайтын электрондық техника. Импульсті құрылғыларға импульсті күшейткіштер және генераторлар, компараторлар және т.б. жатады.

Сандық электроника —бұл жеке кернеулер, тоқтар, жиіліктердің мәндерімен жұмыс жасайтын электронды техника. Сандық электроника құрылғыларға 0 және 1 белгілерімен операция жасайтын логикалық құрылғылар, ұқсас-сандық және сандықұқсас түрлендірулер, шағын процессорлар, персоналдық есеп машиналары, күрделі есептеу

құрылғылары жатады.

Сандық электроника импульсті техникамен тығыз байланысты, себебі ондағы белгілер импульстермен тізбектеліп беріледі.

Электронды техника радио жасала бастағанда, яғни өткен ғасырда дами бастады.

Ақпарат беру және радио хабарландыру жасау радиотехникалық жүйелерінде радиотолқындар жасайтын қуатты жоғары жиілікті кернеулер қолданылады. Жоғары жиілікті ауытқу модуляциясы (яғни олардың амплитудасының, эиілігінің немесе фазасының өзгеруі) радиотолқындардың көмегімен дыбыстық жиілік және бейнебелгілер беру мүмкіндігін туғызады. Мұндай ақпарат беруді жүзеге асыру үшін қуатты жоғары жиілікті генераторлар қажет. Үлкен қашықтықта жіберушіден белгілер қабылдау үшін қабылдауды, сүзгіштік, қайта өзгерту және белгілерді күшейтуді жүзеге асыратын сезімталдығы жоғары қабылдағыштар қажет.

Радиоэлектрониканың барлық әлемдегі заманауи жетістіктердің арқасында радиохабарлама, теледидар кеңінен қолданылады, сонымен бірге жер шарының кез-келген нүктесінен спутниктік ретранслятор арқылы теледидарлық және радиобелгілерді қабылдауға болады.

Телефондық және сандық ақпараттарды заманауи тасымалдау жүйелері әдеттегідей бірнеше каналды. Олар спектральді және уақытша тығыздық режимінде беруді жүзеге асыратын болып бөлінеді. Бұл жүйелердің дамуы халықтың қарым-қатынас жасау қажеттіліктерімен байланысты. Қазіргі таңда әлемнің барлығы жергілік және халықаралық телефон жүйелерін, ғаламтор жүйесін, банктік және басқа да байланыс жүйелерін кеңінен қолданады.

Көптеген заманауи ақпарат беру радиотехникалық жүйелері кідірмелі импульстік режимде жұмыс жасайды. Ең сапалы дыбыс және теледидар суреттерін беру сандық радиорелейлік және спутниктік байланыс жүйелерінде импульстік-кодтық модуляция режимінде сандық түрде жүзеге асырылады. Радиотехникалық байланыс жүйелерінде импульстік режимді қолдану, импульсте белгінің радиокедергілерді жауап тұратын үлкен қуатын дамыту мүмкіндігіне негізделген. Сонымен қатар хабарлағыштың орташа қуаттылығы біршама төмен болуы мүмкін. Спутникті радиобайланыс және сандық теледидар импульстік сандық деректемелерге байланысты жұмыс қағидаттарына негізделген, яғни бұл олардың кедергіге төзімділігімен және жоғары сапалы сурет таратқыштықпен қамтамасыз етеді.

Радиотехникалық жүйелермен бірге импульстік электрлік белгілермен операциялар жасайтын есептеу техникасы және электрондық-есептеу жүйелерінің дамуы болды.

Заманауи есеп машиналарының 2 ГГц тактілік жиілігі бар, ал есеп кешендерінде ақпарат беру секундына $2 \cdot 10^9$ дейін жылдамдықпен

болады.Ірі өнеркәсіп және ғылыми кәсіпорындарда есеп машиналары бірнеше есеп машиналарынан, желі тораптары және орындаушы механизмдерден тұратын кешендерге біріктірілген. Бұл өндірісті бақылауға және оларды адамның көмегісіз және оңтайлы режимде басқаруға мүмкіндік береді.

Электрониканың жаңа бағыттары спутникті және талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінің дамуымен байланысты екенін атап өту қажет.Олар сандық теледидар және телефон байланыстарының, новикациялық жүйелерді қоса алғанда радиотехникалық жүйелердің жетілуіне ықпал етті.Ақпараттық технологияларға жататын электроника бағытының екпінді дамуы адамзаттың телефон, электронды пошта арқылы аудио, бейне және сандық ақпараттар алмасу қажеттіліктерін қанағаттандыруға мүмкіндік туғызды. Мұндай жүйелердің басқа да құндылықтары адам өмірінің сапасын жоғарлататын ғаламдық деректемелерді (банктік, көлік, қонақ үй және т.б.) өңдеудегі мамандандырылған, аймақтық және ғаламдық есептеу жүйелерді жасаумен байланысты.

Ақпараттық технологиялардың дамуымен процестерді өңдеу элементтері әр-түрлі физикалық яғни магнитті, электрлік, акустикалық және оптикалық табиғатты қолдануға негізделген «функционалдық электрониканың» туындауымен байланысты. Электрониканың басқа жаңа бағыты жаңа қасиеттерімен бірге жаңа материалдарды, сонымен қатар бірнеше молекула көлемінде жүз мыңдаған белсенді элементтермен электронды құралдар алуға мүмкіндік беретін нано технологияның дамуымен байлынысты. Қазір де көлемі 0,1 мкм кем, яғни күн батареясы элементтері, атмосферадағы зиянды қоспаларды бақылауға арналған сезімталдығы жоғары жадылы элементтер жасалады.Наноэлектроника құрылғылары болашақта біздің өміріміздегі қолжетімді, күнделікті және баға жетпес көмекшіміз болады.

1.2. ЭЛЕКТРОНДЫ ТЕХНИКАДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН МАТЕРИАЛДАР

Электронды құралдарды және құрылғыларды жасау барысында өткізгіш, диэлектрлер, жартылай өткізгіштер қызметін атқаратын ең сан алуан материалдар қолданылады. Металдар байланыс өткізгіш және индуктивтік катушкалар элементері түрінде; органикалық және органикалық емес диэлектрлер-конденсаторлар, жартылай өткізгіштерді ажыратқыштар және құрамдық бөліктер түрінде, жартылай өткізгіштер-диодтарды және транзисторларды жасау үшін кеңінен қолданылады.

Материалдар органикалық (көміртегі қосылыстарының негізінде) және органикалық емес, таза химиялық элементтер және байланыстар болуы мүмкін. Әдетте материалдар қатты түрінде қолданылады, бірақ сұйықтықтар (сұйық кристалдар және электролиттер) және газдар (газдыразрядтық ұяшықтар) және газдар қолданылатын құрылғылар да бар. Көптеген электронды құралдар мен құрылғылар әр-түрлі қасиеттері бар (өткізгіштер және жартылай өткізгіштер, өткізгіштер және диэлектрлер) материалдар бөлімшесінің физикалық ерекшеліктерін, әр-түрлі фазалық жағдайдағы (қатты және сұйық, сұйық және газ тәрізді) материалдарды, материалдар мен вакуумды қолдануға негізделген.

Заттарды барлығы бір немесе бірнеше химиялық элементтерден тұратыны белгілі. Атом және молекула заттардың ұсақ құрамдық бөлігі болып табылады. Әдеттегідей, әр-түрлі химиялық таза элемент атомдары пайда болуыған заттар молекуласымен қосылады. Мысалы, сутегі, оттегі, азот және инертті газдар молекулалары екі атомнан тұрады.

Заттың құрамындағы молекулалар осы заттың қасиетін анықтайды. Мысалы, судың молекуласы сутегінің екі атомынан және оттегінің бір атомынан тұрады, яғни бұл оның физикалық қасиетін белгілейді (тығыздық, қайнау және кату температурасы). Органикалық заттардың молекулалары белгілі бір қалыпта қосылған көптеген атомдардан тұрады. Бір және дәл сол атомдардың қосылу құрылымдарының ерекшелігі әр-түрлі физикалық қасиеттермен бірге заттарды алуды анықтайды.

Атом ядросының айналасында айналатын, атомның ортасында тұратын және протон мен нейтроннан тұратын электрондардан тұрады. Теріс зарядталған электрондар оң зарядталған протондары бар ядроға жақындайды және орбита немесе оның айналасындағы қабықша бойынша үздіксіз айналады. Әр-түрлі элементтердің атомдары бір-бірінен протондар және электрондар сандарымен ажыратылады,

мысалы, су атомында бір протон және бір электрон, ал көміртегі атомында үш протон және төрт электрон бар. Атомдағы электрондар саын протондар санына тең, дегенмен олар ядродан бір қашықтықта бола алмайды, себебі олар бір-бірінен серпіледі. Сонымен қатар, электрондар ядродан кез-келген ара-қашықтықта бола алмайды және рұқсат етілген энергетикалық деңгейде бола алмайды. Көп тегенде екі электрон бірінші деңгейде, ал екінші және одан әрі-сегізге дейін бола алады.

Протондар саны Д. И. Менделеевтің мерзімдік элементтер жүйесінің элементтік атомдық нөмірін, протондар мен нейтрондардың жалпы санын-оның атомдық массасын анықтайды, ал оңғы элементтік деңгей онындағы электрондар саны көбінесе заттардың физикалық және химиялық қасиеттерін анықтайды. Егерде атомның соңғы рұқсат етілген энергиялық деңгейі толығымен толық болса, онда атом инертті (гелий, неон, аргон, криптон, ксенон инертті газдар болып табылады).

Егерде атомның соңғы энергетикалық деңгейінде бірден үшке дейін электрон болса, онда олар ядромен әлсіз байланыста және атом бұл электрондарды басқа элементтермен байланысқан кезде беруге бейім.

Сонымен қатар оның м е т а л д ы қ қ а с и е т і бар деп айтады. Егерде соңғы атом энергетикалық деңгейінің толығымен толуына бір, екі немесе үш электрон жетпейтін болса, онда атом басқа элементтермен түйісу барысында электрондарды (яғни бірден үшке дейін вакансия бар) тартуғы бейім. Сонымен қатар олардың м е т а л д ы қ қ е м е с қасиеттерінің бар екені айтылады.

Металды заттарда электрондар ядромен әлсіз байланысады (еркін электрондар деп аталатындар), электрлік потенциалдың әсерінен өз орбиталарынан кетіп, электрондар ығымын және электр тоғын жасай отырып, бірыңғай қозғалысты бастайды. Мұндай жақсы электрлік өткізгіштігі бар заттар *өткізгіштер* деп аталады. Жақсы өткізгіштің электр тоғының туындауына мүмкіндік туғызатын электрондар ядросымен байланыспайтын (әлсіз байланысқан) саны көп. Өткізгіштің шағын бөліктерде аз ғана ауытқуға ұшырайды, яғни оларды ескермеуге болады. Күміс, мыс, алюминий жақсы өткізгішке мысал бола алады. Бос электрондардың болуы, сәйкес металдық байланысу қасиеттері өткізгіштердің жоғары жылу өткізуін анықтайды.

Диэлектрик (изолятор) — бұл байланысқан электрондары бар материал, яғни бос электрондары жоқ. Ажыратқыштар электрлік токтың ағуына кедергі жасайды сондықтан да оның өте үлкен ауытқуға ие (алшақ тізбектің ауытқуға жақындауы). Кремний диоксиді (кварц), әйнек, құғақ ағаш, резеңке, поливинилхлорид, слюда, полистирол және басқалар ажыратқыштарға мысал бола алады. Егерде диэлектрикті электрлік кеңестікке сыйғызатын болсақ, онда оның

молекулалық электрондары поляризацияның есебінен белгілі бір тәртіпте бейімделеді. Сонымен қатар, диэлектрик молекулалары поляризацияланады деп айтады.

Жартылай өткізгіштер атомы Д. И. Менделеевтің мерзімдік элементтер жүйесінің төртінші тобына жатады. Оларға көміртегі (C), кремний (Si) және германий (Ge) жатады. Әдеттегідей, таза жартылай өткізгіштер аморфты заттар болып табылады. Дегенмен, балқытпадан алу барысында белгілі бір жағдайларда дұрыс кристалды торлы монокристалдарды құруы мүмкін.

Жартылай өткізгіштерге сонымен бірге металл және бейметалл, мысалы, галлий арсениді (GaAs) және кремний карбиді (SiC) және кремний нитриді (SiN) жатады.

Жартылай өткізгіштерге сонымен бірге металл және бейметалл, мысалы, галлий арсениді (GaAs) және кремний карбиді (SiC) және кремний нитриді (SiN) жатады.

Жартылай өткізгіштердің азғантай бос электрондардық санына негізделген меншікті әлсіз өткізгіші бар.

Сонымен бірге бос электронның пайда болуы температура немесе жарықтың әсер етуі бойынша *тесік* деп аталатын зарядталған атомды жасайды. Сонымен бірге, тесіктер мұндай жағдайда тесік болып қалатын көршілес атомды басып алуы мүмкін.

Осылайша тесіктер бос электрон тауып, олармен қосылғанша орын ауыстырып отырады. Жартылай өткізгіштің бос электрондары және тесіктері зарядтарды негізгі тасушылар, олар әлсіз меншікті өткізгіште жасайды.

Жылу және жарықтың әсерінен электрондарды жасау процесі зарядтарды тасушы генерация болып табылады. Жартылай өткізгіштерде бос электрондар және тесіктердің саны температура жоғарлаған кезде өседі, яғни бұл температураның өсуімен түсетін металдарға қарағанда олардың өткізгіштігін көбейтеді.

Қоспалауыш қоспалардың (қосынды) белгілі бір көлемін енгізу арқылы жартылай өткізгіштің өткізуін жоғарлатуға болады. Кейбір қоспалар (мысалы, As күшән атомдары, бесінші топты бейметалы) германий атомының кристалдық торына қосымша электрондарды енгізеді, нәтижесінде n-түріндегі (*negative*) жартылай өткізгішті алады. Мұндай атомдар донорлар-атомдары деп аталады. Кристалды атомдық-акцесторларына германийді қосу оның сыртқы қабықшасында электрондардың жетіспеушілігін жасайды, яғни оң зарядтары бар тесіктер пайда болады.

Мұндай жартылай өткізгіштер p-түріндегі (*positive*) жартылай өткізгіштер деп аталады. Қоспаларды енгізу барысында пайда болған электрондар n-түріндегі жартылай өткізгіштер үшін, ал тесіктер p-түріндегі жартылай өткізгіштер үшін негізгі тасушылар болып

табылады.

Металдарда, диэлектрлерде және жартылай өткізгіштерде өткізгіш құбылыстары, кинетикалық және потенциалдық қуаты бар электронның қуаттық жағдайын түсіндіретін зоналық аумақ негізінде жақсы сипатталады.

Зоналық тәжірибеге сәйкес, қатты денедегі электрон қуаты, кейбір шамада мүлдем үздіксіз өзгере алады, ал электрон оған тек шабу арқылы жете алады.

Қатты затта электрондар тек қана арасында тыйым салынған зона орналасқан валенттік зонада (ВЗ) немесе өткізгіш зонасында (ӨЗ) бола алады.

Электронды валенттік зонадан өткізгіш зонасына ауыстыру үшін оған күшейту қуаты деп аталатын және электрон-вольтімен (эВ) өлшенетін, қосымша АЕ қуатын беру қажет.

Жартылай өткізгіштік кремний атомында германий атомына $AE_{Ge} = 0,72$ эВ карағанда, күшейту қуаты $AE_{Si} = 1,12$ эВ жоғары, сондықтан кремнийді өткізгіш жағдайға ауыстыру қиынырақ. Қоспалы қосындыларды енгізу арқылы өткізгіштік зонаны азайтуға немесе валенттік зонаны көбейтуге және осылайша тыйым салынған зонаны азайтуға болады.

Электрондардың орналасуы және тыйым салынған зонаның ені толығымен заттың электрлік қасиеттерін анықтайды. Себебі, валенттік электрондар атомдармен қатты байланыста және электрлік кеңестіктің әсерінен атомнан атомға ауыса алмайды. Және керісінше электрондар өткізгіш зонасында орналасқан электрондар атомдармен аз байланыста және электрлік кеңестіктің әсерінен бір атомнан келесі атомға жеңіл ауысады. Зоналық тәжірибе бұны өткізгіш зонасындағы бірнеше бос деңгейлердің болуымен түсіндіреді.

Бейөткізгіштерде валенттік зона толығымен электрондармен толтырылған және өткізгіш зонасынан тыйым салынған зонаның жалпақ берьерімен бөлінген. Осының нәтижесінде бейөткізгіштердің өткізгіш зонасында бос электрондар жоқ және осыған сәйкес, олардың өткізгіші нашар.

Жартылай өткізгіштердің толтырылған валенттік зонасы және біршама тар тыйым салынған зонасы бар. Төмен температурада жартылай өткізгіш электрондары валентті зонада болады және осыған орай өздерін бейөткізгіштер сияқты ұстайды.

Температура көтерілген кезде және жарықтың әсерінен жартылай өткізгіш электрондардың бір бөлшегі ЗЗ төзуге және ЗП ырғытуға жеткілікті қуатқа қол жеткізеді, осылайша электрлік өткізгішке жағдай жасайды. Электрон бөлшектерінің жартылай өткізгіш ЗП –ға ВЗ-ға ауысуына байланысты, тесіктердің бос қуатты деңгейіне сәйкес сан пайда болады. Бұл тесіктік өткізгішті жасай отырып, электрлік өрістің

әсер етуі бойынша бір деңгейден бір деңгейге электрондардың ВЗ ішінде ауысуына мүмкін береді. Температура көтерілген кезден бастап электрондардың көбі ЗП кіреді, осылайша жартылай өткізгіштің электр өткізгішін көтереді, сондай-ақ ЗЗ өте тар жартылай өткізгіштерде қаттырақ көтеріледі.

Кернеудің арналған қосымша кезінде заттағы қуатылық зоналары көлбеу бола бастайды, сондай-ақ олардың көлбеулік бұрышы электрлік өріс кернеуі артқан кезде өседі.

Егерде кеңетіктегі электронның потенциалдық қуаты $E_n = d\phi$ (мұндағы q — электрондық заряд; ϕ — потенциалдардың әр-түрлілігі) ДЕ белсенділік қуатынан жоғары, электрондар электронды өткізгішті жасау арқылы ВЗ –дан ЗП –ға өтуі мүмкін. Сонымен қатар бір уақытта тесіктік өткізгіш жасайтын тесіктер (бір электронсыз атомдар) пайда болады.

Жартылай өткізгішке қосынды қоспаларды қосу ЗЗ ішінде қосымша қуат деңгейінің пайда болуына әкеледі. Егерде бұл қосымша деңгейлер ЗП жақын маңында болатын болса, онда қоспалы атомдардың электрондары жартылай өткізгіштің өткізуін көбейте отырып, оған жеңіл ауысады. Егерде қосымша деңгейлер ВЗ жақын орналасса, тесік жасап және тесіктің өткізгіштігін кеңейту арқылы оларға ВЗ-дағы жартылай өткізгіш электрондар жеңіл ауысады.

Жартылай өткізгіштерге ЗЗ ені 2,5 эВ-дан аспайтын заттар жатады. 300 температурада кремнийдегі (Si) ЗЗ ені 1,12 эВ, германийде (G) - 0,75 эВ, галий арсениді (GaAs)-1,43 эВ, кремний карбиді-(SiC) — 2,4...3,4 эВ құрайды. Донорлы және акцепторлық қоспалардың қуатын иондау шамамен 0,01-0,05 эВ болады. Бөлме температурасында жылу қоздырғышының орташа қуаты 0,025 эВ құрайды. Сондықтан жартылай өткізгішке қоспаның болмашы көлемін енгізгенде өткізгіштің бірнеше көлемді үлкеюіне әкеледі.

Зоналық тәжірибеге сәйкес, жартылай өткізгіштерде жылу, жарық және кристалды торлардың ауытқуының әсерінен тұрақты түрде бос электрондар және тесіктер пайда болады, яғни зарядтарды тасушылар генерациясы болады. Бір уақытта электрондар валентті зонаға қайтып, (заряд тасымалдаушылардың қайта әрекет етуі) кері процесс болады. Бұл процестер электрондардың және жартылай өткізгіште тесіктердің тең салмақты шоғырлануына әкеледі.

Электр өрісінің әсерінен жаңа заряд тасушылар туындайды және электрондар мен тесіктердің артық (салмақтан тыс) шоғырлануы болады. Жартылай өткізгіш құрылым аймағында инъекцияның және электрондардың электр өрісімен экстракциялануының (тартуы), сонымен қатар зарядтардың тұзаққа жиналуы есебінен заряд тасушылардың артық шоғырлануы пайда болу мүмкін.

Электрондар мен тесіктердің тікелей шоғырлануының мүмкіндігі

аз, себебі олар жартылай өткізгіштің әр-түрлі жерлерінде болады.Әдетте шоғырлану қоспалы атомдар немесе кристалды торлар мен беткі жақтағы ақауларының рөлін атқаратын шоғырланған тұзақтың қатысумен өтеді.Сонымен қатар, электрно өткізгіш зонадан тұзаққа ауысады және оған тесік келгенше сонда болады; содан кейін шоғырланудың екінші кезеңі болады-электрон тесіктің валенттік зонасындағы бос деңгейге ауысады.

Шоғырлану барысында электрон өте төмен қуат деңгейіне ауысатындықтан, артық қуат бөлінеді.Егерде осымен бірге жарық кванты-**фотон** сәулесі түсетін болса, шоғырлану сәулелендіргіш деп аталады.Сәуле тарамайтын шоғырлану барысында ауытқулы жылу қуатының квантасы-**фотон** пайда болу кезінде электрон қуаты кристалды торға беріледі.

1.3. р-п-АУЫСУЫНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІ

Егерде р-түріндегі жартылай өткізгішті п-түріндегі жартылай өткізгішпен біріктіріп және жоғары температуралы вакуумды реакторға орналастыратын болсақ, онда диффузияның әсерінен шеткі бөліктің екі жағында да әр-түрлі жартылай өткізгіштері бар монолитті шекаралық қабат пайда болады.Бұл шекаралық қабат **р**-ауысуы деп аталады, оның ерекше қасиеттері бар.

Ондағы электрондар **п**-түріндегі өткізгіші бар аймақтан ауытқу температурасының және диффузияның әсерінен онда ондағы тесікке тартылатындарды толтыру үшін қалыпты жағдайда р-түріндегі өткізгіш аймағына өтеді.Тесіктер сонымен бірге п-аймағына диффузияланады.Бір уақытта р-аймағында акцепторлы қоспалардың теңгерілмеген зарядтары, ал **п** -аймағында –донорлық қоспалардың оң зарядтары пайда болады. Бұл зарядтар негізгі зарядтардың одан әрі орналасуына кедергі жасайтын және оларға потенциалдық тосқауыл жасайтын электрлік өріс және потенциалдардың әркелкі байланысын келтіреді. **р**-ауысуда бейтарап зона немесе біріккен қабат пайда болғанша және потенциалды тосқауыл ең жоғары жиілікке жеткенше электрондар ағысы жалғаса береді.

Сонымен бірге потенциалдардың әркелкі байланысының электрлік өрісі кездейсоқ пайда болған негізгі емес заряд тасушыларының (**п** – аймағынан тесіктерді және **р** –аймағынан электрондарды) қозғалу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Бұл электронды және тесіктен тұратын дрейфтік тоқтың пайда болуына әкеледі.Егерде қосымша кернеу жоқ болса, онда потенциалды тосқауылдың одан әрі өсуіне кедергі жасайтын

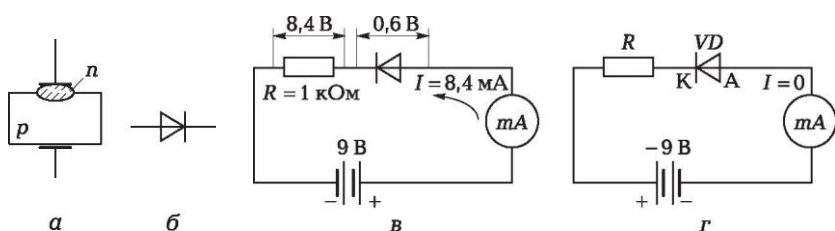
тез арада тепе-теңдік пайда болады.

Біріккен байланысты жартылай өткізгіш қабатында атомдар, диэлектрдегідей бейтарап және дипольдік бағдарланған, ал потенциалды тосқауыл негізгі тасушылардың одан әрі қозғалуына кедергі жасайды. Бөлік шекарасынан өту үшін заряд тасушылар потенциалд тосқауылынан өту үшін жеткілікті қуатқа ие болуы қажет. **p**-ауысуының екі жағынан жартылай өткізгішке түсірілген электрлі қозғаушы күштер (ЭҚК) осы қуаттың көзі болып табылады.

ЭҚК көзін тікелей қосу барысында, яғни плюс **p**-түріндегі жартылай өткізгішке, ал алу **n**-түріндегі жартылай өткізгішке қосылған кезде электр тоғы $I_{п-б}$ кернеуі потенциалды тосқауылдан асқан кезде ғана өтеді. Потенциалды тосқауылдың биіктігі қолданылатын жартылай өткізгіш түріне байланысты.

Германий үшін ол 0,3 В, ал кремний үшін 0,6 В құрайды. Егерде сыртқы кернеу потенциалды тосқауылдан асса, электронды және тесік өткізгіш бар аймақтар жақындайды, біріккен аймақ жоғалады, электрондар **p**-аймағына бүркіліп, тесіктермен бірігеді және атомнан әрі атомға орналасу арқылы тізбектерде электр тоғын жасайды. Ұқсас тесіктер электрондармен бірігу арқылы шоғырланатын **n**-аймағына инжекторланады.

Заряд тасушыларды инжекторлау сонымен қатар орташа есеппен кейбір ара-қашықтықтан (диффузиялық ара-қашықтық ұзындығынан) өту арқылы бірден емес, бірнеше уақыт ішінде шоғырланады.



1.1. сурет. Жартылай өткізгіш диодының жазық құрылымы (а), оның ШГБ (б) және сыртқы ЭҚК көзіне тікелей және кері қосылу барысындағы ВАС алып тастау сызбасы.

Кернеу көзін қосу барысында **n**-түріндегі (**n**-бағыты) өткізгіші бар жартылай өткізгіш электрондары жылжымалы кернеу көзіне оң өріспен жылжиды, ал **p**-бағытының тесіктері теріс өріспен тартылады. Нәтижесінде біріккен қабат кеңейеді және бөлік шетімен электрондардың кедергі жасайтын ықтимал барьер үлкейеді.

Осылайша, p — n -ауысуы арқылы кернеуді кері қосу барысында ток өтпейтін болады.

Салыстырмалы түрде p — n -ауысуының бір жақты өткізгіштігі бар, яғни бір бағытта тоқты өткізеді, ал екіншісінде-өткізбейді.

p — n -ауысуы бар жартылай өткізгіш құрылымы және оның шартты графикалық белгілері (ШГБ) 1.1, а, б. суретінде көрсетілген.

Кремний диоды екі қабаттан тұрады. Біріншісі (балқытылған) қабат фосфор (л-бағыт) қоспалы кремнийден тұрады. Фосфор қоспасы өткізгіш зонасында (электронды өткізгіш) электрондардың артылуын жасайды.

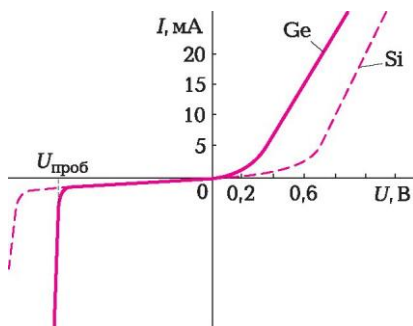
Екінші қабат электрондардың жетіспеуінен (яғни, тесіктер) атом артылатын, бор қоспалы кремнийден (p -бағыты) тұрады. Бұл қабатта тесік өткізгіші артық.

Байланысу бағытында бір жақты өткізгіштікті жасайтын p — n -ауысуы пайда болады. 1.1. суретінде көрсетілгендей p -бағыты көбінесе ауқымды және n -бағытына қарағанда қоспалар мөлшері көбірек сондықтан оны *база* деп атайды.

Диодтағы ток күшінің, оның астарына берілетін кернеуге тәуелділігі **вольттік-амперлік сипаттама** деп аталады (ВАС).

Сыртқы кернеуді тікелей қосу барысында ВАС диодтарын алып тастауға арналған, яғни p -түріндегі жартылай өткізгішке, ал теріс n -түріндегі жартылай өткізгішке қосылуы 1.1., в. суретінде көрсетілген.

кремний және германий диодтарының әдеттегідей вольттік-амперлік сипаттамасы 1.2. сур. көрсетілген. Токтың кернеуге қисық тәуелділігі бойынша көлбеу бұрышының тангенсі p — n -ауысу диодының көлбеу қиылысуға тәуелді ВАС тіктігін анықтайды. Диодтың тесігі жасалатын ($\wedge_{\text{тесік}}$) кері кернеу p - және n -түріндегі қабаттардың қалыңдығына және жартылай өткізгіштің тыйым салынған зонасының еніне байланысты.



1.2 сурет. Германий (Ge) және кремний (Si) диодтарының вольттік-амперлік сипаттамасы

Кремний диодтарында $i_{\text{тесік}}$ германийлерге қарағанда артық және 1 000 В жете алады. p — n -ауысу тесіктері электрлік немесе жылулы (қайталамайтын) болуы мүмкін. Электрлік тесіктер өз кезегінде көшкінді және туннельді болып бөлінеді.

Кө ш к і н д і т е с і к т е р барысында p -бағытының (негізгі емес зарядтарды тасушылар) жеке электрондары p — n -ауысуының жоғары кері кернеуінің әсерінен одан атып шығады және ауысулар атомымен соққыға түсіп, электрондардың көшкіндік көбеюін, яғни сәйкес токтың шапшаң өсуін қозғайды. Диодта кернеу түседі. Сонымен бірге оны жоғарлату әрекеті токтың күшейтіп, диодтың қызып кетуіне және оның бұзылуына әкеледі.

Т у н н е л ь т е с і к т е р і кейбір жоғары қоспа қосынды концентраттары бар диодтарда және кері кернеудің әсер етуінен валенттік зонаның жоғары деңгейіндегі p -бағыты n -бағытындағы өткізгіш зонасының төменгі деңгейін жоғарлата бастағанда p — n -ауысуының тар өткелі байқалады. Мұндай жағдайда электрондар тыйым салынған зонаны бағындырушы қуатты шығындамай-ақ (яғни туннельдене алады) p -бағытынан n -бағытына ауыса алады. Кері кернеуді одан әрі жоғарлату барысында туннельдеу есебінен тізбектік өсу басталады. Кернеуді алып тастаған соң p — n -ауысу қасиеттері қалпына келеді.

Жылулық p — n -ауысу тесігі жылулық баланс бұзылған кезде басталады, яғни бөлінетін жылу мөлшері p — n -ауысуда әлсізденетін жылу мөлшерінен асқан кезде. Сонымен қатар ауысу температурасы жоғарлайды, кристалдық тор және диодтың бұзылуы басталады.

p — n -ауысу сыйымдылығы электрондық құрылғыардың тез әрекет етуін анықтайды және **барьерлі** (зарядтық) деп аталады. Барьерлік сыйымдылығы көбінесе ауысу алаңына және салынған кернеуге байланысты.Тікелей кернеу жоғарлаған кезде ауысу ені азаяды, ал теңгерілмеген зарядтар саны және сыйымдылық көбейеді. Кері кернеуді жоғарлату барысында барьерлік сыйымдылық төмендейді.

$LT_{\text{ак}}$ акцепторлар концентрациясы балқытылған симметриялы емес p — n -ауысу барьерлік сыйымдылығы n -бағытындағы BI_{δ} донорлардың шоғырлануына қарағанда p -бағытында артық болады, формула бойынша есептеуге болады:

$$C_{p-n} = SyJ0,5e_0eN_{\text{ак}}/U,$$

мұндағы S — ауысу алаңы; e_0 , e — жартылай өткізгішке және p — n -ауысуға сәйкес өту; U —ауысудың кері кернеуі.

Барьерлік сыйымдылық жоғары жиілікті тоқтарды түзету барысында қолданылатын p — n -ауысуының негізінде жартылай өткізгіш құралдарының қасиеттерін нашарлатады және олардың

көмегімен импульсті электронды кілтке қайта қосу барысында осы құрылғылардың тез әрекет етуін төмендетеді, сондықтан ауысу алаңын төмендету жолымен оны азайтуға тырысады.

Кернеу өзгерген кезде p — n -ауысуы сыйымдылығын өзгертуді варикаптарды (сыйымдылығы өзгертін диодтар) қолдану арқылы генераторлар жиілігін электронды өзгерту сызбаларында қолданылады.

Тікелей тоқ барысында p — n -ауысуы бар диод базасында қайта құрып үлгірмеген, негізделмеген заряд тасушылардың пайда болуына байланысты қосынды сыйымдылық пайда болады. Диод полярлығы кенет қайта қосылу кезінде қосынды сыйымдылығы кері тоқтың секіруіне әкеледі, яғни ауысу қасиеттеріне тыйым салатын уақытша бұзулар пайда болады. Бұл зарядтардың «тарауымен» байланысқан эффект, сонымен бірге орынсыз және байланыс ауысуы металл-жартылай өткізгіш негізінде жасалатын арнайы Шоттки диодтарымен жойылады.

Көптеген электрондық құралдардың жұмысы заттардың әр-түрлі электр өткізгіштік қасиеттермен байланыс зонасында болатын физикалық құбылыстарға негізделген, сондықтан бұл құбылыстарды жан-жақты қарастыралық.

Контактілік құбылыстар — бұл әр-түрлі электр өткізгішті екі материалдың түйісу саласында пайда болатын физикалық құбылыстардың жалпы атауы. Маңызды түйісу құбылыстарының қатарына электрондар шығуы бойынша әр-түрлі Ашығ* жұмысы бар металл потенциалдарының әр-түрлілік түйісуінің пайда болуы жатады.

Электронның атом заттарына жылжу күшін меңгеру үшін электронның шығаратын жұмысын **шығу жұмысы** деп аталады.

Металдар әр-түрлі шығу жұмысымен тығыз өзара жанасқан немесе вакуумдық қоспалы пешпен байланыстырған кезде осы металдардың бос шеттерінде электрондар бөлігінің бір металдан келесі металға ағуына және өткізгіштерде электрондардың әр-түрлі қосындысы пайда болуымен әркелкі потенциалдардың контактiлiгi туындайды. Нәтижесінде өткізгіштің бірі оң, ал келесісі-теріс зарядталады. Сонымен қатар осы қос металдың деректемелеріне тән жасалған потенциалдардың әр-түрлілігі электрондардың одан әрі қай ағуына кедергі жасайды. Тоқ көзінің ЭҚК салыстырғанда осы тізбектер матасу кезінде, екі жақтық байланысуына байланысты электрондар тең салмақта болғандықтан, потенциалдардың контактiлiк айырмасы электрлік тоқтың пайда болуын жасамайды. Металдардың түйісу аймағын (спай) жылытатын болсақ, онда электрондардың тепе-теңдігі бұзылады және термоэлектрлік қозғалғыш күш пайда болады.

ТермоЭҚК барысында кернеудің айырмашылығы азырақ, металдар жылуды жақсы өткізетіндіктен электрдегі жылудың өзгеру ПЭК елеусіз. Потенциалдардың түйісу айырмашылығы негізінде 50 ден 500

°С дейін диапазон температурасында тоқ күшінің тізбектік тәуелдігі бар балқыған хромель және алюминийден тұратын термопарлар жұмыс жасайды. Платинадан және родийден тұратын термопарлардың 50ден 1 200 °С дейін температуралық диапазонда желілік тәуелділігі бар.

Потенциалдардың түйісу айырмашылығы әр-түрлі өткізгіш түрлерімен жартылай өткізгіштер жанауы барысында да пайда болады. *p*- және *n*-өткізгіш жартылай өткізгіштер арасындағы түйісуді бір жақты өткізгіш қабілеті бар біріккен қабатты *p*—*n*-ауысу бағыты жасайды. Мұндай жартылай өткізгіш түйісу барысында пайда болатын потенциалдар түйісуінің айырмашылығы әртекті металдардың байланысуы барысында пайда болатын қасиеттерге ие.

Жылыту барысында пайда болатын әртекті жартылай өткізгіш ЖҚК радиоқабылдағыштар және қуаты аз радиоқабылдағыштарға арналған қоректендіру көзін жасау барысында қолданылады. Жартылай өткізгіштердің жылу өткізуі металға қарағанда аз болуының арқасында, металдарға қарағанда жартылай өткізгіш термогенераторларының ПӘК жоғары және оларды басқа тоқ көзі жоқ жерлерде қолдануға болады.

Термогенераторлардың дәнекерін жылыту үшін жылытқыш құрылғылар қолданылады.

Бұдан бұрын атап өткендей, металдардың өткізгіш бос электрондары бар. Демек, металл қоспалы жартылай өткізгішпен түйіскен кезде жартылай өткізгіште *p*—*n*-ауысуына ұқсас түйіскен ауысуы пайда болуы мүмкін.

Металл-жартылай өткізгіш ауысуларын алғаш рет неміс оқымыстысы Шоттки зерттеді, сондықтан бекітпелі түйісуді Шоттки барьері деп атайды. Осындай түйісулер негізінде жоғары тез әрекет ететін қабілеті бар Шоттки диодтары жасалды, яғни оларда қосынды зарядтары жинақталмайды. Бұл диодтар АЖЖ-сызбаларда және бұдан әрі қарастырылатын шешуші каскадтардың жеделдеткіш тізбектерінде қолданылады.

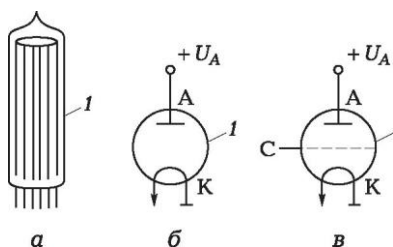
Жартылай өткізгіштердегі және түйістірулердегі электрондардың тәртіптік ерекшеліктері жаңа дербес электрондық құралдарды, құрылғыларды және заманауи электрондық техниканың маңызды бұйымдарын жасауға мүмкін берді. *p*—*n*-ауысу қасиеттері әр-түрлі электронды жартылай өткізгіш құрылғыларда қолданылады: диодтарда, транзисторларда, тиристорларда, динисторларда, жарық диодтарында, сурет диодтарында және электронды техниканың заманауи элементтік базасын құрайтын басқа да құрылғыларда қолданылады. Сонымен бірге *p*—*n*-ауысуы бар жартылай өткізгіштер негізінде бір кристалда жүздеген және мыңдаған электронды элементтері бар және күрделі сандық немесе арнайы ұқсас қызметтерді орындайтын күрделі шағын сызбалар құрастырылады.

1.4. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ВАКУУМДЫ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

Электрондық шамдар. Радиоэлектрондық техникада алғаш болып вакуумды электрондық құрылғы-электронды шамдар қолданыла бастады (1.3сурет).

Электронды шамның жұмысы вакуумда электрондарағымының пайда болуына негізделген және олар арнайы электродтармен құрастырылатын электрлік өрістердің көмегімен басқарылады. Электронды шам әйнекті, керамикалық немесе металды керамикалық баллонмен жасалған, яғни ішінде жоғары вакуум жасалған бірнеше металдық электродтардан тұрады.

Электродтардың бірі (катод) спиралмен $500...700\text{ }^{\circ}\text{Ca}$ дейін қыздырады.



1.3 сурет. Сыртқы келбеті (в), диод(а) және триодтың сызбалары (б):

I — әйнекті диод; К — катод; А — анод; С — басқарушы тор

Жоғары температураның әсерінен электрондар катодтың металды бетінен кетеді және оның айналасында электронды бұлт жасайды.

Қарапайым электронды **диод** лампасында, катодты қамтитын екінші электрод (анод) дөңгелек формалы болып келеді. Егерде диодқа жартылай өткізгіш диодтағыдай тұрақты кернеуді өткізсе (1.1,в сурет қарау), яғни қосу-анодқа және алу-катодқа (тікелей қосылу), электрондар тізбекте электрлік тоқты жасау арқылы электрлік өрістің әсерінен катодан анодқа ұмтылады. Егерде тізбекке R резисторын қосса, онда лампада тоқ пайда болған кезде онда кернеу түсіп кетеді.

Азғантай анод кернеуі барысында электронның тек азғантай бөлігі анодпен тартылады, ал қалған электрондар катодтың айналасында кеңестік заряд жасайды. Анод кернеуінің өсу шамасымен катодқа жететін электрондар саны өседі және тізбектегі тоқ өседі, ал кеңестік зарядтың тығыздығы азаяды. Кернеу мен тоқ кеңестік зарядтың толығымен «таралуына» дейін өскен кезде және катодпен шығарылатын барлық электрондар анодқа жеткенде, анодтық кернеулік ұлғайю кезі әлсізденіп, қанығу режимі басталады.

Тоқтың кернеуден тәуелділігін өлшеу арқылы, жартылай өткізгіш

диоды сияқты ВАС диоды алынады (1.2 сур қарау).

Егерде диодқа қосылатын өрісті ауыстырса, яғни анодқа алуды, ал катодқа-қосуды (кері қосылуды) өткізсе, электр шамында электр тоғы пайда болмайды, себебі мұнымен анод «салқын» болып қалады және электрондарды өткізбейді. Әдеттегідей, диод электронды шамының бір жақты (шұралы) өткізгіштігі бар.

Бұл қасиет радиоэлектрондық құрылғыларда детектор ретінде және ауыспалы кернеу тұрақтыға өзгеру барысында электронды шамдарды қолданған кезде пайдаланылады.

Электрондық шам *триодтың* анод пен катодтың арасында орнатылатын үшінші электроды бар, сондықтан электродқа берілетін кернеу анод пен катод арасындағы электрондар ағымына қаты әсер етеді.

Үшінші электрод шынымен де тор немесе шиыршық, айнала катоды түрінде орындалатындықтан, онда оның өзі электронды аз алады, ал олардың үлкен бөлігі анодқа шығып кетеді. Тор катодқа жақын орналасауының нәтижесінде ондағы аз ғана өзгеріс электрондардың анодқа ағуы және анод тоғының мәніне әсер етеді. Триодтың дәл осы қасиетін электрлік белгілерді күшейту үшін қолданылады.

Триодтар және басқа электронды лампалардың негізінде көптеген электронды құрылғылар, әсіресе әр-түрлі мақсаттағы электронды күшейткіштер жасалды: резонансты, кеңжолақты, импульсті, күш беретін және т.б. Триодтар барлық күшейткіштерде біркелкі жұмыс жасайды, ал күшейткіштердің айырмашылығы сыртқы электр тізбегімен анықталады.

Шамды генератор — электронды шамдардың (триод) көмегімен өшпейтін электрлік тербелістер жасалатын құрылғы. Қоректендіру көзі және тербеліс контуры (2.2 бөлім қарау) бар қарапайым шамды генератордың негізгі элементтері болып табылады.

Клистрон — көлемді резонаторлары бар және аса жоғары жиіліктерді (сантиметрлі және миллиметрлі диапазонда) өндіруді күшейтуге және ауытқу тербелісіне арналған бірнеше электронды шамдардың үйлескен электронды құрылғы.

Отражательный клистрон — электронный прибор для генерации ультравысоких частот (свыше 100 ГГц), относящихся к миллиметровому диапазону длин волн.

Магнетрон — үлкен қуатты аса жоғары жиілікті генерацияға арналған бірнеше резонаторлы электронды құрылғы.

Магнетрон аноды орталық қуысында катод орналасқан, ал қабырғаларында дөңгелек резонатор қуысы бар көлемді цилиндр.

Катодтан анодқа баратын қажетті электрондар траекториясын жасау үшін көлденең магниттік өріс қолданылады. Осы өрістің әсерінен

Лоренц заңына сәйкес, электрондар катодынан ұшып шығатын жол бұрмаланады. Анодқа жақындай бастағанда электрондар резонаторлық полюске бағытталған оның цилиндрлік бетінің кесігімен жанама бойынша жылжиды. Электрондар ағымының кездейсоқ өзгерістерінің әсерінен, бұл электрондар ағысын үлгілейтін, осылайша АЖЖ-ауытқуының берік генерациясын жасайтын резонаторларда ауытқу болады. Ауытқу қуатының бір бөлшегі байланыс ілгегінің көмегімен коаксильді толқын арнасымен бір резонатордан жұмыс сызығына іріктеледі.

Кума толқын шамы (ҚТШ) — аса жоғары жиіліктің ауытқуын күшейту және генерациялауға арналған арнайы электронды шам. Бұл шамның ішінде диаметрі 3 см және ұзындығы 15...20 см цилиндр түрінде орындалған, ұзындығынан шиыршық түтікше оралған сым бойымен жарық жылдамдығымен ($c \gg 300\,000$ км/с) электрлік магнитті толқын орналастырылады.

Шиыршықтың өсі бойымен осы толқынның электрлік өрісі аз жылдамдықпен тарайды (бұл соңғы жылдамдық болғандықтан, шиыршық бойымен шиыршықтың өсі бағытына тарайтын жылдамдық кескіні болып табылады). Шиыршық өсінің бойымен бір уақытта электрондар бір буда электрондар межемен өрістің жылжу жылдамдығымен қозғалады. Электрлік өріспен өзара әрекет ету арқылы толқындар, электрондар оған өзінің қуатының бір бөлшегін береді және спираль бойымен таратылатын толқынды күшейтеді. Жеткілікті үлкен күш түсу барысында шамда ауытқу генерациясы басталады. Кума толқын шамының негізгі құндылығы күшейткіштегідей: кең өрісті жиілікте (орташа жиіліктің 10 % дейін) АЖЖ-белгілерін тікелей күшейту мүмкіндігі және салыстырмалы төмен шуыл факторы.

Кері толқын шамы (ҚТШ) — Кума толқынды шамға қарағанда электрондар тар бір будаға шоғырландырылған электронды шам, кума толқын өрісінде баяулататын құрылғы бойымен бір бағытта емес, ал қарама-қарсы жылжиды. Сонымен қатар, ҚТШ сияқты қозғалыстағы электрондардың кума толқын өрісімен өзара әрекет етуі осы өрісті күшейтеді. Кері толқынның қолданылатын негізгі саласы-ауытқудың дециметрлік және сантиметрлік толқындар диапазонында генерациясы.

Электрондық-сәулелік трубка. Теледидар кинескоптары, осциллографтардың электрондық-сәулелік трубкалары, рентген трубкалары, электронды-оптикалық өзгертулер және т.б. электрлі вакуумдық құралдар электронды шамдардың түрленуі болып табылады.

Электронды-сәуле трубкаларының және кинескоптардың әрекет ету негізінде электронды пушкалар қағидаты жатыр. Бұл шиыршықты қызатын катод и тор электрондармен қарқындылығы, жолданған электрондардың бір будасын құрастыратын электродтар қатары.

Осциллографтар және теледидарлардағы арнайы генераторлар ауытқыған электродтарға берілетін сызықтық өзгеретін кернеуді құрастырады және көлденең және жазық сурет кескіннің жаймасын жасайды. Нәтижесінде экранда екіөлшемді сурет алынады.

Электрондық-сәуле құрылғысын құралдарда (электронды микроскоптарда) және өндірістік орнатуларда қолданылады. Сонымен қатар, шағынсызбатеchnикасы-нанотехнологияның жаңа бағыттары дамуда. Нанотехнология (электронды сәуле) құралдарының көмегімен резисторлар, конденсаторлар, өткізгіштер, диодтар және транзисторлар қабатты жартылай өткізгіш құрылымдарда көрінеді. Сонымен бірге алынған жеке элементтердің көлемдері ондаған нанометрлерді құрайды, яғни олар шамамен жасалған суретлитографияның ұқсас элементтерінен жүз есе кем.

Газдыразрядтық құралдар және газды лазерлер. *Газды разряд* (газдағы электрлік разряд) — газ арқылы электр тоғының өтуі. Қалыпты жағдайда газ электр өткізгіш болып табылмайды. Дегенмен қалыпты күшті электрлік өріс (50 кВ/см кернеуімен) кезінде газда электрлік разряд пайда болуы мүмкін, мысалы ұшқын (ұшқынды разряд) немесе иін (иінді разряд) түрінде. Егерде газ ажыратылған болса (5 мм дейін), онда айтарлықтай төмен кернеулерде ($50 \dots 100 \text{ В/см}$) сүйемелдеуші қоңыржай тоқ және газдың жарқырауын разряд пайда болады, себебі газда электрлік өрістің әсерінен азғантай мөлшерлі бас электрондар газ молекуласымен қақтығысқанға дейін үлкен жолдан өтеді, сонымен бірге жоғары жылдамдық пен едәуір кинетикалық қуатқа ие болады. Газдың иондалуын шақыру үшін бұл қуат жеткілікті болады, яғни нәтижесінде бір электродтан келесі электродқа жылжу арқылы өзімен бірге электрлік зарядтарды тасымалдайтын барлық жаңа бос электрондары және оң иондар пайда болады.

Иондалған газ жақсы тоқ және сондықтан үлкен тоқтарды өткізе алады. Иондардың пайда болуы, сонымен қатар газ разрядында болатын иондардың және электрондардың бейтарап атомдары сипаты газ түріне тәуелді әдеттегідей сәуле таратумен беріледі.

Егерде қоректендіру көзінің кернеуі аз немесе егерде газдық зарряд болатын дәйекті құрылғыда едәуір үлкен шектеуші ауытқу қосылған болса разряд солғын сипатқа, яғни тоқтың аз тығыздына ие болады.

Газды ажыратушы (газдықажыратушы-электр кернеуінің әсерінен солғын немесе доғалы газды ажыратушы пайда болу барысында электрлік тізбектің тұйықталуы үшін арналған құрал. Бұл сәтте газ ажыратушы электродтар арасындағы ара-қашықтық өткізгіш болып, тізбектерде тоқ өте бастайды. Газ ажыратушыдағы ажыратушыны қолдау үшін қажетті кернеу белгілі мәннен түскен кезде, ондағы тоқ тоқтайды және газ ажыратқыш қосылған тізбек

үзіледі. Газ ажыратқыштарды бастысы тізбектер матасқан немесе түйіспелерінің ажырауы кезінде тізбектерді механикалық ажыратқыштар қосылып үлгірмейтін қысқа уақытта орындау қажет. Мысалы, газ ажыратқыштарды найзағаы соққан кезде электр жүйелерін кернеудің үлкен ауытқуынан қорғау үшін орнатылады

- Өздігінен ажыратыла алмайтындар— газотрондар, тиратрондар;
- Солғынды ажыратқышы бар — газды жарық шамдары, газды жарық индикаторлы панель ұяшықтары, газды лазерлер, кернеудің газды стабилизаторлары, декатрондар және т.б.;
- Автоэлектронды доғалы ажыратқышс— сынап түзеткіштер, игнитрондар және басқалар.

Жылытқыш катоды және торы бар газ ажыратқыш тиратрон деп аталады. Тордағы кернеу титронның қосылу сәтін өзгертеді және онда қосулы түрде өтіп жатқан тоққа әсер етпейді.

Газды лазер (квантты оптикалық генератор) — солғын газ ажыратқышты қолданылатын, когерентті оптикалық сәулені генерациялауға арналған құрал.

Газды лазерде, күндізгі қарапайым жарық шамы сияқты төмен қысымда және екі электрод (анод және катод) кезінде әдеттегі газ құрамымен толтырылған кварцты әйнек түтігі бар.

Түтіктің екі жағында да әйнегі бар.

Электродтарға жоғары кернеу берген кезде (5.....15 кВ) түтікте нақты газға тән жарықпен бірге солғын разряд пайда болады.

Газдың жарығы, электрондар атомдармен соқтығысқан кезде қалыпты жағдайға оралу кезінде жарық шығаратын қозушы электрондар туындайды. Газдардың кейбір атомы мен молекулаларының, ондағы электрондар бірнеше секунд кідіретін метатұрақты қуатқа ие. Электрондар осы деңгейден берік, төменгі қуат деңгейіне ауысу барысында инверстік толымды ортада тарай отырып, электрондарды лақтыратын, метатұрақты қалыпта болатын белгілі бір ұзындықтағы толқынның жарығы сәулеленуін түсіреді. Бұл электрондар төменгі деңгейге ауысу арқылы келетін толқынға өзінің сәулесін қосады және оны күшейтеді. Осылайша, ажыратқышта газ ортасы сәулеленуді күшейеді, ал түтіктің жан-жағына орнатылған әйнектер бұл сәулелердің қуатты жинақтай отырып, қайта белсенді (күшейткіш) газ ортасынан өтуге мәжбүрлейді. Егерде уйнектің бірінде саңылау жасаса немесе жартылай мөлдір әйнек орнататын болсақ, онда қуаттың бір бөлігі лазерден кеңестікке сәуле түсіретін болады.

Лазерлі сәулеленуді алу үшін келесі шарттарды сақтау қажет:

- Генерация үшін қолданылатын ортада электрондар кідіретін метатұрақты қуат деңгейі бар атомдар болу қажет. Сонымен бірге осы деңгейден электрондардың ауысуы талап етілетін диапазонда

(көзге көрінетін немесе инфрақызыл бағытта) сәулеленумен берілуі қажет.;

■ Генерация аймағына қуат (қуат тоғы) берілу қажет, электрондар одан да жоғары метатұрақты қуат деңгейіне (электрондарды «толтыру»); ауысуы үшін жағдайлар жасалуы қажет.

■ Резонаторды көрсететін және генерациялау және сәулені күшейту аймағында сәуленің бірнеше рет өтуін қамтамасыз ететін әйнекті шағылдырғыштар болу қажет.

Үздіксіз сәулеленетін лазерлердің салыстырмалы сәулелену қуаты төмен. Импульсте үлкен сәулелену береді. Импульсті сәулеленуге ие болу үшін резонатор қысқа уақытқа ғана «қосылады». Мұндай жағдайда импульстердің арасында метатұрақты деңгейлерде электрондадың жинақталуы жүреді, ал резонатор «қосылған» сәтте сәулелену қуаты тез өсетін, осы деңгейден электрондарды көшкін тәрізді «кеміту» болады. Осының арқасында бірнеше киловатты қуат сәулесі және ұзақтығы бірнеше секунд импульстер алынады. Лазерлік сәулеленудің ерекше қасиеті бар-ол когерентті, яғни фаза бойынша тұрақты, тар спектарлыды сызығы, жазық бағыты бар және таралғыштығы өте аз. Сонымен қатар лазерлік сәулеленудің технологиялық мақсатта қолдануға рұқсат беретін салыстырмалы үлкен қуаты бар.

Сәулелену толқынының ұзындығы 0,633 мкм (қызыл түсті, қуаттылығы 1 –ден 5 мВт-дейін) гелий-неонды (HeNe) лазерлер өлшеу техникасы және медицинада ең көп тараған. Сонымен бірге сәулелену толқынының ұзындығы 0,513 мкм (жасыл түсті, қуаты 1 мВт-ден 5 Вт-дейін) аргонды (Ar) лазерлер және сәулелену толқынының ұзындығы 0,106 мкм (инфрақызыл диапазоны, қуаты 10 Вт-тан 5 кВт-дейін) көмірқышқылды лазерлер (CO₂-лазерлер) қолданылады.

CO₂-лазері жоғары қуатты сәулелендірунің арқасында темір заттарды кесуге және дәнекерлеуге, әйнекті құрылыс блоктарын және керамиканы кесуге, тығыз балқытылған және оптикалық әйнектерді балқытуға қолданылады.

Лазерлердің ерекшеліктерінің арқасында оларды ғылыми зерттеулерде, құралдар жасау, әр-түрлі технологиялық процестерде, медицинада, әскери техникада кеңінен қолданылады. Лазерлерді және когеренттік оптикалық жүйелерді жасау жаңа электронды техника квантты электроника бағытының пайда болуына әкелді.

1.5. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ диодтар

Құрылымы, сипаттамалар және диодтардың түрлері.

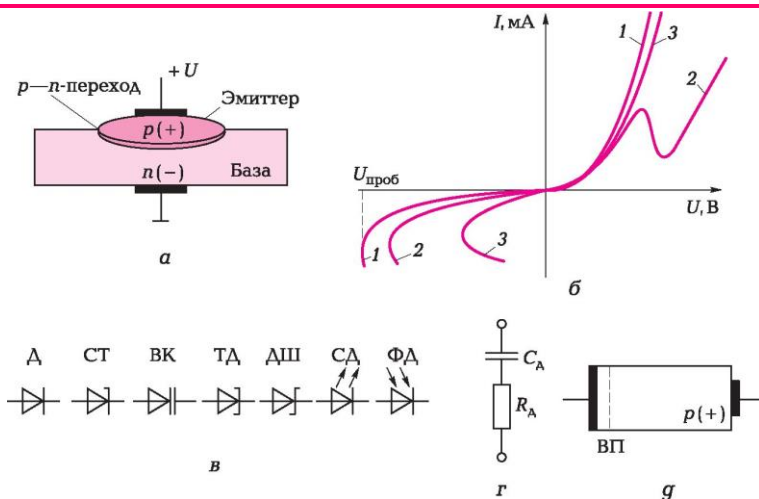
P және n- өткізгіші бар қоспалы жартылай өткізгіштердің қасиеттері

1.3. бөлімде тереңінен қарастырылды. Онда бір жақты (1.2 сур. қарау) өткізгішті түйісу қабаттарының (р-п ауысулары) және вальтті-амперлі сипатқа ие қасиеттері қарастырылды. р-п ауысуларының негізінде бір жақты (вентильді) өткізгіші (диодтар) бар жартылай өткізгіш құралдардың түрлері жасалды.

Жартылай өткізгіш диод — түзейткіш электрлі ауысуы бар құрылғы. Электронды-тесік ауысу (бір түрлі жартылай өткізгіштік р-п ауысуы), гетероауысу (әр-түрлі жартылай өткізгіштердің түйісуі) немесе металл- жартылай өткізгіштік түйісу.

Жартылай өткізгіш диодтар электронды құралдарда кеңінен қолданылады. Орындайтын қызметіне байланысты олар орындалуы және қасиеттерімен ерекшеленеді.

Р-п ауысу негізінде жартылай өткізгіш диодын балқыту құрылымы 1.4,а суретінде келтірілген. п-түріндегі өткізгіші бар аймақтағы электрондар температуралық ауытқудың және диффузияның әсерінен р-түріндегі өткізгіші бар аймаққа өтеді және осы аймақтағы олардың тесіктерін толтырады (тесіктермен шоырланады). Электрондар қайта өтуін р-п-ауысуының екі жағынан бейтарап зона, яғни біріккен қабат пайда болғанша жалғасады. Осы біріккен қабатта атомдар бейэлектриктегі сияқты бейтарап және бейөрісті шоғырланған, бұл одан әрі қозғалысқа кедергі жасайтын потенциалды тосқауылдың пайда болуына әкеледі.



1.4 сурет. Жартылай өткізгіш диодтар:

а — құрылым; б — ВАС; в — ШГБ; г — эквиваленттік сызба; д — Шоттки диодының құрылымы; 1...3 — көшкін, туннельдік және жылу ойықтарға сәйкес қисық; Д — диод; СТ — стабилитрон; ВК — варикап; ТД — туннельдік диод; ДШ — Шоттки диоды; СД — жарықдиоды; ФД — суретдиоды; C_d және Y_d — жоғары жиілік кезінде айқындалатын шегерме сыйымдылық және диодтың қарсыласуы.

Бөлік шекарасын меңгеру кезінде электрондар потенциалды тосқауылдан асатын қуатқа ие болуы керек. Жартылай көрсеткіштің екі жағынан p — p - ауысуы ұстайтын кернеу бұл қуат көзіне қызмет атқара алады. Кернеу тікелей қосылған кезде, яғни плюс p - түріндегі, ал алу p - түріндегі жартылай көрсеткішке қосылған кезде электр тоғы потенциалды тосқауылдан асқан кезде өтеді. Потенциалды тосқауылдың биіктігі қолданылатын жартылай көрсеткіш түріне байланысты. Егерде салынған кернеу потенциалды тосқауылдан асса, электронды және тесік өткізгіш аймақтары жақындайды, біріккен қабат жоғалып, электрондар p -аймағына өту арқылы тізбекте электр тоғын жасайды. Сонымен қатар тікелей қосу кезінде диодта кернеудің тұрақты кернеуі пайда болады, ол диодтың тікелей кернеуі (германий үшін 0,3 В және кремний үшін 0,6 В) деп аталады, одан соң ток кернеу кеңейген кезде өсе бастайды.

Кернеуді кері қосқанда ток p — p -ауысуы арқылы өтпейді, яғни p -ауысуы электронды шам негізінде (бір бағытта электрондар ағымы өтеді, ал екінші электрон ағымында өтпейді және ток ақпайды) диодтың вентильді сипатына ие болады.

1.4,6 суретте көрсетілгендей кернеуді тікелей және кері қосу кезіндегі балқытылған диодтың ВАС бөлшектеп қарастыралық.

Тікелей кернеу кезіндегі U қосылуы диодтың потенциалды тосқауылынан асса, ол арқылы үлкен ток өте бастайды. Сонымен қатар кернеудің өте аз үлкеюі диод арқылы өтетін (1 қисық) токты қатты ұлғайтады. Кернеу кері қосылған кезіндегі 1 қисық түрі 1.4,6 суретінің төменгі секторының сол жағында көрсетілген. Диод арқылы кернеу осылай қосылған кезде құрамында негізгі емес тасушылар бар, диод арқылы өте аз ток өтеді. Осы кері токтың мәні кері ток шапшаң өсетін p - p ауысу ойығы кернеуге жеткенге дейін тұрақты болады. Әдеттегідей, диодты сызбаға қосу кезенді өндірушінің көрсеткен ондағы кері кернеу ойық кернеуінен аспайтынына көз жеткізу қажет.

Германий диодтарының кремнийге қарағанда кері қосу барысында қарсыласуы төмен, яғни осыған сәйкес токтың көбі кемиді. Оларда ойық кернеуі төмен.

Кремний және германийден тұраты кең тараған жартылай өткізгіштер үшін фосфор, күшән, сурьма, ал ацепторлар-үш валентті бор, алюминий, индий болып табылады. Ең көп тараған диод кремний келесі қабаттардан тұрады: өткізу зонасында электрондар артылып қалатын, яғни электрондар жеткіліксіздігінен атомдар артық болатын, яғни тесік өткізгіші басым кремний, фосфорлы қоспасы (p -аймағы). Сонымен қатар түйісу аймағында бір жақты өткізетін және диодтың ВАС сипатымен қамтылатын токты бір бағытта өткізетін p - n -ауысуы пайда болады.

Температура ұлғайған кезде диод арқылы тікелей ток дәл сол түскен кернеуде ұлғаяды. Тыйым салынған ені үлкен жартылай өткізгіш материалдан тұратын диодтардың заряд тасушыларға арналған жоғары

потенциалдық тосқауылдары бар оларда біркелкі тікелей кернеу кезінде тікелей тоқ аз болады. Құрылымы, құрамындағы жартылай өткізгіштеріне және жасай технологияларына байланысты тікелей және кері кернеу барысында диодтардың әр-түрлі ВАС болады (1.4,6 1...3 қысық қарау). Диодты қай қосқан кезде, кері кернеудің азғантай мәнінен бастап кері тоқ қанығуға жетеді және көшкін ойығына дейін өзгермейді (1 қысық).

Көшкін ойығы- тоқтың диод арқылы шапшаң ұлғаюы кезінде $i_{проб}$ шекті мәнге дейін ұлғаюы-жаңа қос электронды-тесік пайда болғаннан бастап соққы иондануды қамтамасыз етуге жеткілікті қуатқа дейін тасушыларды жылдамдататын қатты электр тоғының әсерінен пайда болатын зарядтарды көшкінмен тасушылардың пайда болуымен байланысады. Көшкінді ойық болатын кернеу диодтың өткізгіш кернеуі деп аталады. Егерде ою барысында берілетін кернеуді кенет тоқататын болсақ диод өзінің қызметтерін қалпына келтіреді.

Дегенмен ою кезінде диод тез бұзылады себебі ою каналында температура шапшаң көтеріледі.

Туннельді және қыздыру арқылы тесу қысық 2 және 3 сипаттайды.

Туннельдік тесік көп қоспалары бар, енді $p-n$ –ауысу ені және тыйым салынған зонасы салыстырмалы түрде аз туннельді диодтарда болады. Электрондар ол арқылы секіріп шығатын (туннельденетін), ені азғантай ауысу кезінде диодты кері қосқанда үлкен кернеу болады. Температураны жоғарлаған сайын туннельді ойықтың тесі кернеуі төмендейді. $p-n$ –ауысуының ені үлкен болғанда туннельді тесік көшкінді сипатқа ие болады.

Жылулық тесігі тікелей немесе кері t_k арқылы бөлінген жылуға негізделеді. Әдетте тоқ пайда болған кезде бірнеше уақыттан соң диод қызады, бірақ артық жылу радиатор арқылы әлсізденіп, жылулық тепе-теңдігі белгіленеді. Дегенмен үлкен кері тоғы бар диодтарда (мысалы, германийлі) қоршаған орта температурасы жоғарлаған кезде жылулық тесік пайда болады және t_k шапшаң ұлғаяды. Қысық 3 терік дифференциалды ауытқуды анықтайтын учаскесі бар (төменгі секторда 1.4,6 суреті). Жылулық тесігі ұзақ болған кезде $p-n$ –ауысуы балку температурасына дейін көтерілуі және доид бұзылуы мүмкін.

1.4,в суретінде әр-түрлі диодтардың шартты графикалық бегілері келтірілген. Әдеттегі германий түзеткіш диоды құрылымында p -германий пластинкасына p -германий ілмесі балқытылған. Сонымен бірге олар түйіскен аймақта бір жақты өткізгіші бар $p-n$ –ауысуы құрылады.

Сонымен қатар бір жақты өткізгіші жоқ балқытылған металл түйісулер бар, мысалы, шеттеріне қалайылаған мыс балқытылған p -германий пластинасына индий, p -германий пластинасына алюминий балқытылған делік. Мұндай түйісудің шықпалары жартылай өткізгіш

құралдарды басқа құралдармен балқыту арқылы байланыстыру үшін қажет.

Әдетте жартылай өткізгіш диодтардың симметриялық емес электронды-тесік ауысулары бар, сондықтан олар тікелей қосылғанда қатты қосындыланған аймақтан қайта өтетін негізгі емес тасушылар көлемі қарама-қарсы бағыттағы тасушылар көлемінен басым болады. Аймақта негізгі емес инжектрленетін тасушылар (диод базасы) әлсіз қосындыланған.

База енінің ара-салмағына байланысты, оның алаңы және $p-n$ – ауысу диодының алаңдарын жазық және нүктелі деп бөледі.

Нүктелі диодтардың (C_{p-n}) $p-n$ –ауысу алаңы, сыйымдылығы аз және шапшаң әрекет етуі жоғары. $p-n$ –ауысу көлемі аз болуына байланысты олардың әлсіз қуат, сонымен қатар тікелей және кері кернеуі аз.

Нүктелі диодтарды қабылдау құрылғыларының жоғары жиілікті каскадтарында және импульсі өте қысқа немесе олардың жиілігі жоғары болғанда қолданылады. Оларды әсіресе жоғары жиілікті белгілерді детектрлеу кезінде немесе аралық жиілікті бөлу үшін радиобелгілерді гетеродин белгісімен қосу үшін қолданылады.

Жазық балқытылған диодтардың $p-n$ –ауысу алаңы үлкен және көп тоқты өткізе алады. Оларды қоректендіру блоктарында (2 тарауды қарау) түзеткіш ретінде және қатты қайралған импульстік тізбектерде қолданылады. $p-n$ –ауысуындағы үлкен сыйымдылық, шапшаң әрекет етудің аздығы және үлкен кері ток ($T_{\text{түрінде}}$) диодтардың кемшіліктері болып табылады.

Жазық диффуздық диодтар, құрамында жазық және нүктелі диодтардың қабілеті бар, вакуумды жоғары температуралы диффуздық пештің p және n –ауысумен кристалардың тығыз түйісуінен құрастырылады. Осылайша жасалған кристалды қажетте жеке кристал етіп кеседі, оларғы екі жағынан металл жабынын жағады және түйісу электрондарын балқытады. $p-n$ –ауысу алаңы аз диффузды диодтардың қолданылатын $p-n$ –ауысу бетіне тәуелді және дыбыстық және бейне белгі детекторлары ретінде қолданылатын біршама жоғары шапшаңдығы бар. үлкен алаңды $p-n$ –ауысуы бар диффузды диодтар қоректендіру блоктарында түзеткіш ретінде қолданылады.

Өнеркәсіпте шығарылатын германий жазық диодтары жеткілік тікелей ток бойынша жіктеледі: қуаты аз-0,3 А дейін; орташа қуатты-10 А дейін; қуаты үлкен-10 А жоғары. Бұл диодтарды жиілігі 20 кГц аспайтын жиілікпен түзейтуде қолдануға болады. Олардың рұқсат етілетін кернеуі 400в аспайды. Жұмыс температуралық диапазоны 60 тан $+85^{\circ}\text{C}$ қа дейін.

Диодтардың жұмыс температурасының жоғары шегі кері тоқтың ұлғаюына және жылулық тесіктің басталуымен байланысты. Төменгі

шек түйісу шеттері балқытылатын гермений және индийдің температуралық кенею коэффициенттеріне негізделген.

К р е м н и й л і ж а з ы қ т ы қ д и о д т а р ы рұқсат етілетін токтар және 1600В дейінгі кері кернеу бойынша бөлінеді. Кремнийлі жазық диодтардың жұмыс температурасының жоғары шегі 125 °С. Бұл диодтардың жиілік сипаттамасын жақсарту үшін шоғырландырғыш тұзақ жасайтын және негізгі емес тасушылардың уақытын азайтатын алтын кремнийінде диффузия қолданылады. Мұндай кремний диодтарын жиілік деп атайды, себебі олар 100 кГц дейін жиілікте токтарды түзейте алады. Кремний диодының қызмет атқару мерзімі 100 мың.с. асады. Рұқсат етілетін кері кернеуді көбейту үшін кремний диодтарын 10 кВ дейінгі жеткілікті кері кернеумен тізбектеп түзеткіш тіреулерге түйістіреді. Сонымен қатар, төселме сызба немесе кернеуі еселенген сызба бойынша түзеткіш блоктары шығарылады (4 тарауды қарау).

Диодты жиынтығын пайдалану арқылы селендік түзеткіштер-құрамында әр-түрлі жартылай бар түзеткіштерге негізделген: хлор акцепторлы қоспасы бар және кадмий селениді. Электр тоғының өтуі кадминнің селенмен қарқынды түйісуін және электр тоғының өтуі жергілікті жылытуды жасауы селенді түзеткіштің ерекшелігі болып табылады, бұл гетероауысудың тең көлемді қалыңдығын жасауға мүмкіндік тудырады. Бұл түзеткіштердің басқа ерекшелігі ойылған орындарды өздігінен емдеу, яғни ойық орнында кристалды селен ауытқуы жоғары аморфқа ауысады. Селенді түзеткіштерде рұқсат етілетін токтың тығыздығы 0,1 А/см², кері кернеу 60В, рұқсат етілетін температура шегі-

75 °С. Жарамдылығы-10000с.

Диодтардың шапшаң әрекет туін сипаттайтын ауыспалы процестер олардың сыйымдылығымен ғана емес, сонымен бірге жартылай өткізгіште болатын физикалық процестермен анықталады. Дегенмен диод базасында электр өрісі жоғары болмағандықтан, ондағы тасушылар қозғалысы диффузия заңына бағынады, ал жинақталғандар және таралғандар тұзақтың көлеміне және осыған қатысты шоғырланудың кідіруіне байланысты.

Ток тығыздығы аз болған кезде диодтарда процестер зарядтармен және олардың тосқауыл сыйымдылығының тоқтан айырылуымен анықталады. ток Салыстырмалы түрде үлкен жазықта болса, диод базасында зарядтардың негізгі емес тасушылары жинақталуы маңызды болып табылады. Ауысу процестерінің жиілік сипаттамасына және ұзақтығына диодтың ішкі ауытқуы әсер етеді.

Диодтардың жиілік сипаттамасын есептеуге арналған эквивалеттік сызба 1.4, г сур. көрсетілген.

ВАС қуатымен анықталатын р-п –ауысуының ауытқуы $R = i_d / 1_d$

кұрайды.

Кернеу беру және алып тастау кезіндегі диодтағы ауысу процестерінің ұзақтығы **RC** жасалған.

Сипаттамалар және жиілік жұмыстары диодтардың пасаорттарының деректемелерінде және арнайы анықтама әдебиеттерде көрсетіледі.

Диодтың электр тізбегіндегі ауыспалы процестері және сипаттамалары ол қосылған сырқы тізбектің ауытқуына байланысты. Жүктеме ауытқуы үлкейген кезде диодтағы ауыспалы процестердің ұзақтығы ұлғаяды.

1.4,д суретінде метал-жартылай өткізгіштің түзеткіш ауысуы негізінде Шоттки диодының құрылымы көрсетілген. Сонымен қатар металл n –өткізгіші бар материалдың рөлін, ал жартылай өткізгіштің p немесе p –ауысуы бар. Олар бөлінетін шетте түзеткіш ауысу (ТА) құралады. Қарапайым жартылай өткізгіш диодтағыдай Шоттки диодында, шеті метал жартылай өткізгіштің p немесе n –аймағында түзетпейтін түйістіру ауыспалар бар. Бұл диодтардың шапшаң тасу зарядтарын қолдану есебінен, негізгі емес заряд тасушылары қысқа кезеңде жинақтайтын тез әрекет ете алады.

Жартылай өткізгіш диодтар қолданылатын салалар. Қолданылатын жартылай өткізгіштің түріне және оларды қоспаландыру кезеңіне байланысты ерекшеліктері бар және нақты қызметтік мақсаттағы диодтар жасауға болады.

Әр-түрлі диодтардың түрлерін ерекшеліктерін, олардың параметрлері мен қолдану салаларын қарастыралық.

Түзейткіш диодтар, тоқты төменгі ауыспалы жиілікте түзейтуге арналған, коректндіру құралдарында қолданылады. Кремний, германий және селендік жазық диодтар (балқытылған және диффуздық) бар. Түзейткіш диодтарды қолдану шарттары олардың шектік мәнін анықтайды:

- максималдық орташа тіке ток $I_{пртаx}$;
- максималдық импульсті тіке ток $I_{имп max}$;
- максималдық кері кернеу $U_{обртаx}$;
- $I_{обр}$ кері кернеу берілгенде кер тоқтың орташа мәні $I_{обр}$

Қуатты түзейткіш диодтар мәні 1500А дейін тікелей ток өткізеді, ал жоғары вольтті кремний диодтары 1600 В дейін кері кернеуге шыдайды. Жылулықты бұру үшін қуатты диодтар беті үлкен және жылулығы жоғары метал радиаторларда жөнделеді.

Жоғары жиілікті диодтар (детекторлы, қоспалы және модуляторлы) қуаты аз ЖЖ белгілерді детектрлеу үшін қолданылады. Бұл жағдайда азайту үшін вольфрамды ине ұшында жартылай өткізгішпен p - n –ауысу аймағын құруға мүмкін беретін, түйісу технологиясы қолданылатын диодтың сыйымдылығы белгілі

мәнге ие. Бұл технология келесідей болады: уатты импульс түйісу орнын қыздырады, жартылай өткізгіште вольфрам диффузиясы пайда болады және ол салқындаған соң кішкене ауысу аймағы пайда болады. Мұндай пикофарадтың он бөлгінен тұратын (ПФ) диодтың сыйымдылығы диапазонды 300....600 МГц жұмыс жиілігімен қамтамасыз етеді. Жиілігі жоғары нүктелі диодтарды қыздырмай-ақ металл-өткізгішті қысып түйістіру арқылы жасайды. Мұндай диодтар 20 ГГц дейінгі жиілікте жұмыс жасай алады. Шектік жиілік, ауыспалы токқа дифференциалды тікелей қарсыласу -диодтардың негізгі сипаттамалары $J_d = D_{ip}/D_{1pr}$ (мұндағы D_{ip} и D_{1pr} —тікелей кернеудің және токтың өзгеруі) және C_d диод сыйымдылығы.

Импульстік диодтар (мезодиодтар, зарядтар жинақталған диодтар, Шоттки диодтары)

Импульсті сызбада электронды кілт режимінде жұмыс жасайды, яғни олардың екі жағдайы бар: ашық-жабық. Сонымен қатар диод ашық жағдайда ауытқуы аз, ал жабықта-үлкен болу керек.

Шапшаң әсер ететін импульстік сызбалар диодтың бір жағдайдан басқа жағдайға ауысу уақытымен анықталады.

Импульсі диодтарды қолдану шарттары олардың параметрлерінің шекті мәнін анықтайды:

- максималды тікелей ток $I_{pr_{max}}$;
- максималды импульстік тікелей ток
- максималдық кері кернеу $U^{^x}$
- максималдық кері ток $I_{obr_{max}}$;
- тікелей ток беру кезіндегі диодтағы тікелей импульстік кернеу;
- сыйымдылық C_d ;
- қосылу уақыты $T_{вкл}$;
- кері қарсыласуды орнына келтіру уақыты $T_{вос}$.

Мезодиодтарда р—n-ауысуы жартылай өткізгішті улау жолымен құрастырылады.

Диодтарда р—л-ауысу зарядтары жинақталған кезде диффузия әдісімен құрастырылады, осының арқасында беткі қабатта р және л-аймағының маңында зарядтардың жинақталуын қамтамасыз ететін қоспалардың үлкен шоғырлануы болады.

Зарядтар жиналған кезде диодтар потенциалды ойықтарда зарядтарды жинайды және ұстап қалад. Диодтарды зарядтарды тарату есебінен, сонымен қатар сақтау элементі ретінде токты қосылуын кідіртетін элемент ретінде қолданылады. Осы диодтардың көмегімен әлсіз құралдарда импульстердің кідіруі құрастырылады. Зарядтар жиналған сәттен бастап диодтардың негізінде келесі байланыс құрылғылары жасалды: ПЗС-сызғыштар және ПЗС-матрицалар. Соңғыларды шапшаң әрекет ететін сақтап қалатын құрылғы түрінде

қолданылады.

Шоттки диодтары л-жартылай өткізгіш ауысуы негізінде жұмыс жасайды. Сонымен қатар метал л-жартылай өткізгішке қарағанда шығу жұмысы көбірек. Бөлім шекарасында байланысу түзеткіш ауысуы құралады.

Металл заряды (электрондарды) негізгі тасушылар есебінен тікелей тоқ пайда болады. Сонымен бірге металл л-өткізгішіне қарағанда шығу жұмысын артық атқарады. Бөлім шетінде түйістіру түзеткіш ауысуы құралады, бұл заряд жиналған диодтар Шоттки диодына ауыспайда, яғни диодтардың сыйымдылығы аз p -л-ауысуы ($C_{p-l} < 1$ пФ) және оларды зарядтарды тарату кезеңі жоқ. Осының арқасында Шоттки диодтары шапшаң қозғалуы үлкен және 10 ГГц дейін жиілікті жұмыс жасай алады. Сонымен бірге олар аз тоқтармен және аз кері ойық кернеуімен сипатталады.

Шоттки диодтары транзисторлы кілтті сызбаларда кеңінен қолданылады. Транзисторлы кілт Шотткимен үйлескенде тез әрекет етуі жоғарлайды және Шоттки транзисторы деп аталады. Бұл үйлесу көбінесе логикалық сызбаларда қолданылады.

Стабилитрон-қатты легирленген кремнийден тұратын жартылай өткізгіш жазық диод. Тұрақтандыру ВАС 1(1.4,6 сур қарау) кысық түрі бар. Электрлік тесу учаскесінде $J_\theta = dU/dI$ дифференциалды қарсыласуы өте аз. Кері токтың кенет өсуін, $I_{тесу}$ тең кернеудің маңынан көруге болады. Дегенмен $I_{тесу}$ маңында кері кернеудің өзгеруі кері токтың кері кернеуіне сәйкес болатындықтан, тесік кернеуін тұрақтандыру кернеуі $I_{тұр}$ деп атайды.

Стабилитрондардың негізгі параметрлері:

- тұрақтандыру кернеуі $I_{тесу}$;
- $I_{тесу}$ кернеуі кезінде J_θ дифференциалдық қарсыласуы;
- кернеуді тұрақтандыру температуралық коэффициенті

$$a = (D_{и_{ст}}/I_{ст})/DГ,$$

мұндағы $D_{и_{ст}}$ — D температурасы өзгерген кездегі тұрақтандыру кернеуінің өзгеруі;

- $I_{тұр}$ берілген шекте болатын, I_{min} тұрақтандырудың минималды болатын тоғы;
- I_{max} тұрақтандырудың максималды болатын тоғы;
- $P_{рғх}$ максималды болатын солғын қуаты –

Стабилитрондарды кернеуді тұрақтандыру үшін қоректендіру құрылғыларында қолданылады (4 тарау қарау). Құрылымына, құрамына және құрастырылуына байланысты стабилитрондардың тұрақтандыру

кернеуі әр-түрле мәнде болады. Әр-түрлі номиналы бар, олар 3 тен 200В дейінгі қоректендіру блоктарында кернеуді тұрақтандыру диапазонына ие. Тұрақтандыру стабилитронда кері кернеу болғанда жүзеге асырылады. Ол жақсы жүрсе, тоқтың кернеуге қисық тәуелділігі тік болады, осыған сәйкес дифференциалды қарсыласу аз.

Варикап-әрекет етуі созылған сыйымдылықты және әлсіз легирленген кері кернеуден p — n -ауысуын пайдалауға негізделген жартылай өткізгіш диод. Варикап сыйымдылығы кері кернеу көбейген сайын 500-ден 50пф дейін азаяды. Варикаптар-бұл p және n аймақтары арасында төмен легирленген диодтар. Мұндай диод қайта қосылған кезде кернеуге тепе-тең өзгереді. Варикаптарды АЖЖ (300 МГц-ден 30 ГГц дейін) дециметрлік және сантиметрлік толқын диапазонында басқарылатын резонансты жиілігі бар ауытқу контурларында қолданылады.

Көбінесе варикаптарды радиобелгілерді модуляцияның сызықтық жиілігімен құру үшін қолданылады.

Туннельдік диодтар-легирленген қоспасының жоғары шоғырлануы және p - n -ауысуы тар және тыйым салынған зонасы бар диодтар. Мұндай диод p - n -ауысуында кері қосылу кезінде жоғары кернеу пайда болады және электрондар p -аймағына туннельденеді. Туннельдік әсердің зарядталған бөлшегі потенциалдық тосқауылдан әрі қарай кіру қасиеті бар, оның қуаты потенциалдық тосқауылдан төмен болса да оны жасай алады.

Күшті қуат өрістерінде туннельдік диодтардың p және n аймақтарының шеткі жағында жұқа потенциалдық тосқауыл пайда болуы мүмкін, ол арқылы электрондар туннельдік әсердің арқасында өз қуатын өзгертпестен өте алады. Нәтижесінде құралатын N -тәрізді ВАС төмедемейтін уачкесімен және теріс дифференциалдық өткізгішімен туннельдік диодтарды 10 нан 100 ГГц-дейін жиілікте АЖЖ –ауытқу генераторлары ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Жарықдиоды тікелей инекторлық ток өту барысында жарық түсіреді. Бұл ток инжекциондық деп аталады, себебі ол кезінде электрондар n -аймағынан p - n -ауысуына себіледі. Жарық түсіру заряд тасушылардың шоғырлануымен, сонымен қатар валентті атом электрондарының p - n -ауысуы арқылы p -аймағындағы электрондармен қозуына байланысты. Тоқтың шегі және қоректендіру кернеуі, ВАС тіктігі және квантты шығу (қолданылатын қуаттың сәулелендіру қуатына қатынасы) жарықдиодтарының негізгі сипаттамасы болып табылады.

Суреттідиодтар жарық квантасы жартылай өткізгішінің электрондарды қоздыру әсерін пайдалану негізінде жасалады. Егерде

p — n -ауысуына жарық түсіретін болсақ, онда тікелей және кері өткізгіштікті жасайтын заряд тасушылар (электрондар және тесіктер) пайда болады. Жартылай өткізгіш құрылымын және көшкінді суретті диодтардың өту өзгерістеріне негізделген суретті диодтар көбінесе сезімтал болып келеді. p — n -құрылымының орташа бөлшегінде өзін-өзі әлсіз өткізетін қоспасыз жартылай өткізгіш бар. Дегенмен оның өткізгіштігі жарықтың әсерінен шапшаң өседі және суретті диодқа тікелей немесе кері кернеу берген кезде, берілген жарыққа тепе-тең қарқынмен ток пайда болады. Көшкінді сурет диодтарында күрделі жартылай өткізгіш құрылымдар және жоғары кернеулер (шамамен 100В) қолданылады. Жарықтың әсерінен пайда болатын қозған электрондар жартылай өткізгіш атомдарымен соққыға түсе отырып, электр тоғымен тездетіледі және екінші электрондардың көшкінді ағысын жасайды.

Межелік сезімталдық (кіре берісте сурет қабылдағыштың қуатына токтың өзгеру немесе кернеуге қатынасы) және белгінің кіруін жасау бойынша шектік жиілігі суретті диодтардың негізгі сипаттамалары болып табылады.

Жартылай өткізгіш диодтар электр техникасында кеңінен қолданылады. Оларды белгі жиілігін сыпырушы және белгілерді детектрлеу, ауыспалы кернеуді түзейту, белгілі өріс импульстерін (импульстік диодтар) селекциялау кезінде кернеу сыйымдылығын басқарушы ретінде және т.б. кеңінен қолданылады.

N-тәрізді, S-тәрізді ВАС туннельдік диодтары АЖЖ-ауытқуларын генерациялау үшін қолданылады.

АЖЖ-генераторларында және күшейткіштерде қолданылатын Гана және қайтарымды диодтар сияқты арнайы диодтар бар. Варисторлар-термисторлар сияқты арнайы жартылай өткізгіш құрылғылар қолданылады. Резисторларға қарағанда термисторларда қыздыру кезінде қарсыласу түсіп кетеді. Сондықтан оларды резисторлардың температуралық өзгерісін өтемдеуші ретінде қолданады.

Импультік техникада қосылды-сөндірілді (ток бар-ток жоқ) қағидаты бойынша жұмыс жасайтын диодты электронды кілттер кең тараған. Біртіндеп диодты кілттердің параллельді сызбалары қолданылады. Біртіндеп делген диод (қосудан алуға) кілттерінің сызбасында диод түзейткіштер сияқты (4 тарау қарау) бір бағытта ғана ток жібереді. Параллельді қосылу кезінде тұрақтандырғыштар қолданылады.

1.6. БИПОЛЯРЛЫҚ ТРАНЗИСТОРЛАР

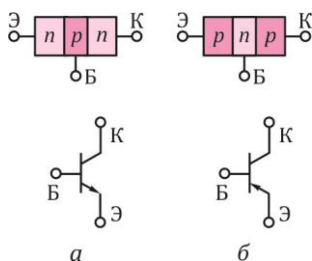
Транзисторлар —бұл үш электроны бар, электрлі вакуумдық тродқа ұқсас, тоқты күшейтуге немесе кернеуге арналған жартылай өткізгіш құрылғылар.Биполырлық транзисторларды әдетте транзисторлар, кеңестік транзисторлар және суретті транзисторлар деп бөледі.

Биполярлық транзистор —бұл үш шеті және p — n -ауысуы бар жартылай өткізгіштен тұратын құрал: Э-эмиттер, Б- базасы және К-коллектор.

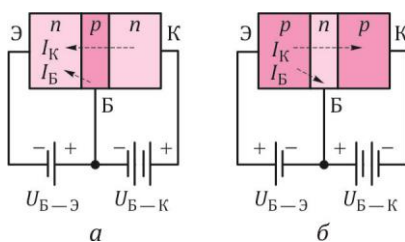
Биполярлық транзисторлардың екі түрі бар: n — p — n -транзисторлары (1.5,а сур.) және n — p — p -транзисторлары (1.5,б сур.).

Олардың жұмыс жасау негіздері ұқсас, p и n -өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштердің саны және ретімен ажыратылады, және де берілетін тұрақты жылжыту қысымының кереғарлығымен ерекшеленеді.

Транзистордың жұмысын базаға араласқан кернеуді беру кезіндегі n — p — p -түрінде қарастыралық (1.6,а сур.).Мұндай транзистордың базаның-эмиттерге ауысуы (немесе қарапайым эмиттерлік ауысу) $i_{Б-Э}$ тікелей бағыттағы кернеумен арасады, сондықтан электрондар $i_{Б}$ тоғын жасау арқылы эмиттер аймағынан осы ауысу арқылы база аймағына өтеді. Бұл тікелей бағытта ығысқан p — n -ауысуының қарапайым тікелей тоғы .Электрондар база аймағына клеген сәттен бастап олар коллектордың оң потенциалдық тартылысын кезіне бастайды.Егерде база аймағын өте тар ететін болсақ, онда барлық электрnodар дерлік ол арқылы коллектроға өтеді және оларды тек қана азғантай бөлігі $i_{Б}$ базалық тоғын құрау арқылы базамен жиналады .



1.5 сурет. n — p — n (а) и p — n — p (б) түріндегі биполярлық транзисторлардың құрылымы және ШГБ



1.6 сурет. Кернеуді базаға ығыстыру кезінде транзисторларда тоқтықтың n — p — n (а) и p — n — p (б) түрінде өту сызбасы

Факті бойынша $I_Э$ эмиттер тоғының барлық электрондарының 95 % астамын I_K транзистордың коллекторлық тоғын құрау арқылы коллектор жинайды. Осылайша, $I_Э = I_h + I_K$.

I_B базалық тоғы өте аз болғандықтан (көбінесе оны шағын амперлермен өлшенеді) , әдетте оларды бейберекет қарайды. Осылайша, эмиттер мен коллектор тоқтары тең және олардың әрқайсысын транзистор тоғы деп атайды.

База-коллектор ауысуы кернеудің кері бағытымен ығысады U_B-K . Бұл транзистордың жұмыс жасауы үшін қажетті жағдай, себебі керісінше жағдайда электрондар коллекторға тартылатушы еді. Сонымен қатар тоқ бағытын таңдау (оң потенциалдан теріс потенциалға) ережесіне сәйкес, транзистор тоғы коллектордан эмиттерге ағады деп есептеледі.

$p-n$ — p -транзисторларында берілетін кернеуді ығыстыру өрісі кері болуы қажет (1.6,б сур.). Мұндай жағдайда транзистор тоғы тоқтардың эмиттерден коллекторға немесе электрондардың коллектордан эмиттерге ауысады.

Транзисторларды қосу сызбалары. Транзисторларды электронды тізбектерге қосудың үш негізгі сызбасы бар.

1. Ж а л п ы э м и т т е р с ы з б а с ы (ЖЭ). Оның жалпы түйіні эмиттер болып табылады:

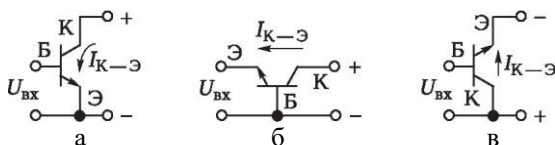
кіру белгісі база мен эмиттер арасында беріледі, ал шығу белгісі коллектор мен эмиттер арасында алынады (1.7,а сур.). Бұл сызба өзінің беріктігі мен тоқ бойынша жоғары коэффициентті күшейтуіне байланысты көбірек қолданылады.

2. Ж а л п ы б а з а с ы з б а с ы (ЖБ).

Ондағы базалық транзистор кіру және шығу белгілеріне арналған жалпы түйіні болып табылады (1.7, б сур.). Эмиттер-кіру, ал эмиттер шығу белгілерін береді. Кіру белгісі эмиттерге беріледі, шығу белгісі – коллектордан алып тасталады.

3. Ж а л п ы к о л л е к т о р л ы с ы з б а (ОК). Бұл сызбада коллектор кіру және шығу белгілерінің жалпы түйісуі болып табылады. Кіру белгісі базаға да беріледі. Мұндай сызбаны эмиттерлік қайталану деп те атайды. (1.7,в сур.)

Транзистор ішкі деңгейде барлық қосу сызбаларында бірдей жұмыс жасайды, яғни тізбектегі оның мәні әрқелкі және сыртқы элементтермен анықталады. Транзисторды қосудың әр сызбасы өзінің келесі негізгі параметрлерімен сипатталады: күшейту коэффициенті, кіру және шығу ауытқуы және АЖС.



1.7 сур. Күшейту каскадтарында транзисторларды қосу сызбасы:

а — жалпы эмиттерімен; *б* — жалпы базамен; *в* — с жалпы коллектормен.

Жалпы эмиттермен бірге сызбасындағы транзисторлардың сипаттамасы.

Транзисторларды статистикалық жағдайда өткізу, яғни кіру белгісінің жоғын келесідей анықтайды:

- кіру сипаттамалары немесе I_B тоғының $I_{B \rightarrow}$ кіру тоғына тәуелділігі;
- кіру сипаттамалары немесе кіру тоғының I_K $I_{K \rightarrow}$ шығу кернеуіне тәуелділігі;
- табыстау сипаттамалары немесе шығу тоғының I_K кіру тоғына I_B немесе $I_{B \rightarrow}$ кіру кернеуіне тәуелділігі;
- $n-p$ -п-транзисторларына қатысты сипаттамаларды қарастыралық.

$n-p$ -п-транзисторлары үшін тұрақты ток кернеуінің өрісін өзгерту қажет. $n-p-n$ - транзисторын сипаттау үшін үш сипаттама қолданылады: кіру, шығу және өту.

Кремний және германий негізінде $n-p$ -п-транзисторларының кіруін сипаттау 1.8, а сур. көрсетілген. Олардың тікелей бағытта ығысқан p -п-ауысу диодтарының вольтті-амперлік сипаттамасынан еш өзгешелігі жоқ, яғни мұндай жағдайда кіру (база-эмиттер ауысуы) кезінде осындай ауысу болып табылады. Диодтағы сияқты I_B кіру тоғы эмиттер ауысуынан осы ауысуда таоап етілетін тікелей кернеу мәні (германий үшін 0,3 және кремний үшін 0,6) белгіленеді. Егерде бұл кернеу орнатылған болса, онда база мен $I_{B \rightarrow}$ эмиттері арасындағы әлсіз өзгеріс база тоғының катты күшеюіне әкеледі.

Осылайша, транзисторды кернеуді емес токты басқаратын элемент ретінде қарастыруға болады. $I_{B \rightarrow}$ кернеуі аз болғанда және I_B базасы токтарында кіру сипаттамасының көлбеуленуі арқылы анықтауға болатын $I_{B \rightarrow} = dI_B / dU_{BE}$ дифференциалды кіру ауытқуын қолданады.

Транзистордың кіру қарсыласуын ауысу проеестерін есептеу кезінде және алдағы кернеу көзінің жүктеуі немесе күшейткіш каскадын есептеген кезде ескерген маңызды.

Шығу сипаттамалары. Коллектор тоғының I_K (шығу тоғы) коллектордағы $U_{K \rightarrow}$ (шкернеудің шығуы) кернеуімен байланысқа түсуін анықтайтын транзисторлар, базаның I_B (токтың кіруі) белгілі бір ток мәні 1.8, б сур. көрсетілген. Бұл қисықтар сонымен бірге I_B кіру

тоғының және I_K шығатын тоғы және $I_{K-Э}$ шығу кернеуімен өзара байланыс орнатады. Мысалы, шығу сипаттамасы бар транзисторлар үшін (1.8, б сур қарау) $I_E = 40$ мкА и $I_{K-Э} = 6$ В кезінде коллектор тоғы $I_K = 4$ мА (А нүктесі). Базаның таңдаған тоғына және коллекторына сәйкес $I_{K-Э}$ кернеуі шығу сипаттамасымен жеңіл анықталады. C нүктесі толығымен жабылған транзистордың жағдайына, ал B — толығымен ашық нүктеге сәйкес келеді.

Транзисторлардың жіберу сипаттамалары (оларды өтпелі деп атайды) кіретін және шығатын транзистор тоқтары арасында белгіленеді. 1.8, в суретінде I_K коллектор транзисторы тоғының I_E базасына тәуелділік кестесі көрсетілген. Осы сипаттаманың көмегімен тоқт күшейтудің статистикалық коэффициентін есептеуге болады. Мысалы, егерде А нүктесі- транзистордың жұмыс нүктесі болса, онда кесте бойынша $I_E = 40$ мкА и $I_K = 4$ мА анықтаймыз, осығай сәйкес $\rho = 4 \cdot 1\,000/40 = 100$, яғни алдыңғыдағыдай нәтиже аламыз.

Кез-келген транзистордың өте маңызды параметрі оның тұрақты тоқ бойынша күшейту коэффициенті-тоқты күшейтудің статистикалық коэффициенті. Бұл коэффициент статистикалық режимде болатын, яғни кіру белгісінің болмауы сияқты транзисторға тән.

Тоқты күшейтудің статистикалық коэффициенті шексіз жоғары, себебі шығу тоғы базадағы кіру тоғына қатысты.

$$\nu = I_K/I_E. \quad (1.1)$$

Коэффициентті транзистордың шығу сипаттамасының көмегімен есептеуге болады. Мысалы, егерде транзистор А (при $I_E = 40$ мкА и $I_K = 4$ мА), то $\nu = 4-1\,000/40 = 100$ жұмыс нүктесімен анықталатын режимде жұмыс жасайтын болса, яғни тоқ бойынша күшейту коэффициенті 100 тең.

Егерде коллектор тізбектеріне резистор орнатылатын болса, транзистордағы тоқтың өзгеруі, ол арқылы өтетін тоқ күшіне тепе-тең болатын осы резистордағы кернеудің төмендеуіне әкеледі. Сондай-ақ транзистор базасының басқарушы тоғы базаға берілетін кернеуге тең. Осыған сәйкес, резистор коллекторын дұрыс таңдау барысында күшейту коэффициенті кернеу бойынша тоқ бойын күшейту коэффициентіне жақын болады.

$I_E = 0$ кезіндегі кысықтық өткізбейтін транзистор жағдайына сәйкес, яғни кернеудің мәні $U_{K-Э}$ эмиттер ауысуындағы тікелей кернеу мәнінен аз.

Тәжірибе бойынша $I_E = 0$ кезінде транзистор тоғы нөлге тең, дегенмен шынымен де ағып кететін өте әлсіз тоқ коллекторлық ауысу арқылы ағады.

Жалпы айтқанда сипаттаманың сызбалық учаскелерінде тоқты күшейтудің u_K кезінде $\nu_{диф} = d^{\wedge}/d^{\wedge}$ (оыс жерде және одан кейін де $d-$

дифференциал немесе ұлғаю) дифференциалдық коэффициенті анықталады.

Коллектор тоғының I_K - I_E базалы тоғына тәуелділігінің орнына қисыққа өте ұқсайтын, 1.8,в сур көрсетілген қисыққа өте ұқсайтын U_E — базасындағы кернеуге I_K тәуелділігін құруға болады. Мұндай көлбеулік сызық учаскеде шығу сипаттамасының қисықтығын көрсетеді:

$$S = dVdU_{E-3}. \quad (1.2)$$

Базадағы кернеудің дифференциалдық кіру қарсыласуы арқылы өтетін база тоғына байланысуын ескеру арқылы, яғни $dU_{E-3} = R_{E-3} dI_{E-3}$ аламыз:

$$S = dI_K / (R_{E-3} dI_{E-3}) = (dI_K / dI_{E-3}) / R_{E-3} = P / R_{E-3},$$

немесе

$$P = S R_{E-3}. \quad (1.3)$$

Формулаға сәйкес (1.3), соңғы үш параметр өзара байланысты және олардың екеуін білетіндіктен, үшіншіні анықтауға болады. Бұл параметрлер аз белгілі деп аталады, яғни тоқ немесе кернеу аз болғанда транзистордың жұмысын сипаттайды. Тоқ және кернеу транзисторда көп болғанда, ткектірілген тәуелділіктер бұрмаланады және сызбалы сипаттамаға ие болады. Сонымен қатар, транзистор p — n -ауысуы кезінде, диодтағыдай кері кернеу үлкен болғанда көшкінді, жылулық және туннельдік түрлерінде тесіктер пайда болуы мүмкін.

Жалпы көбінесе транзисторлардың кіру және шығу кернеуінің өзгеруіне тәуілділігі кезіндегі кіру және шығу токтарын мынадай түрде жазуға болады:

$$dI_E = y_{11} dU_{E-3} + y_{12} dU_{K-3}; \quad (1.4)$$

$$dI_K = y_{21} dU_{E-3} + y_{22} dU_{K-3},$$

мұндағы $y_{11} = 1/R_{E-3}$ — транзистордың кіру өткізгіші; $y_{12} = S_E$ —базаға тоқты кер қайтару сипаттамасының тіктігі (жиілігі аз); $y_{21} = S$ — өткізу сипаттамасының тіктігі; $y_{22} = 1/R_{K-3}$ — транзистордың шығуды өткізуі.

Егерде жұмыс жиілігі ретінде (управляющих) кіру тоғын I_E және коллекторлық кернеуді U_{K-3} алатын болсақ, базада және тоқтың өзгеруін келесідей көрсетуге болады:

$$dU_{E-3} = h_{11} dI_E + h_{12} dU_{K-3}; \quad (1.5)$$

$$dI_K = h_{21} dI_E + h_{22} dU_{K-3},$$

мұндағы $h_{11} = R_{E-3}$ — кіру ауытқуы; $h_{12} = A_E$ —кері қайтару коэффициенті (аз жиілік); $h_{21} = \beta$ — тоқ бойынша күшею коэффициенті; $h_{22} = 1/R_{K-3}$ —кіру өткізгіші.

Сонымен қатар, транзисторларды диодтар сияқты қолдану, орындау және құрылымы бойынша бөледі.

Жоғары жиілікті күшейту, генераторлар және қоспалармен жұмыс жасауға арналған жоғары жиілікті транзистордың да көлемдері шағын, ауысу сыйымдылығы азғантай, шуыл деңгейі төмен болғандықтан сипатталады. Күшейту бойынша кіру каскадтары үшін тоғы (100 дейін) және шуылы төменгі жоғары коэффициентті транзисторы жасалған.

Қуатты каскад күшейткіштер үшін тоқты 10А дейін өткізетін транзисторлар жасалған. Бұдан да қуатты транзисторлар күш түсетін орнатулар және электрлі жылжытқыштарды басқару үшін жасалған. Түйінді және күшейткіш каскадтарда және каскадты және жоғары күшейту коэффициентті транзистор түрінде Дарлингтон (2.21, в сур. қарау) және каскадты (2.21, г сур. қарау) сызбасында орындалған құрастыру транзисторлары қолданылады.

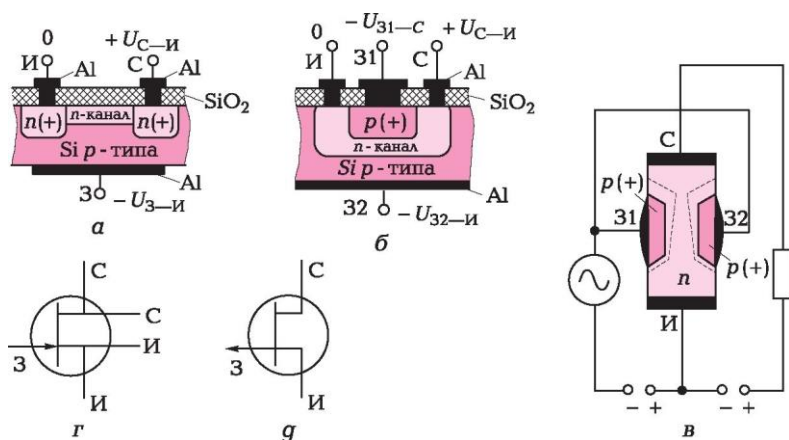
1.7. ӨРІС ТРАНЗИСТОРЛАРЫ

Өріс транзисторлары — тоқты немесе кернеуді күшейту үшін өтетін ток электр тоғымен басқарылатын жартылай өткізгіш құралдары p — n -ауысуынан және диэлектр бекітпемен басқарылатын өрістерге бөлінеді.

p — n -ауысуымен басқарылатын өрістік транзисторлар.

1.9, а, б суретінде бір және екі p — n -ауысу басқарушы транзисторлары бар өрістік транзисторлардың жартылай өткізгіштері келтірілген. Өрістік транзисторлардың үш электроды бар: И бастауы, С ағуы және З бекітпесі. Шамдағы катодқа ұқсас электрод бастаушы деп аталады, анодтың рөлін ағу орындайды. Негізгі тасушы тоқтар n -каналды өткізгішімен және бекітпедегі кернеумен басқарылады (1.9, в сур.). Бекітпеге кернеу беру арқылы, p — n -ауысу енін басқаруға, каналдың көлденең өткелін реттеуге және осылайша оның өткізілуін өзгертуге болады. p — n -ауысуының ені қайта ығысумен ауысады (бастауға алуды және бекітпеге қосуды қосу арқылы). Сонымен қатар, потенциалды тосқауыл көбейеді және тасушылар біріктірген аймақ кеңейеді және осыған сәйкес қарсыласу және өткізгіш каналдағы ток өзгереді.

Л және p каналдармен транзисторлардың ШГБ 1.9, г, д, суретте көрсетілген.

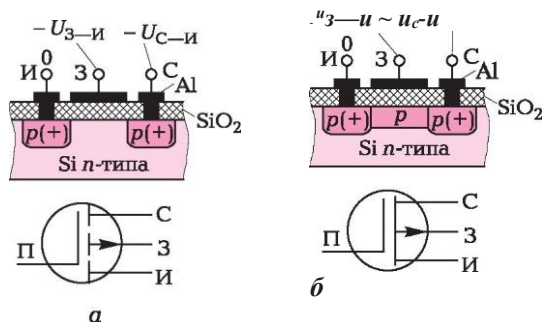


1.9 сурет. Бір (а) және екі (б) басқарылатын ауыспалы транзисторлардың құрылымдары; оларды қосу сызбасы және n (г) және p (д) түріндегі каналды транзисторлар үшін ШГБ.

Өрістік транзисторлардың жиілік сипаттамасы заряд уақытымен және тосқауыл сыйымдылығының тоқтан айырылу уақытымен анықталады. Төмен жиіліктеде өріс транзисторларының кіруге қарсыласуы тоғымен жоғары $L_{3-И}$ кіру статистикасымен анықталады. Жиілік өскен кезде кірудің қарсыласуы азаяды, сондықтан үлкен жиіліктерде қуаттырақ кіру белгісі қажет. Сонымен қатар, өткізгіш сыйымдылығына негізделген кері түйісудің әсерінен жоғары жиіліктерде күшейту коэффициенті түседі.

Оқшауланған бекітпелі өрістік транзисторлар (МОЖ-транзисторлар). Металл-оксид-жартылай өткізгіш (МОЖ) технологиясы бойынша әзірленген өрістік транзисторлардың өткізетін жартылай өткізгіш каналынан ажыратылған металл бекітпесі бар. Олар МОЖ-транзисторлары (110 сур.) деп аталады. Кремний оксиді (SiO₂)-диэлектр болғандықтан, оларды МДЖ-транзисторлары (металл-оксид-жартылай өткізгіші) деп атайды. Төсем P p -өткізгішті жартылай өткізгіштен, ал кіріктірме канал-жартылай өткізгіштен n -өткізгішімен жасалады. Жартылай өткізгіштің каналы бекітпенің металл қабаты жағылған диэлектрлі қабатпен жабылған. Бекітпеге кернеудің теріс тосқауылын бергенде электрондар өткізгіш каналынан оның қарсыласуын көтере отырып, ығысады. Бекітпеге кернеудің оң потенциалын бергенде өткізгіш каналындағы электрондар көлемі үлкейеді және ондағы қарсыласу түседі, ал тақ өседі.

Кейбір МДЖ-транзисторларының кірістірілген өткізгіш каналы бар (1.10,а сур. қарау).Бекітпеге теріс кернеу бергенде олардағы өткізгіштік туындайды.Сонымен қатар, бекітпе астындағы төсеніште оның өз зарядтарын үлкейтуінің есебінен ықпалдандыратын канал пайда болады.



1.10 сур. Ықпалдандырылған және р-каналымен кірістірілген өрістік МОЖ транзисторларының құрылымы және ШГБ.

Мұндай транзистордағы тоқ күші оның потенциалы теріс болғанда бекітпемен басқарылады. Потенциал оң болғанда заряд тасушылар сан кенет төмендейді және транзистор жабылады. Мұндай транзисторлар түйісу өрістік каскады ретінде жақсы жұмыс атқарады.

МДЖ-транзисторларының сипаттамасы шамамен өріс транзисторларындай р-п-ауысуымен басқарылады.МДЖ транзисторларының тез әрекет етуі бекітпе мен канал арасындағы қайта зрядталу уақытымен анықталады.Кіру тізбегінде сыртқы қарсыласу аз болған кезде олардың жиілік диапазоны 10ГГц жетуі мүмкін, дегенмен шығу белгісі катты әлсізденеді.Егерде өзіндік кіру қарсыласуы жоғары болу кезінде МДЖ-транзисторларын қолданатын болсақ, бекітпе сыйымдылығының тұрақты қайта зарядталуы кенет өседі және оның жұмыс атқаратын диапазоны жиілігі бірнеше мегагерцке дейін төмендейді.

Өріс транзисторларындағы түйісу каскадтары сызбаны жеңілдетеді және олардың беріктігін көтереді.Өріс транзисторларының кірмелік кедергісі жоғары және қарапайым биполярлы транзисторлардағы токпен емес бекітпеге берілетін кернеумен басқарылады.

Өріс транзисторларының биөріске қарсы тиімділіктері:

- жоғары кірмелік кедергі;
- басқару тізбегіндегі қуатты жоғалтпай-ақ тек кернеумен жүзеге асырылады;
- белгілі бір 40 ГГц дейін жиілікте жоғары жиілік жасауға мүмкін беретін МОЖ транзисторларда бекітпе

сыйымдылығы аз.

Суретті ранзисторлар. Суретті транзисторлардың МДЖ-транзисторлары сияқты құрылымы бар. Оларды басқару электронының орнына, өзінің өткізгіші төмен болатын жартылай өткізгішпен орындалған өткізгіш каналына жарық беретін терезесі бар. Жарық түрген кезде жартылай өткізгіште қос электронды-тесік пайда болады, сонымен қатар бастау мен ағы арасында электр тоғы пайда болады (1.9 бөлім қарау).

Зарядты байланысы бар жартылай өткізгіш құралдар.

Зарядты түйісу бар жартылай өткізгіш құралдарда (ЗТЖ) МДЖ-құрылымының астында негізгі емес заряд тасушылар жинақталады. Электр өрісінің әсерінен ЗТЖ астында жартылай өткізгіште потенциалды ойықтар пайда болады, олар жинақталады және зарядтарды сақтайды.

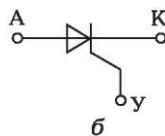
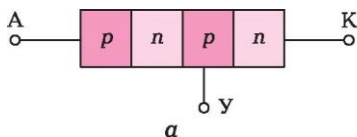
Егерде бекітпелер бірнеше болса және олар сызық бойымен орналасатын болса, көршілес потенциалды бекітпе ойығына кернеу беру арқылы зарядты басқа потенциалды ойыққа ауыстыруға болады. Құрылымы жағынан ЗТЖ өрістік МДЖ-транзисторларына ұқсас. Олардың төсеніші, бастауы және тізбектеліп орналасқан бірнеше бекітпелері бар.

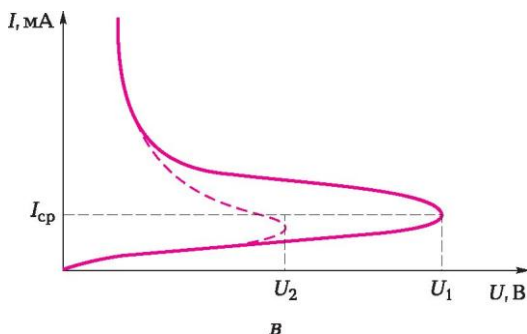
ЗТЖ келесі бағытта қолданылатын әр-түрлі түрлері бар:

- электронды есептегіш машиналардың (ЭВМ) жедел жадыда сақтау құралдары;
- суретті электр белгілерінде сақтау және қайта өзгерту құрылғылары;
- ұқсас ақпараттарды өңдейтін құралдар.

ЗТЖ және оларды қолдану туралы түбегейлі ақпаратты арнайы әдебиеттерден табуға болады.

1.8. ТИРИСТОРЛАР, ДИНИСТОРЛАР ЖӘНЕ И СИМИСТОРЛАР





1.11 сурет. Басқарушы электродтары бар (а), оның ШГБ (б) және ВАС (в)
 $p-n-p$ -тиристорының құрылымы.

Жабық жағдайда тиристордың қарсыласуы шамамен 10^7 Ом нан басталады, онда құрамында 10^{-6} А (микроампер) бар. Тиристордағы ток ашық қалпында 0,1-ден 1,0 А-дейін құрайды.

Осылайша, ток және қуат бойынша өте жоғары коэффициентке ие тиристор жақсы негізгі құрылғы болуы мүмкін.

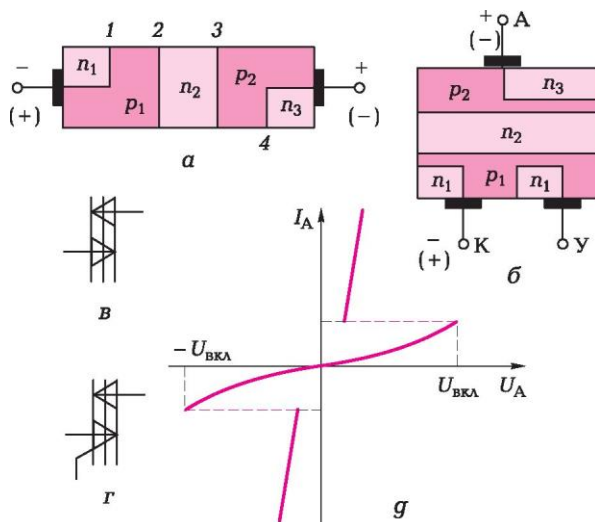
Жабық жағдайда тиристордың кедергісі 10^7 Ом-нан басталады, ондағы ток шамамен 10^{-6} А (микроампер) құрайды. Осылайша, ток және қуат бойынша күшейту коэффициенті өте жоғары тиристор жақсы түйісу құралы болуы мүмкін.

Динистор-бұл электронды басқарылмайтын тиристор. Динисторларды белгілі бір кернеу жоғарлаған кезде электронды кілттер сияқты қолданылады.

Электронды құрылғыда тікелей және кері қосылу кезінде қайта қосылатын симметриялы диодтық динисторлар және триодты тиристорлар қолданылады.

Симметриялы диод тиристорының құрылымы- **симистор** (1.12, а, в сур.) төрт $p-n$ - ауысуды құрайтын өткізу түрлерін кезектейтін бес жартылай өткізгіштен тұрады.

Оң электродқа оң кернеу берген кезде, сол жақ **1** және **3** жартылай өткізгіш ауысуында терісі тікелей кернеу болады, **2** және **4** ауысуында —кері болады: ток өскен кезде олардағы кернеудің төмендеуі үлкейеді және **1** ауысуы ығысу үшін жеткілікті тікелей бағытта, ал **4**- кері ауысуы болады. Нәтижесінде n_1 -аймағынан p_1 -аймағына электрондар инекцияланады, одан әрі оларды p_2 -аймағына жинақтайды.



1.12сурет. Симметриялы диодты және триодты тиристорлар
(в,г) және диодты тиристор ВАС (д) құрылымдары:
1...4 — жартылай өткізгіш ауысуы.

Тесіктер p_2 -аймағы арқылы p_2 -аймағында кезігеді және олар p_1 аймағында жинақталады. Сонымен бірге p_3 аймағы тоқты құрастыруға қатыспайды, себебі 4 кері бағытта ығысады.

Осылайша, $p_1-r_1-p_2-r_2$ құрылымының жұмысы тиристор жұмысына ұқсайды. Берілетін кернеу өрісін ауыстыру барысында $p_1-r_1-p_2-r_2$ құрылымы жұмыс жасайды және онда өтіп жатқан процестер тиристорға сәйкес болады. Физикалық процестердің симметриясы кернеу тікелей және кері қосылғанда диодты тиристорлардың ВАС симметриясын анықтайды (1.12, д сур).

Симметриялы триодты тиристорда (1.12, б, г суреті) А және К негізгі электродтары p және r аймақтарымен бір уақытта түйіседі. Дәл n - және r -аймақтарымен түйіскен U электроды, сәйкес өріс кернеуі арқылы кез-келген бағыттағы тоқты басқарады. Симистрлердің бұл қасиеті ауыспалы кернеу қуатын орнату кезінде тоқты реттеу үшін, мысалы электр моторларында қолданылады.

Тиристорларды басқару, яғни оны қосу $n-p-n-r$ жарық түсіру жолымен жүзеге асырылады. Бұл жағдайда құрал суретті тиристор деп аталады. Жартылай өткізгіш құрылымы бойынша свет арқылы жарық диодына жарық түсіргенде, онда қос электронды-тесік пайда болады, ол тоқтың пайда болуына және тиристордың қосылуына мүмкіндік береді.

Жартылай өткізгіш құралдарды маркалау.

Қазіргі таңда жартылай өткізгіш құралдарды маркалау шартты

белгілер қарастырылған, төрт элементтен тұратын, МЕСТ 10862—94 сәйкес жүргізіледі.

Б і р і н ш і элемент — бастапқы материалды білдіретін (Г немесе 1 — германий; К немесе 2 — кремний; А немесе 3 — арсенид галлия) әріп немесе сан.

Екінші элемент — әріп,жартылай өткізгіш құралының сыныбын көрсететін: Д — диодтар; Т — транзисторлар; Ф —суретті құрылғылар; С — стабилитрондар; В — варикаптар; И — туннельді диодтар; Н —басқарылмайтын бірнеше қабатты қайта қосылатын құрылғылар; У — басқарылатын бірнеше қабатты қайта қосылатын құрылғылар (тиристорлар, симисторлар); А —аса жоғары жиілікті диодтар; Ц —түзейткіш тіреулер және блоктар.

Үшінші элемент — осы сыныптың ішінде анықталған топқа жататын анықтайтын үш белгілі сан.

Диодтар: 101 ...399 — түзейткіш; 401 ...499 — әмбебап;

501.599 — импульстік.

Транзисторлар: 101.399 — қуаты аз (101... 199 — жиілігі төмен, 201.299 — орташа жиілікті; 301.399 — жиілігі жоғары; 401.699 — қуаты орташа (401.499 — жиілігі төмен;

— орташа жиілікті, 601.699 — жоғары жиіліктеі); 701.999 — жоғары қуатты (701.799 — жиілігі төмен, 801.899 — орташа жиілікті, 901.999 — жиілігі жоғары).

Суретті құрылғылар: 101.199 — суреттідиотары; 201.299 — суреттітранзисторлар.

Стабилитрондар: 101.399 — қуаты аз (101.199 — 0,1 - 9,9 В; 201.299 — 10 - 99 В; 301.399 — 100ден - 199 В дейін); 401.699 — қуаты орташа (401.499 — 0,1 ден 9,9 В дейін ;

501.599 — 10 нан 99 В дейін ; 601.699 — 100 ден 199 В дейін); 701.999 — қуаты үлкен (701.799 — 0,1 ден 9,9 В дейін; 801.899 — 10 нан 99 В дейін; 901.999 — 100 ден- 199 В дейін).

Туннельдік диодтар: 101.199 — күшейткіштер; 201.299 — генераторлық; 301.399 — қайта қосылушылар.

Қайта қосылатын көп қабатты құралдар (басқарылатын және басқарылмайтын), тиристорлар мен симисторлар жататындар: 101.199 — қуаты аз; 201.299 — қуаты орташа; 301.399 — қуаты үлкен.

Аса жоғары жиілікті диодтар: 101... 199 — қоспалы; 201 .299 — бейнедетекторлар; 301.399 — модуляторлық; 401 .499 — параметрлік; 501.599 — қайта қосылатындар; 601.699 — көбейтілетіндер.

Түзейткіш тіреулер: 101.199 — қуаты аздар; 201.299 — қуаты орташа; 301.399 — қуаты үлкен.

Түзейткіш блоктар: 301.399 — қуаты аздар; 401.499 — қуаты орташа; 501.599 — қуаты үлкен

Төртінші элементтің белгісі (міндетті емес) — әріп, құралдардың бір түрін келесіден ажырататын немесе құрылуына байланысты.

Мысалы: КД202Б — 202 түріндегі кремнийлі түзеткіш диод; КС147А — тұрақтану 4,7 В кернеуі бар, қуаты аз кремний тұрақтандырғышы, А тепе-теңдік; 1Т403Ж — орташа қуатты германий транзисторы, жоғары жиілікті, 403 түрінде, Ж өзге түрі.

1989 ж. шығарылған тиристорлар сыныпталады және МЕСТ 20859.1—89 белгіленген белгілеу жүйесі бар.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электронды техника дегеніміз не?
2. Қандай құрылғылар вакуумды және қатты денелі электрондарға ажатады?
3. Электронды техникаларды қандай салаларда қолданылады?
4. Заманауи электронды техника қандай құрылғыларда жасалады?
5. Электрондық техникада қандай материалдар қолданылады және олар электр өткізгіштігі бойынша қалай бөлінеді?
6. Жартылай өткізгіштердің қандай қасиеттері және сипаттамалары бар?
7. Өзін өткізу дегеніміз не және ол неге тәуелді?
8. Электронды және тесік өткізгіштер неге тәуелді?
9. р-п-ауысу дегеніміз не және оның қасиеттері қандай?
10. Какие электровакуумные приборы вы знаете и для чего они нужны?
11. Что такое электронная лампа?
12. Қандай электрондық-сәулелендіру құралдарын білесіз және олар не үшін қажет?
13. Қандай газразрядтарын білесіз және олар не үшін қажет?
14. Газды лазер дегеніміз не және оны қалай қолданады?
15. Қандай диодтардың түрін білесіз және олар қалай қолданылады?
16. Варикап дегеніміз не және оны қалай қолданады ?
17. Қуаттар қалай түйіседі және диодтардың жұмыс жиіліктері?
18. $n-p-n$ және $p-p-p$ -транзисторларының құрылымы қандай және ШГБ?
19. Транзисторлардың қандай сипаттамалары бар және олар қалай тағайындалады?

20. Транзистордың кіруін және шығуын сипатта.
21. Тоқты күшейтудің коэффициенті қалай анықталады?
22. Транзистордың шығу сипаттамасы қалай анықталады?
23. Транзистордың параметрлері (u және h) қалай белгіленеді және олар нені білдіреді?
24. $p-n$ -ауысуымен басқарылатын өрістік транзистордың құрылымы қандай және ШГБ ?
25. каналы келтірілген және ықпалдандырылған өрістік МОЖ (МДП)-транзисторларының құрылымы қандай?
26. Биөрістімен салыстарғанда МОЖ тиімділігі қандай?
27. ВАС құрылымы және тиристор ШГБ қандай?
28. ВАС құрылымы және симистор ШГБ қандай?

АҚПАРАТТЫҚ ЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ АППАРАТТЫҚ ШЕШІМДЕРІ

2.1. ЭЛЕКТРОНДЫҚ КҮШЕЙТКІШТЕР

Ақпараттың ең үлкен бөлігін адам ұқсас (ажырамас) нысанда, сонымен қатар жоспарлы түрде алмастыратын дыбыстар түрінде түсінеді. Бұл дыбыстық сигналдар сөйлесу мен музыка түрімен, көрнекті теледидарлық суреттер. Ұқсас электрондық қондырғылар тікелей уақытында күшейткіштер немесе тоқ алмастырылатын түрінде сигналдарды өндірілетін қондырғылар болып аталады. Оларға электрондық күшейткіштер, генераторлар, импульстық қондырғылар, модуляторлар, сигналдардың жиілігін өндіргіштер, бастапқы есептегіштер (сумматорлар, көбейткіштер, интеграторлар, дифференциаторлар) жатады.

2.1.1. Электрондық күшейткіштер пайдаланудың түрлері, параметрлері мен аумақтары

Электрондық күшейткіштердің жұмысына қойылатын ең басты талап – сигналдардың күшейту кезінде олардың нысанын сақтау тәсілі. Бұл жағдайын сигналдарға қиын орындауға, ақырын алмастырылатын тоқтар немесе қосылулармен, сондай-ақ тез арада алмастырылатын тоқтар мен қосылулармен. Сондықтан үнемі тоқ күшейткіштер мен жоғары жиілігі бар күшейткіштерді атайды.

Электрондық күшейткіштер тағайындауына және сызба техникалық шешіміне сәйкес бөлінеді:

- үнемі тоқ күшейткіштері;
 - төмен жиілігі бар күшейткіштер (дыбыстық);
 - жоғары жиілігі бар күшейткіштер (радиотехникалық);
 - импульстық (кең аумақты) күшейткіштер;
-
- резонанстық (қысқа аумақты) күшеткіштер;

- операциялық күшейткіштер.

Сонымен қатар, тағайындауына қарай қосылудың, тоқтың және қуаттың күшейткіштерді атайды, олар соңғы каскадтарда пайдаланады.

Қазіргі кезде электрондық күшейткіштер мамандандырылған микро сызбалар түрінде пайдаланады. Арнайы кең аумақты күшейткіштер ең қысқа импульстарға керек қысқа фронттар мен мен сызықтарымен, олар көп жоғары жиілігі бар құрайтын (гармонигі) бар. Арнайы кең аумақты күшейткіштер микрос сызбалар түрімен бірнеше каскадтармен және кіріспе электродтармен күшейткіш сыртқы элементтерін қосылуымен (резисторлар, конденсаторлар, индукциялықтар) орындайды.

Ең әмбебап микро сызбалар жоғары коэффициенттері бар күшейтуімен операциялық күшейткіштер болып табылады. Олар үнемі токтарды күшейтуі мүмкін, өзіне салыстырмалы кіріспе күшейткішті қосылып және әр түрлі сыртқы элементтерімен пайдалануы мүмкін. Сонымен қатар олардың функциялары өзгеріледі.

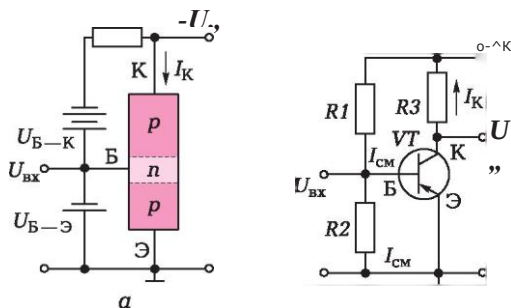
Микро сызбалардың үлкен мүмкіндіктеріне қарамастан әр жағдай да аумақты транзисторларда күшейткіштерді төменгі дыбыстық сипатталарымен, үлкен кіріс қарсылықпен қосылу бойынша жоғары күшейту коэффициентпен тиянақты құру. Күшейткіш каскадтардың ерекшеліктерінің білуі әр түрлі электрондық элементтерінде ең тиімді сызбалы техникалық шешімін алуға рұқсат етеді.

2.1.2. Транзисторлық күшейткіш каскад

Күшейткіш каскадтың ең танымал сызбаны қарастырамыз $p-n-p$ -транзисторда жалпы эмиттермен. Қосылу сызбасы $p-n-p$ -транзистор күшейткіш каскадта жалпы эмиттермен 2.1, сур. *a*. көрсетілген.

Шығу сипаттамағы линейлі аумағында транзистордың жұмысына оның базасына, R_1 , R_2 резисторларда қосылудың аралығыш көмегімен қажетті қосылу береді. Бұл үнемі тоқтың қосылудың бұлағымен ғана 10 В қосылуымен пайдалануға болады.

Токтың цепь арқылы шығуы R_1 , R_2 резисторларымен қосылудан қосымша қуатын пайдалануына байланысты. Осы токты төмендеуге үшін жоғары сапалы қарсылық резисторларды пайдаланады $R_1 = 50$ кОм и $R_2 = 10$ кОм.



2.1. Сур. Базалық қосылуға арналған пайдалану сызбалары $p-n-p$ -транзистор:
 a — с бұлақтары ЭДС; $б$ — қосылу айырғышымен

$R1$ и $R2$ резисторлар номиналдарын өзгере отырып, 0,625 базасында қосылуын өзгеру мүмкін. Бірнеше жағдайларда базалық кетуі $R1$ резистор қарсылығы арқылы ғана жасайды.

Сондай-ақ кету тәсілдері $p-n-p$ -транзистор, осындай жағдайда ғана қосылу көзі $U_{К-Э}$ жағымсыз полярлық қосылуымен пайдаланады..

Эмиттерлік кіреберістің тік кетуіне үшін база потенциалы эмиттер потенциалы «жоғары» болуы қажет, сондықтан $n-p-n$ -транзисторында эмиттеріне ең жағымды және $p-n-p$ -транзисторында эмиттеріне ең жағымсыз болуы керек. Пайдаланатын транзистор түрінен қарамастан бапза потенциалы әрқашан эмиттер потенциалынан жоғары болуы керек, коллектор потенциалынан төмен болуы қажет.

Коллектордан шығу қосылуын алу үшін оның цепіне жүктеме резистор $R3$ қосылады, сонымен қатар коллекторлық болып аталатын (2.1, б сур.). I_K коллекторлық тоқ, коллекторлық резистор арқылы өтетін $R_K = R_3$ қарсылығымен, онда қосылуын төмендетеді U_{R3} . Сондықтан, Ом заңы бойынша $U_{R3} = I_K R_3$.

Барлық қосылулар корпус арқылы немесе жер потенциалымен өлшенетін болса, коллекторлық қосылымы $U_{К-Э}$ коллектор мен потенциал арасындағы потенциалдар сызбалардың айырмашылығы юлып табылады. Сызбадан $U_E = U_{R3} + U_{К-Э}$, қосылу бұлағы, сондықтан, $U_{Д-Э} = U_E - U_{R3}$.

$R_3 = 3,3$ кОм қарсылықпен кәдімгі резисторына үшін, сызбада көрсетілген, $I_K = 1,2$ мА и $U_E = 10$ В қабылда отырып, $U_{R3} = I_K R_3 = 1,2 \cdot 3,3 = 4$ В аламыз. Сонда $U_{Д-Э} = U_E - U_{R3} = 10 - 4 = 6$ В. сонымен қатар коллектор қосылуы 10 бастап 6 В дейін өзгертілуі мүмкін.

Осындай рөлді коллекторлық резистор $n-p$ -транзистормен орындайды.

Қосылу бойынша күшейткіш коэффициенті транзисторлық каскадтың коллекторлық резисторымен R_K формула бойынша негізделеді

$$K = -\frac{dI_K}{dI_B} = -\frac{dI_K}{dI_B} = -K_{K1} \frac{dI_K}{dI_B}.$$

S транзистор күштілігіне үшін формула есептеуімен (1.2) аламыз

$$K = -R_K S. \quad (2.1)$$

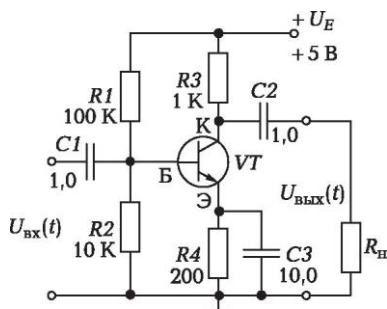
Соңғы себеп жағымды импульстың кіруі кезінде көрсетеді — каскад шыққан кезінде (коллекторда) қуат төмендейді, сонымен қатар көрсетілген каскад инвенторлық (кіріс импульсты алмастыратын) болып табылады.

2.1.3. Ауыспалы қуаттың транзисторлық күшейткіш каскады

Ауыспалы қуаттың транзисторлық күшейткіш каскадында (2.2. сур.) $n-p$ -транзистор негізінде үнемі тоқ бойынша алдыңғы және әрі қарай каскадтар арасындағы, ауыспалы тоқ бойынша жақсы байланысын сақтай отырып аралық жасау өте маңызды. Ол үшін айырғыш конденсаторларды пайдаланады транзисторлардың кірісте $C1$ және $C2$ шығуда. Осылардың параметрлері күшейткіш сигналдар жиілігінен және кіріс қарсылыс каскадтан тәуелді. Ауыспалы тоқ бойынша қамтамасыз ететін байланыстың электрондық компоненттер (мысалы, конденсаторлар мен трансформаторлар), жиі кезде күшейткіштің кірісте және шығуында орнатады.

$C1$ кіріс айырғыш конденсатор үнемі тоқ транзистордың кіріс цепь және база арасында өтпеуі үшін қажетті, сонымен қатар ауыспалы ток еркін өтуін қамтамасыз етуімен. Сондай тәсілмен, тапсырмалы тәртіп транзистордың (статикалық тәртіп) алдыңғы және соңғы каскадтың статикалық тәртіптеріне әсер етпейді. Үнемі тоқ үшін $C1$ конденсаторы цепь айырады, толығымен оның аумағын транзистордың кіріс нүктелерімен база арасында, сондықтан осы конденсатор бөлігіш болып аталады.

2.2. сур. Коллекторлық және эмиттерлік цепьтарында резисторларымен ауыспалы қуаттың транзисторлық ЯС-күшейткіші.



Ауыспалы тоқ бойынша байланыстың жақсы сапасы, X_C конденсатордың реактивті қарсылығы (ауыспалы тоқ қарсылығы) жұмыс жиілігінде R_2 жүктемелі резистордың қарсылығы төмен болса, сонымен қатар $R_1 > 2R_2$ қарсылығымен сол жағдайда ғана болады. Сонда бұл конденсаторда кіріс сигналы қуатының аз бөлігі төмендейді (және жоғалады). Мысалы, $u_{ex} = 100$ мВ егер болса, ауыспалы тоқ бойынша байланыс жағымды болып санауға болады, $U_{вых} = 95$ мВ, шығу қуаты кезінде, сонымен қатар бөлігіш конденсаторында 5 мВ жоғалады (кіріс қуаттың 5 %, немесе 1/20бөлігі).

Конденсатордың қажетті теңдігін екі фактор негізделеді.

1. $R = R_2 + R_E$ кіріс жүктеменің қарсылығы тоқ бойынша жағымды байланыс жеткізіледі, $X_C = R/20$ егер болса, $R = 1$ кОм егер болса, $X_C = R/20 = 1\,000/20 = 50$ Ом аламыз.

Мысалы, кіріс сигналдың жұмыс жиілігі $f = 300$ Гц.

Себебі $X_C = 1/(2\pi f C_1)$, сондықтан $C_1 = 1/(2\pi X_C) = 1/(2\pi \cdot 300 \cdot 50) = 10$ мкФ.

Егер R_2 жүктемелі резистрдің қарсылығы 100 кОм көбейткен болса, $X_C = R/20 = 100/20 = 5$ кОм; $C_1 = 1/(2\pi f X_C) = 1/(2\pi \cdot 300 \cdot 5 \cdot 10^3) \ll 0,1$ мкФ аламыз.

Сондай-ақ, егер жүктемелі резистрдің қарсылығын 100 ретке көбейту кезінде (1 бастап 100 кОм дейін), бөлгіш конденсатордың теңдігін сондай пропорцияда төмендету мүмкін (c 10 до $0,1$ мкФ). Кіріс жүктемелі резистрдің қарсылығы көп болса, бөлгіш конденсатордың қажетті теңдігі төмен болады. Бірақ, тағы бір қарсылығын есептеу қажет және коллектор – базасының қарсылығы R_{E-K} , ол әр түрлі транзисторларына $0,1$ бастап 10 кОм дейін өзгеруі мүмкін.

2. Жұмыс жиілігі. Шығысында алдыңғы мысалдан мәліметтерді аламыз, ауыспалы тоқ бойынша жағымды байланыс осы кезде $C_1 = 10$ мкФ и $R = 1$ кОм для $f = 300$ Гц байқалады.

Егер жұмыс жиілігін көбейту 300 кГц дейін, $X_C = R/20 = 1\,000/20 = 50$ Ом есептеуімен, $C_1 = 1/(2\pi X_C) = 1/(2\pi \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 50) \ll 0,01$ мкФ

аламыз.

Сондай-ақ, егер жұмысжиілілігін 1 000 ретке көбейткен болса (300 Гц бастап 300 кГц дейін), бөлгіш конденсатордың теңдігін 1 000 ретке (10 бастап 0,01 мкФ дейін) көбейту мүмкін. Жалпы жағдайда жүктемелі резистордың тапсырмалы қарсылықта төменгі жиіліктері үшін үлкен теңдігімен бөлгіш конденсаторларды пайдалану қажет, және керісінше, жоғары жиіліктер кезінде – аз теңдігімен конденсаторлар.

Негізгі жиіліктің диапазонын өткізу қажеті болса, бөлгіш конденсатордың теңдігі осы диапазоннан ең төменгі жиілігімен негізделеді.

Қарастырылған мысалдардан, бір жағынан, конденсатор 10 мкФ теңдігімен 300 Гц жиілігімен ауыспалы тоқ бойынша тиянақты байланысын қамтамасыз етеді және 300 кГц жиілігімен көрінеді. Басқа жағынан, 0,1 мкФ теңдігімен конденсатор 300 кГц жиілігімен тиянақты байланыста болады, бірақ 300 Гц жиілігінде ауыспалы тоқ бойынша байланысқа жарамсыз.

Барлық айтылған C_2 шығу бөлгіш конденсаторына жатқызуға болады, ол келесі каскадқа күшейткіш ауыспалы тоқтың қозғалыстарына апарады. Осындай C_1 мен C_2 бөлгіш конденсаторлардың маңыздылары: дыбыстық жиіліктеріне — 10...50 мкФ, радиожііліктеріне — 0,01 ...0,1 мкФ.

Жылыту ойығы және оны жою. Жоғары айтқандай, негізгі емес тасымалдағыштар тоқ шығуына ауыспалы жолында пайда болады. Тоқ шығуы (ауыспалы коллекторлық тогі болып саналатын) қайтадан транзистордың ауыспалы коллекторлық жолынан өтеді (2.1. сур.). Осындай тоқ сол жолымен күшейтіледі, кіріс (базалық) тоқ күшейту коэффициентімен ρ . Транзистордың температурасы көбейтілген кезінде тоқ шығуына жол ашады. Ол транзистормен күшейтіліп және коллекторлық тогін көбейтеді, ол әрі қарай транзистор температурасының көбеюіне келтіреді, және тоқ шығуы мен т.б.

Осындай процесс, жылыту пробойда аталатын, лавинді-жасайтын сипаты бар, егер оны бақылаусыз қалдырса, транзистордың жоюына әкеледі. Жылыту пробойдан қорғауына R_4 резисторын эмиттерлік цепьта (2.2 сур. қар.) пайдаланады. Қуат төмендеуі осы резисторда эмиттер потенциалын артады және эмиттер мен база арасындағы потенциал айырмашылығын төмендетеді, ол база тоқ пен коллекторды тез арада төмендетеді.

Ауыспалы тоқ бойынша жұмыс тәртібінің тұрақтылығы. Жылыту ойығынан тыс жалпы эмиттермен күшейтілгенде, тоқтың шығуы коллектор жолында транзистордың ауыспалы тоқ (статикалық тәртібінде) тәртібінде тұрақсыздығын көрсетеді. Бұл тұрақсыздылығын R_4 резисторын қосып жоюға болады, транзистордың эмиттерлік

цепіне, 2.2. сур. көрсетілгендей. Эмиттер потенциалы **R_4** резисторында қуаты бірдей төмендеген болса, ол g_3 эмиттерлік тоқтың жолында осы регистор арқылы. Сонымен қатар, $U_3 = I_3 R_4$, бұл қуат ауыспалы белгімен **R_2** резистор арқылы базаға беріледі және транзисторда коллекторлық тоқтың шектеуіне және кіріс қуатының төмендеуіне әкеледі.

C_3 байланыс конденсаторы ауыспалы токпен **R_4** резисторын шунтир жасайды. Бұл конденсатор болмаған жағдайда, транзистор эмиттерінде тұрақты ток бойынша базадағы жағымсыз ауыспалықты қамтамасыз ететін тұрақты шама болады. **C_3** конденсаторы, үнемі ток өткізбейтін, эмиттердің үнемі потенциалына әсер етпейді. Егер осы конденсатордың теңдігі осындай болса, жұмыс жиілігінде оның реактивті қарсылығы **R_4** резистор қарсылығына төмен, ол белсенді түрде жерге ауыспалы токтың сигналын қысқаша түрде сөндіріледі. Сонымен қатар, эмиттер нүктенің потенциалы ауыспалы ток бойынша нөлге болады. **C_3** конденсатор теңдігі, жағымды шегін жасайтын, **R_4** және сигналдың жұмыс жиілігімен негізделеді. Конденсатор теңдігінің есебі осы формулалармен орындауға болады, олар бөлгіш конденсатор теңдігінің есебіне үшін пайдаланған. Сонымен қатар **C_3** конденсатор теңдігінің үлкен болса, **R_4** резисторын шунтирлеуін жақсы жасайды.

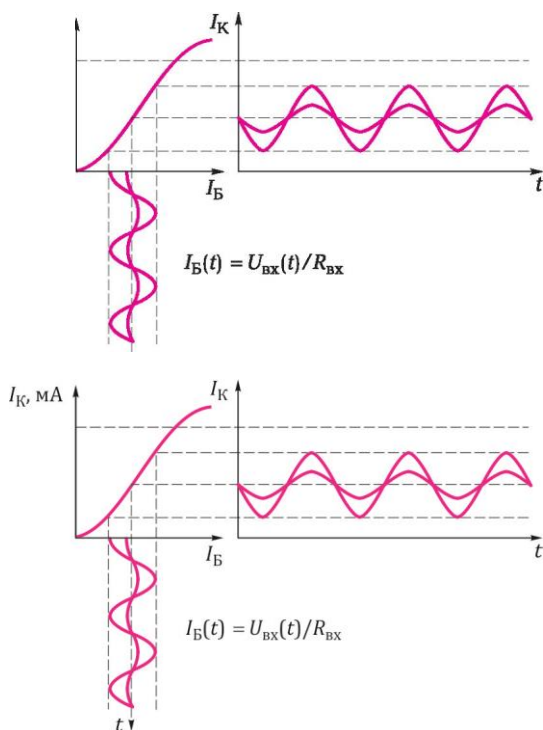
Эмиттер мен базаның айналма байланыс, **R_2** , **R_4** резисторлар арқылы жасалатын, **R_4** резисторында қуат төмендеуі арқылы болады және жағымсыз болып саналады, сонымен қатар қарсы фазада кіріс сигналға әсер етеді (транзистор тогінің күшейуі оның базасында жабынды қуатын көбеюіне әкеледі). Бұл байланыс каскадтың күшейту қажетті тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Ауыспалы ток бойынша жағымсыз айналма байланысты жою үшін және бір қатар айналма байланыстың тұрақтылығын сақтауына ауыспалы ток бойынша **C_3** эмиттерлік алмастыратын конденсатор пайдаланады, осындай маңыздылар теңдіктер **C_2** бөлгіш конденсаторынан гөрі екі ретке жоғары.

2.2 сур. көрсетілген сызба, жалпы эмиттермен бір каскадты күшейткіш аяқталатын сызба болып табылады. Ток күшейту принципі осы каскадта 2.3 суреті көрсетеді. Синус секілді нысан сигналы $i_{вх}(?)$, күшейткіш кіруіне берілген, транзистор базасына конденсатор арқылы беріледі. Алдында жағымды жартылай мезгілінің базаның кіріс потенциал сигналы эмиттер потенциалына жоғары болады, $u_{б_э}$ қуаты көбейтіледі, $I_э$ эмиттер токтары, сондықтан, $I_к$ коллекторы көбейтіледі; қуат нәтижесінде $u_к$ коллекторында төмендетіледі. Бұл көрсетеді, бір жағынан, кіріс сигналдың жағымсыз жартылай мезгіліне сай. Басқа жағынан, сигналдың жағымсыз жартылай кіріс мезгіліне коллекторлық қуаттың өзгертулердің жағымды жартылай мезгіл

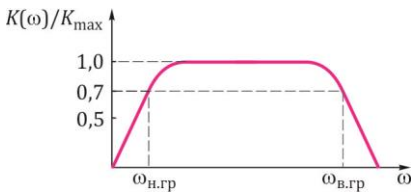
сәйкесті. Сонымен қатар, кіріс пен шығуында болған сигналдар күшейткіштің қарама – қарсы фазалық. Сигнал күшейткіші пайда болады, i_B — қуаттың ең төмен күші транзистордың үлкен токқа келтіреді, ол R_3 резистор арқылы келеді, $i_{вых} = I_K R_3$ коллекторлық жоғары қуатқа пайда болады.

Нақты сызбада күшейткіш каскад жұмысын жүктемеге сай қарастыру қажет. Осыған байланысты транзистордың жүктемелі тік жүктерін бекіту керек, шығу қарама – қарсыдан тыс.

Күшейткіштің амплитудалық – жиілілілік сипаттамасы жоғары жиіліліктерінде қисық түрі бар, 2.4 сур. көрсетілген. $\omega_{в.гр}$ дөңгелек жиіліліктің жоғары шектес маңыздылар және $\omega_{в.гр}$ күшейткіштің уақытша жиілілігімен $t_B = C_2 R_K$ үнемі күшейткіш сәйкесті уақытымен негізделеді. Мысалы, $\omega_{в.гр} = 1/(2\pi t_B)$, $\omega_{в.гр} = 1/t_B$ (t_B аз болса, күшейткіштің жоғары шектес жиілілігі көп болады). Осындай жиіліліктердің сарапшы маңыздылары $K = 0,7 K_{max}$ каскад күшейту коэффициент деңгейіне мөлшеріне сәйкес ӘШБ күшейткіште.



2.3. Сур. Транзисторлық каскадта синус секілді қуаттар күшеюін нақтылайтын кестелер.



2.4. Сур. RC- каскадтың күшейткіш транзисторлықтың нәтижелі ӘШБ

Жиілілік сипаттаманы кеңейту үшін жүктемелі қарсылығын төмендетуге болады, бірақ ол төмендетуге әкеліп соқтырады.

Өткізу сызығы $\omega_{н.гр}$ жиіліктің төменгі шегінен $\omega_{в.гр}$ жоғары шекті жиілігіне дейін τ_n и τ_b , сонымен қатар $\omega_{н.гр} = 1/(2\pi\tau_n)$; $\tau_n = C_1R_2$. $\omega_n = 50$ Гц, $\omega_b = 20$ кГц дыбыстық күшейткіштерге арналған.

Кәдімгі күшейткіштің өткізу сызығының ені қажеттіліксіз болса, түзету цептары мен кең сызықты импульстық күшейткіштерді пайдаланады. Жоғары айтқандай, импульстық күшейткіштер нысан жоғалтпай импульсты жақсы күшейтуі міндетті, сонымен қатар импульс төменгі жиілілікте (оның биіктігін сақтау үшін), сондай-ақ жоғары жиілікте де (оның фронты мен кесу сызығын сақтау үшін) диапазонда бірдей болуы қажет.

Жоғары жиіліктерінде түзетудің құрамалық транзисторында ток генераторлар түрімен эмиттерлік шынжырлар пайдаланады.

2.1.4. Резонанстық күшейткіштер

Резонанстық күшейткіштер – транзистор жүктемелі қарсылығы сапасында күшейткіштер немесе операциялық күшейткіш әрі қарай немесе параллельдік қозғалыс LC-контур пайдаланады, ол күшейту қозғалыстар жиілігімен резонанста құрастырылған.

Резонанстық күшейткіште RC-күшейткішпен арасында бірнеше айырмашылықтар бар:

- кіріс пен шығу теңдіктері, сонымен қатар монтаж теңдігі резонансқа контур енгізуімен дәлелденеді, сондықтан жүктеме қарсылығы, контурдың эквиваленттік қарсылығына теңдес, ол үлкен болуы мүмкін және үлкен қуатын қамтамасыз етуі мүмкін;
- жүктеме қарсылығына үнемі қуат келмейді, сондықтан жүктеме қарсылығы ең үлкен болуы мүмкін;
- күшейткіш жиілілікте таңдау бар, ол ӘШБ жүктеме контурымен негізделеді. Бір контурлы транзисторлық резонанстық күшейткіштің электрлік сызбасы контурдың автотрансформаторлық байланыспен келесі каскад транзисторымен 2.5. суретте көрсетілген. Контурға транзисторға жартылай қосылуы шығыс қарсылықтың шунтирлеу әсерін төмендету мақсатында

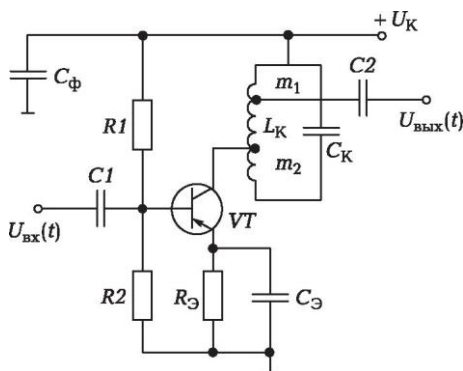
пайдаланады және контурдың эквиваленттік қарсылығына жүктеменің қарсылығына, сонымен қатар транзистордың және кіріс пен шығыс келісіміне үшін.

Күшейткіштің жұмыс талдауы кезінде келесіні орындау қажет:

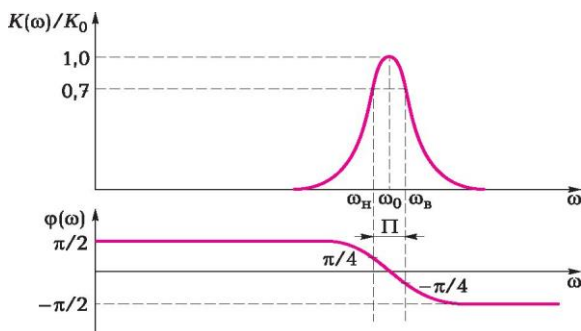
- шығу қуаттың тәуелділігін $I_{\text{ВЫХ}}$ сызбаның кіріс сигналы мен параметрлер жиілігінен, одан кейін күшейту коэффициентін табу мүмкін, амплитудалық – жиілілік, фазалық жиілілікті (ФЖС) сипаттамалар мен күшейткіштің өткізу сызығы;
- паразиттік қайтарма байланыстар болған кезінде күшейткіш жұмысының тұрақтылық жағдайын бекіту және байланыстың оптималды коэффициенттерін таңдау. Резонанстық контурына қажетті резонанстық жиілік, сипаттамалық немесе толқынды қарама – қарсылық, өзіндік жақсылық O_K , контурдың эквиваленттік өшірілуі $c!_{\text{эКВ}} = 1/O_{\text{эКВ}}$.

Резонанс кезінде күшейту коэффициенті таза нақты болады, сондай-ақ осы кезде $Z^{\wedge} = L_{\text{эКВ}}$ белсенді қарама – қарсылық ұсынады..

Резонанстық күшейткіштің ӘШБ мен ФЖС 2.6. суретте көрсетілген. ӘШБ колокол секілді түрі бар K_0 максимумен, y_0 резонанстық жиілігімен, ал ФЖС $\pi/2$ бастап $-\pi/2$ дейін өзгереді.



2.5. Сур. Транзисторлық резонанстық бір контурлы күшейткіштің электрлік сызбасы



2.6. Сур. Резонанстық күшейткіштің ӘШБ мен ФЖС

Контур өткізілетін сызығы $\Pi = 2D\omega = \omega_0 / O_{\text{эв}}$ формула бойынша негізделеді, онда $D\omega$ — жиіліктер әр түрленуі; $D\omega = \omega_0 - \omega_{\text{н}}$ и $\omega_{\text{в}} - \omega_0$.

Формулаға сәйкес сызық контурдың резонанстық жиіліктің жақсылық пен төмендетуі кезінде төмендетіледі.

2.1.5. Күшейткіштерде айналма байланыс

Күшейткіштерде айналма байланыс — бұл цепьтар арасындағы байланыс, күшейтілген сигналдардың қуаттың бөлігі шығу цепьтің күшейткіш сигналдар кіріс цепь арқылы беріледі. Егер АБ сигналы күшейткіште қосымша күшеюіне апаратын болса, АБ жағымды болып саналады (ЖАБ). Егер де АБ сигналы кіріс сигналын төмендетілсе, сондай АБ жағымсыз болып саналады (ЖАБ).

Жағымды АБ күшейткіштің өз-өзі қайнауына әкеледі және синус секілді және импульс секілді қуаттар генераторларында ғана пайдаланады. Жағымсыз АБ күшейту коэффициентінің төмендеуіне әкеледі және бір қатар оның жиілілілік пен динамикалық сипаттамаларды жақсартуына әкеледі.

Кәдімгі АБ пассивті элементтер арқылы орындалады (RC- немесе LC-цепочкалар). Айналма байланыс қуатына қарай және тоқ бойынша болуы мүмкін. Екінші жағдайда қуат тоққа сәйкесті, цепь жүктемесінде $R_{\text{га}}$ байланыстың қосымша резисторынан алынады және НБ цепьке беріледі.

Күшейткіштерде айналма байланысты ішкі, паразиттік пен сыртқы түріне айырады:

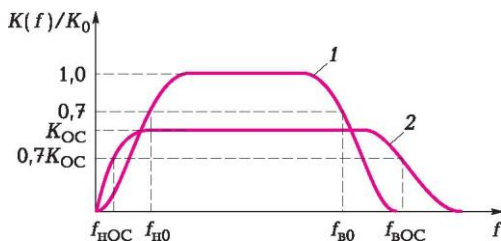
- ішкі НБ барлық белсенді электрондық приборларда бар және оның физикалық әсерлер мен қондырғылардан тәуелді;
- паразиттік НБ өз еркімен (паразиттік) теңдікті мен индукциялық байланыстардан пайда болады күшейткіштің кіріс пен шығу орында немесе оның жеке каскадымен;
- сыртқы (паразиттік) НБ арнайы енгізілген цептарымен негізделеді, күшейткіштің тапсырылған сипаттамаларын алу үшін.

Ішкі және паразиттік НБ аз мөлшерде жасауға тырысады, себебі олар күшейткіштің күтпеген өзгерістерге әкеледі (мысалы, өз – өзімен күшею). Сыртқы НБ сигналдың тұрақтылығын көтеру үшін жасайды (сонымен қатар НБ паразиттік өз – өзімен күшеюін жою үшін), өткізу сызығын кеңейті, күшейткіштің автоматтық реттеуіне, сигналдардың линейлі емес өзгерістерін төмендеуіне, кіріс және шығу қарама – қарсылығын көбеюіне әкеледі.

Жағымды НБ кезінде НБ қуаты кіріс сигналдың қуатымен бір фазада орналасады, сондықтан, шығу қуаты көбейтіледі, күшейткіш өз – өзімен күшееді және генераторға айналады.

Жағымсыз НБ кезінде НБ қуаты кіріс сигналдың қуатта фазаға қарсы орналасады. Сондықтан, күшейткіш қуатының кіріс пен шығыс қуаты төмендетіледі. Күшейткіш коэффициенті ННБ төмендейді, бірақ бірдей күшейткіш сызығы кеңейеді.

ННБ және НББ күшейткіш ӘШБ 2.7 суретте көрсетілген. Суретте НББ күшейткіштен күшейту коэффициенті орташа жиіліліктер аумағында көрсетілген, ННБ сыз күшейткіштен гөрі. Онымен бірге оның төмен шектес жиілілігі f_{HOC} төмен жиіліліктер аумағына келтірілген, ал жоғары шектес жиілілік f_{BOC} — ең жоғары жиіліліктер аумағына. Сонымен қатар, ННБ күшейткіш сызығы кеңейеді.



2.7. Сур. ННБ (1) және НББ (2) екі каскадты транзиттік күшейткіші ӘШБ

Күшейту коэффициенттері қазіргі транзисторлардың бірнеше үлкен, көп каскадты күшейткіштің коэффициентін жоғары түрде алуға қиын емес. ННБ пайдалана отырып, талап ететін импульсты және дыбыстық күшейткіштерді индукциялық катушкалар мен

конденсаторларымен кең аумақты және минималды санымен алады.

Күшейту коэффициенті ННБ белсенді активтерінің параметрлері өзгеру салдарынан өзгеруі мүмкін. ННБ әр түрлерін салыстыра отырып, әр түрлі сипаттамалармен күшейткіштерін алуға болады.

ННБ күшейткіштің тұрақтылығына әсері. Бірнеше жағдайда күшейткіштер өз өзімен күшеюіне ықпалды. Бұл НБ қуат фазаның бірнеше жиілілігіне 180° өзгереді, және жағымсыз НБ жағымды түріне айналады. Жиі кезде осындай жағдай өткізу сызықтар шегінде болып табылады. Осы әсерін жою үшін жиілік – тәуелді НБ пен RC-цептасын пайдаланады.

ННБ линейлі өзгертулеріне әсері. Жағымсыз НБ күшейту коэффициентін төмендетеді. Тоқтың кіріс сигналдың үлкен амплитудаларда ННБ күшейткіштің белсенді элементтерінде шекті орындарға жетеді, олар линейлі емес өзгертулер басталады. ННБ күшейткіште күшті сигналдар көп өшіріледі және кіріс сигналдардың динамикалық диапазоны кеңейеді. ННБ осындай әсері ең жиі кезде радиотехникалық қондырғыларда пайдаланады, онда сигналдар 30...40 дБ амплитудада өзгеруі мүмкін. ННБ пайдалануы осы мақсаттарда *күшейткіштің автоматты реттеуі болып аталады (КАР).*

ННБ кең спектральді диапазонда ЭШБ реттейді, ол кең спектрімен сигналдар жақсартуына және жиілілік өзгертулер төмендеуіне әкеледі. Жиі кезде, ННБ кезінде бейне күшейткіштерде импульстардың фронттар мен сызықтар жақсы көрінеді.

Егер ННБ цепі жиілілі – тәуелді болса (с.к. **LC**- немесе **RLC**-цептары), онда оның көмегімен негізделген жиіліліктің таңдаулы күшейткіштерді жүргізуге болады (мысалы, биік немесе төмен жиіліліктер аумағында түзетуі).

2.1.6. Үнемі тоқ күшейткіштері

Үнемі тоқ күшейткіштерде (немесе акырын алмасатын сигналдар күшейткіштерінде) күшейту коэффициенті сигнал жиілілігі төмендеуі кезінде нөлге дейін осындай болып қалады, орташа жиіліліктерінде де, с.к. осындай күшейткіштер біртұтас оның ауыспалы мен үнемі құраманы күшейтеді.

Үнемі тоқ күшейткіштері (ҮТК) жиі кезде бақылау – өлшегіш приборларда пайдаланады, тікелей өлшейтін және тіркелетін физикалық немесе техникалық параметрлер өзгертулерін.

Тік күшейткіштің ҮТК электрлі сызбасы үш транзисторларында 2.8. суретінде көрсетілген. Осы күшейткіштің екі каскад арасындағы байланыс тікелей гальваникалық резисторлар арқылы, олардың қарсылығы сигнал жиілілігінен тәуелді емес.

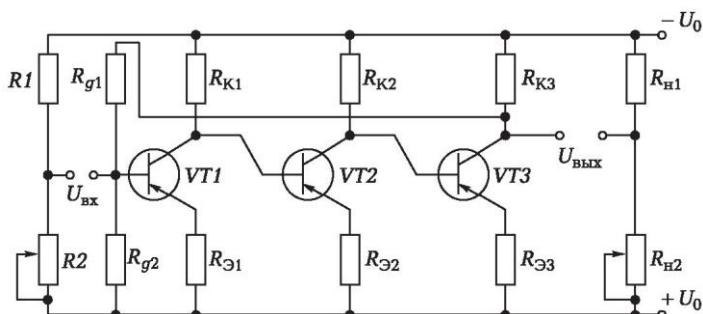
Бірінші транзистор базасында жылжытудың қажетті қуаты **VT1** R_{g1} , $L_{\partial 2}$ резистивті мостик арқылы қамтамасыз етіледі және $L_{\partial 1}$ резисторында қуаттың төмендеуі. Осында $L_{\partial 2}$ и $L_{\partial 1}$ резисторларында айналма байланыстың бірінші цепін белгілеу мүмкін.

Екінші транзистор базасында жылжытудың қажетті қуаты **VT2** оның эмиттеріне сай $L_{\partial 2}$ қарсылық таңдауымен жасалады.

Эмиттерлік цепьтар резисторлар сызбада барлық транзисторлар осындай тәсілмен таңдалады, $L_{\partial 1} > L_{\partial 2} > L_{\partial 3}$ жағдайы келетін болуы тиіс. Осы жағдайда эмиттердегі қуат әр келесі каскадта өседі, ал келесі каскадтың әр күшейту коэффициент келесіден төмен болады.

Бірінші мен екінші каскад кіруі мен шығуы жағымсыз айналма байланысы $L_{\partial 1}$ резистор арқылы, **VT3** транзистор коллекторыне қосылғаны.

L1, L2 бөлігіштері **VT1** транзистордан базаға сигнал бұлағын кіруіне келетін сақтайды, үнемі күшейтудің жылжытуын сақтап, онда сигнал бұлағының ішкі қарсылығын өзгеру кезінде.



2.8. сур. Резистивті байланыспен үш транзисторларында үнемі тоқ күшейткіштің электрлі сызбасы

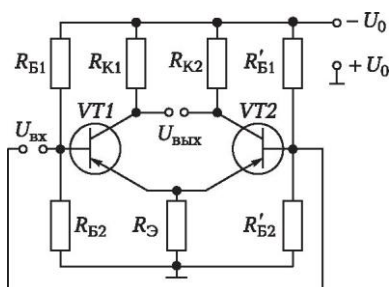
L_{n1} , L_{n2} бөлігіштер үнемі құрайтын қуатын **VT3** транзистор коллекторынан жүктемесіне сақтайды күшейткіш кіруінде сигнал болмаған жағдайда.

ӘШБ үнемі тоқ күшейткіші біртұтас нөл жиілігінен шектеске дейін. Сигнал өзгеруі күшейткіштің төмен және орташа жиіліктерінде тік резистивтік байланыстармен болмайды. ӘШБ жоғары жиілігі (кесу жиілігі), паразиттік теңдіктерімен негізделетін және база – эмиттер ауысуына, 1 МГц жетуі мүмкін транзисторлар түрінен тыс.

УТК болмауы резистивтік байланыстарымен күшейту тұрақсыздылығы болып табылады, ол қосылатын қуаттың толқындарымен негізделген, резисторлар мен транзисторлар параметрлердің температуралық тұрақсыздылығымен және транзисторлар параметрлерімен. Осы жетіспеушілік нөл дрейфін

шақырады, ол приборлар сезімталдығын шектейді, ҮТК пайдаланатын, және жүйелі приборлық қателікке келтіреді. Нөл дрейфін азайту үшін қосылудың жоғары тұрақты заттар мен бұлақтарын, термостаттау, компенсацияның арнайы сызбаларын пайдалануға талап етеді. Бірнеше жағдайда дрейф компенсациясына үшін кіріс сигнал модуляциясын пайдаланады синус секілді сигналымен негізделген жиілігімен әрі қарай күшейткіш шығуында қосымша модуляциямен. Бірақ осындай сызбалар аппаратура бағасын жоғарылатады және қиындатады. Нөл дрейфтың ең арзан және қиын емес тәсілі арнайы сызбалар пайдалануы, мысалы салыстырмалы каскадтар пайдалануы пайда болды.

ҮТК салыстырмалы электрлі сызбасы 2.9. сур. көрсетілген. Сызба толығымен симметриялық. Кіріс қуаты фазаға қарсы транзисторлар базасына әкеледі. $u_{вх} = 0$ кезінде транзисторлардың коллекторлық токтар мен қуаттары бірдей, сондықтан шығу қуаты нөлге жақын. Температураның әр түрлі тұрақсыздылығы, қосылу қуаты, сызба элементтерінің номиналдары коллекторлық транзисторларында, және шығу қуаты өзгеріссіз.



2.9. сур. ҮТК каскадының салыстырмалы электрлі сызбасы

Кіріс қуаттың өзгерілуі кезінде транзистордың бірі ашылады, ал басқасы жабылады. Сонымен қатар қуат бірінші коллекторда төмендейді, ал екіншіде өседі. Шығуында қуаттар айырмашылығы қатал түрінде салыстырмалы кіріс сигналына болады. Бұл айырмашылықты қуат салыстырмалы болып саналады.

Сөйтіп, нөл дрейфтің толық компенсацияда дискреттік элементтерде орындалатын сызбаларға қол жеткізуге қиын, олардың параметрлері кәдімгі транзисторлар секілді және резисторлар бірдей.

Нөл дрейф компенсациясы ең жақсы түрде интегральді микро сызбаларда қамтамасыз етіліп, бір кристаллда қатал белсенді элементтерін тағайындау орындалады. Салыстырмалы каскадтар негізінде операциялық күшейткіштерге микро сызбалар олар ҮПК кіші нөл дрейфті мен кең өткізу сызығымен жасалған.

2.1.7. Операциялық күшейткіштер

Операциялық күшейткіш — бұл үнемі тоқтың ең үлкен күшейту коэффициентімен және исметриялық емес немесе симметриялық шығуымен салыстырмалы күшейткіші (10^8 ретке).

Бастапқыда операциялық күшейткіштер сондай есептеуіш бехникада пайдаланған және әр түрлі математикалық операцияларын орындауға үшін (суммалау, көбейту, интегрирлеу мен т.б.), сонымен қатар операциялық болып шешім шығаратын күшейткішті атаған.

Интегральді орындауындағы күшейткіш салыстырмалы каскадтарының жасалуы әмбебап интегральді операциялық күшейткіштер икро сызбалардың себептерін шешуге көмектесті. Қазір ОК кең номенклатурасы шығарылады, сонымен қатар әр түрлі датчик сигналдар күшейтуіне тағайындалған, радиоэлектрондық, фотодиодтар мен фототранзисторлар. ОК пайдалануы радиотехникалық қондырғылар жасалуына және импульстық техника себептеріне шешім шығаруына фотоприборларының пайдалануына жол ашады.

Операциялық күшейткіштің интегральді микро сызбасы (ОК ИМС) – бұл қуаттың әмбебап жоғары сапалы күшейткіші, әр түрлі себептерін шешуге арналған: күшейту, жасалуы, өндеуі, детектирлеу, сигнал жасалуы, фильтрация мен ОК ИМС, олар үнемі ток бойынша сапалы күшейткішті қамтамасыз етеді, жиі кезде салыстырмалы кіріспен және бір фазалық шығуымен үнемі ток күшейткіші болып атайды.

Жетілдіру мен ОК шыққан мөлшері микро сызбалар түрінде әр түрлі электрондық қондырғылардың әмбебап элементтер болып жасалған. Жиі кезде бір ИМС екі каскадты күшейткіштің екі ОК бар.

Операциялық күшейткіш ешқашан өзіне жағымсыз айналма байланысын қоспайды. Сонымен қатар каскад күшейту коэффициенті төмендейді, бірақ ӘШБ біртұтас спектарльді диапазоны кеңейеді, линейлі емес өзгертулер төмендетіледі, функционалды сипаттамалар жақсартылады. ИМС ОК негізінде цепь әсерлермен және айналма жағымсыз байланыспен күшейткіш каскад сипаттамалары негізделетінің санауға болады.

Кейде ОК ИМС айналма байланыссыз операциялық күшейткіш болып атайды, ал негізінде ОК негізінде күшейткіш – айналма байланыспен операциялық күшейткіш, сонымен қатар операциялық күшейткіш интегральді сызба болып атайды, сондай-ақ ОК ИМС күшейткіш болып саналады. (Әрі қарай, бірнеше жағдайда ОК жеңілдетуіне ОК ИМС ойлануымен керек немесе ОК ИМС күшейткіші, ол жеңіл түрде контекст бойынша білуге болады.)

ОК ИМС мәселесіне, айналма цепьтан тыс, қосылу, жүктеме, сигналдар бұлақтары мен басқа цепьтар қосылады. Операциялық күшейткіш үнемі қуат күшейткіші болып саналады, сонымен қатар

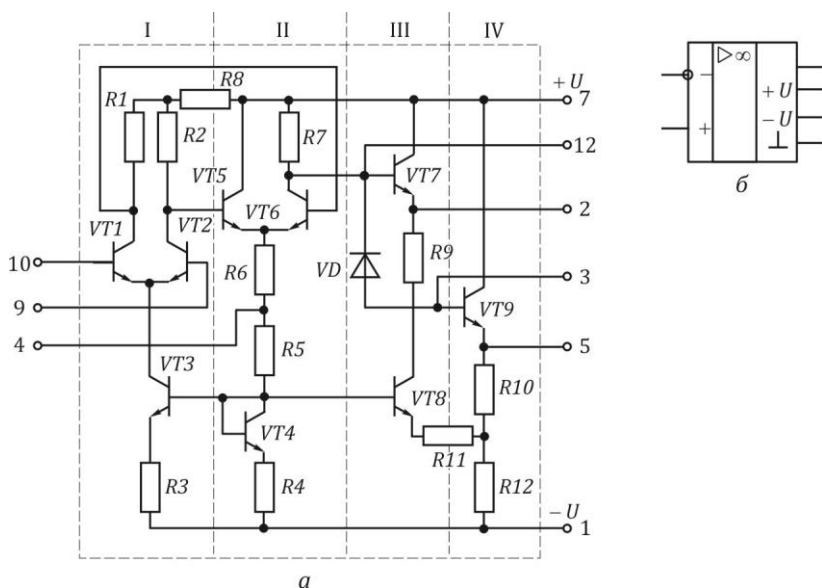
ӘШБ төмен жиіліктер аумағында да болған, себебі ОК ИМС бөлгіш конденсаторлары жоқ. Соның ішінде кіріс сигналдар болмауында кіріс потенциалын нөлге апаруы үшін (жер потенциалы), ОК қосылуына екі полярлық бұлағын пайдаланады (жиі кезде симметриялық, мысалы, ± 15 В).

Операциялық күшейткіштің ИМС электрлі сызбасы 140УД1 каскадтарға бөлініп УГО 2.10 суретінде көрсетілген.

ОК ИМС екі кіріс шығуы бар: инвенторлық (сызбаларда дөңгелекпен көрсетілген) және инвенторлық емес. Жиі кезде инвенторлық кіріс жағымсыз болып саналады (-), ал инвенторлық емес – жағымды (+), оларды $I_{инв}$ и $I_{неинв}$ сәйкес атайды. Сонымен қатар ОК шығуында қуат жағымсыз кірісіне берілген сигналына инвенторлық болып саналады, жағымсыз кірісіне берілген сигналына инвенторлық емес болып саналады.

Егер ОК ИМС кіріс мәселелеріне $I_{инв}$ и $I_{неинв}$ қуаттар келетін болса, олардан синфазалық ($и_{сф}$) және салыстырмалы ($и_{диф}$) сигналдарын белгілеуге болады.

Синфазалық сигнал екі кіріс шығуыларға қосылған сигналдар белгілеріне бірдеу екі қуаттардың орташа маңызына сәйкесті.



2.10. сур. 140 УД1 (а) және оның УГО (б) операциялық күшейткіштің интегральді микро сызбалардың электрлі сызбасы

Салыстырмалы (әр түрлі) сигнал белгі бойынша екі бірдеу сигналдарының қуаттар айырмашылығына сәйкесті:

$$I_{\text{диф}} = (I_{\text{неинв}} - I_{\text{инв}}).$$

Мысалы, егер $I_{\text{неинв}} = 1,4 \text{ В}$ және $I_{\text{инв}} = 1,0 \text{ В}$, содан $I_{\text{сф}} = 1,2 \text{ В}$, а $I_{\text{диф}} = 0,4 \text{ В}$.

Операциялық күшейткіштің микро сызбалар құрылымы.

ОУ 140УД1 (см. рис. 2.10 сур. көр.) микро сызбасыо төрт күшейткіш каскадтардан тұрады.

I — кіріс каскад.

II — Өзінді жоғары сезімтал салыстырмалы күшейткіш болып көрсетеді **VT1** и **VT2** бірдей коллекторлық резисторларымен. Жалпы эмиттерлік цепьта осындай транзисторларында I_{01} ток тұратқыш генераторы (токтың **VT3** коллектор транзисторы), **VT3** пен **VT4** транзисторларында орындалған ОК осындай сызбаның көмегімен үлкен кіріс қарсылығы бар, нөл рейфтің төмен деңгейі, ЭШБ үлкен линейлік аумағы мен өткізудің кең аумағы бар. Салыстырмалы каскадтардың әр түрлі варианттары жиіліктер аумағында (0 бастап 10^6 Гц дейін) жұмыс істейді, күшейтудің үлкен коэффициентімен (бірнеше ондар немесе жүздер) және кіріс қарсылығымен 50 кОм кем емес

Салыстырмалы каскад салыстырмалы сигналды күшейтуге арналған, қосылулар айырмашылығы, кірістерге келтірілген. Құрама элементтердің каскад сызығының біртұтас параметрлері кезінде күшейткіш қуаты **VT1** мен **VT2** коллектор транзисторлары арасындағы сигналдың болмауы кірістерге нөлге жақын. Күшейткіштің бірдей сызығындарында коллекторлық қуаттар бірдей синфазалық сигналда өзгерілмейді.

III — қ у а т к ү ш е й т к і ш і. **VT5** пен **VT6** транзисторларында салыстырмалы күшейткіш сызба бойынша орындалған. Оның эмиттерлік ток тұрақты емес, және онда **VT6** транзистор коллекторынан бір тұтас шығу бар. Осы аралық каскад қуат бойынша негізгі қуатын күшейтеді және үнемі қуат деңгейіне қажетті жол береді кіріс сигналы болмаған кезде. Қуат күшейткіштің қосымша аралық каскадтар ретінде жиі кезде биполярлық транзисторларында салыстырмалы каскадтар пайдаланады немесе кәдімгі күшейткіштер олардан кейін каскадтар қайталама қуаттар деңгейі.

ОК ИМС бірнешеде симметрияға үшін коллекторға қуат күшейтудің салыстырмалы күшейткішіне оның екіншісіне жүктеме қосылады, ол бірінші иық жүктемесіне сай.

IV — үнемі қуат деңгейінің қосылу цепі. Белгіш

конденсаторында сызбаларында болмаған үнемі құрайтын қуаттарға үшін қажетті. 2.10 суретінде сызбада **VT6** транзистор коллекторында потенциалдың жоғары деңгейі база қосылу соммасына төмендейді және **R6** резисторында қуаттың төмендеуі. **VT7** транзистор тоқтың тұрақтылығы тұрақты ток генераторымен қамтамасыз етіледі, **VT8** мен **VT9** транзисторларында жасалған (осы қосылуында).

IV — шығу каскад. **VT9** транзисторында қуат күшейткіші қайталама эмиттерлік сызбада орындалған қуат күштілігі үшін. Ол коллектор мен база арасындағы бірдей қуатына үнемі қуат деңгейінің көбейтеді. ОК шығуында қуат деңгейінің нәтижеліде (5 шығу) **VT6** коллекторында үнемі қуатына сай.

Шығу каскадта шығу қарсылығы, өткізудің кеі сызығы, үлкен кіріс қарсылығы бар. Шығу каскады негізінде жиі кезде қуат қайталамалар пайдаланады (эмиттерлік пен шығу тегілік).

ОК ИМС сериялық негізгі параметрлері:

1) K_u күшейту коэффициенті — $A_{и\text{вых}}$ шығу қуаттың өзгерілуі, оның салыстырмалы кіріс қуатын өзгеруіне апарды $A_{и\text{вх}}$. ОК ИМС мыңнан бастап бірнеше миллиондарға күшейту коэффициенттері бар;

2) ОК кіріс қарсылығы. Кіріс салыстырмалы қарсылығы биполярлық ОК 10 кОм бастап 10 Мом дейін шегінде орналасады, ал синфазалық қарсылық 100 Мом кем құрайды;

3) $K_{ос.сф}$ синфазалық сигнал төмендеу коэффициенті — салыстырмалы сигнал күшейтудің коэффициенті $K_{диф}$ синфазалық сигнал күшейткіш коэффициентіне сай. $K_{ос.сф} = 60...80$ дБ;

4) $L_{вых}$ шығу қарсылығы — сшығу каскадымен негізделетін және жиі кезде 100.500 Ом құрайды;

5) f_1 бірлік күшейту жиілігі — ИМС $K = 1$ күшейту коэффициенті бар жиілілік. Кәдімгі $f_1 = 1... 10$ МГц;

6) $f_{ср}$ кесу жиілігі — ОК күшейту коэффициентінде жиілілік 0,7 күшейту коэффициентін қрайды. Кәдімгі $f_1 = 1... 10$ МГц.

ОК шекті шығу ток номиналды қуат кезінде минималды жүктеме қарсылығын негізделеді. ОК шығуын болдырмау үшін шекті ток көбеюі кезінде, ОК қорғаныш байланыстармен қамтамасыз етеді. Шекті ток 25 мА жоғары емес.

ОК шығу қарсылығы оның сызбасынан тыс және тағайындауына 20 бастап 2 000 Ом дейін шегінде тұр. Қорғаныш байланысы болса бұл маңызын айтпайды.

Сериялық ОК ИМС. Отандық өнімі K140, K153, K284, K544, K553, K710, K740 сериялы операциялық күшейткіштерімен интегральді микро сызбалар шығарылады. ОК интегральді микро сызбалары жүзге жақын әр түрлі қосылу сызбаларды қосуға рұқсат етеді және жоғары, аралық және төмен жиіліліктер бар күшейткіштерді жасауға микро сызбаны пайдалануға, сонымен қатар өндегіштер, генераторлар,

детекторлар, компараторлар, белсенді фильтрлер мен басқа жондырғылар.

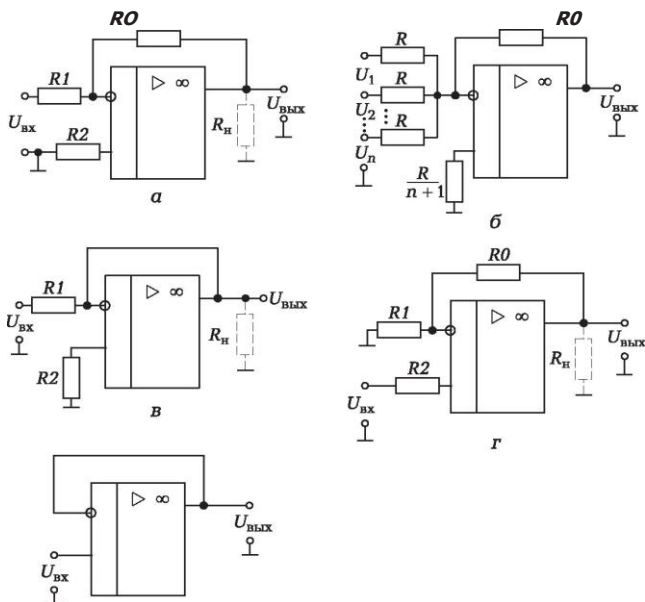
K140УД1 микро сызбалар екі модификацияда жасалады: K140УД1А және K140УД1Б.

Жетілдірілген операциялық күшейткіштің ИМС K153УД6, $p-n$ — p - және $n-p$ — p -транзисторлар негізінде орындалатын, вакуумды және молекула-сәулелі эпитаксия технологиясымен жасалады, оларда жоғары сапа мен жоғары коэффициент бар тоқ бойынша күшейткіші. Осындай ИМС жоғары омды жоғары тұрақты резисторлар жасалады, ал салыстырмалы күшейткіш кірісте каскадты сызба бойынша жиналған, ол үлкен кіріс қарсылығын және күшейту жоғары коэффициентін қамтамасыз етеді.

K544, K553, K710, K740 сериялы микросхемалар МОП-транзисторлар аймақты технологиясы бойынша орындалған.

2.1.8. ОК ИМС күшейткіш каскадтар

ОК ИМС күшейткіштердің барлық түрлерінің жалпы ерекшелігі – ИМС шығуында айналма байланыстың жағымсыз цепі мен оның резисторларымен жасалған инвенторлық кіруі.



2.11. сур. ОК ИМС пен инвенторлық күшейткіштің (а), сумматордың (б), инвентордың (в), инвенторлық емес күшейткіштің (г) мен қайталаушының (д) сызбалары

ОК ИМС қосылу сызбалары кіріс қуатымен әр түрлі жолдарда 2.11 суретінде көрсетілген.

Инвенторлық күшейткіште $U_{\text{вх}}$ қуаты жағымсыз жолына беріледі (2.11, а сур.), одан шығу қуаты кіріс қуатына инвенторлы болады. R_0 , R_2 , R_1 резисторлар осы сызбада параллельді айналма байланысын сызбаға сай қуатымен жасайды.

ОК инвенторлық күшейту коэффициенті ИМС дұрыс белгісін пайдаланып бекітуге болады: $R_M \wedge$ ия. Осыдан, ИМС кіру жолындарына тоқ келмеген, сонымен қатар R_1 мен R_0 резистор арқылы осындай тоқ өтеді $I_{\text{вх}}$.

R_0 резисторы $I_{\text{вх}}$ қуатында орналасады, сонымен қатар сызбада оның сол жақты шығу $U_0 = 0$ потенциалы бар. Сонда $I_c = U_{\text{вх}}/R_1$ есептеуімен $I_{\text{вх}} = -I_R = -U_{\text{вх}}R_0/R_1$ аламыз, одан ОК күшейту коэффициенті $K_{\text{ин}} = U^{\wedge}/U^{\wedge} = -R_0/R_1$, инвенторлық қосылуы с.к. $K_{\text{ин}}$ айналма байланыс цепінде резисторлар қарсылығымен негізделеді.

ОК ИМС кіру цептарында қарсылығы бірдеу болуы керек, с.к. 2.11. сур. көрсетілген, a қарсылығы $R_1 = R_2$.

Инвенторлық қуатының сумматор сызбасы 2.11 сур. көрсетілген 2.11, б.

ОК ИМС инвенторлық кірісіне қосылу кезінде бірнеше резисторлар бірдей қарсылықтармен R оларда тоқ өтеді кіріс сигналдар бұлақтарынан U_1 , $U_2, \dots$, U_n (онда n — кіру сигналдар саны). Сумматорлық күшейткіш шығуында қуаты:

$$I_{\text{вх}} = -(U_1 + U_2 + \dots + U_n)R_0/R.$$

Инвертор (2.11, в сур.) 2.11. сур. таңдап алуға болады, a қарсылығы резисторлары R_1 мен R_2 теңдес, $R_0 = 0$ кезінде.

Инвенторлық емес операциялық күшейткіште (2.11, г сур. қар.) U_m сигналы жағымды кірісіне келеді, $U^{\wedge}$ синфазалық U_m . Соның салдарынан ИМС $U_0 = 0$, R_1 резисторында қуаты U_m жақын, ал тоқ, $I_1 = U^{\wedge}/R^{\wedge}$ осы резистордан өтеді.

ИМС кірістер арқылы үлкенінен салдарына ойлана отырып, оның кіріс қарсылығы, R_0 резистор арқылы өтетін тоқ, I_1 жақын. ОК шығуында қуаты R_0 мен R_1 резисторларында қуаттар суммасы.

I_1 тоқты есептей отырып, жазуға болады

$$U_{\text{шығ}} = I_1(R_1 + R_0) = U_{\text{кір}}(R_1 + R_0)^{R_1},$$

осыдан инвенторлық емес күшейту коэффициенті:

$$K_{\text{инвент}} = U_{\text{шығ}}/U_{\text{кір}} = (R+R_0)/R_1 = 1/\%$$

онда $x = R/(R_0 + R_1)$ — кері байланыстың тізбек берілу коэффициенті.

Кіріс қарсылығы бұндай күшейткіште жоғары, себебі, ИМС кірістері арасында $U_0 = 0$ қуаты салынған және сызба арқылы кішкене

кіріс тоғы өтеді, яғни,

$$R_{\text{кір.инвентемес}} = R_{\text{шығ}}(1 + \%K)$$

ОК шығу қарсылығы, керісінше, көп емес. ОК инвенторлық та,

$$R_{\text{кір.инвентемес}} = R_{\text{шығ}}(1 + \%K)$$

онда $-_{\text{шығ}}$ — ИМС шығу қарсылығы.

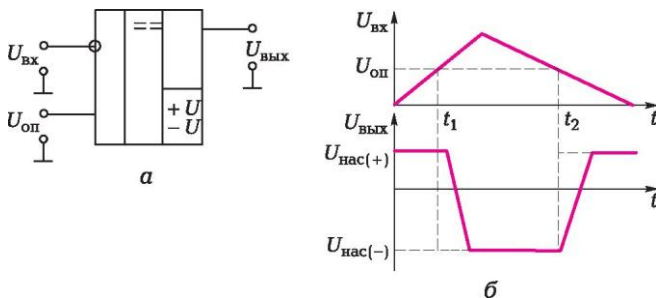
2.1.9. ОК ИМС негізінде компараторлар

Компаратор — екі бірдеу сигналдарды салыстыратын қондырғы: тіректі және өлшейтін, немесе кірісті $U^{\wedge}x$. Осы сигналдар бірдей боған кезде компаратор шығуында қуаты қуаттан өзгереді, логикалық нөліне сәйкес, қуатына дейін, сәйкесті логикалық бірлігіне.

Жиі кезде компаратордан кейін цифрлық логикалық элемент пен триггерді қосады, оның кірісіне екі деңгейлі ғана қуатын қосуға болады: сәйкесті логикалық нөліне немесе логикалық бірлігіне, сондықтан қуат та компаратор шығуында осы маңыздыларын қабылдауа керек.

Екі кірістер мен үлкен коэффициентімен салыстырмалы күшейткіш ОК ИМС компараторды негізіне құруға рұқсат етеді.

2.12 сур. компаратордың УГО көрсетілген бір полярлық сигналдарымен салыстыра отырып, сонымен қатар қуат эпюралар мен оның шығуында және кірісте. Шығу сигналдың полярлігі қуаттың үлкенімен негізделеді $U_{\text{шығ}}$ және $U_{\text{оп}}$, яғни, $U_{\text{шығ}} = K(U_{\text{оп}} - U_{\text{шығ}})$.



2.12. сур. УГО компараторы (а) және компаратор (б) қуат эпюралары

К күшейтудің үлкен коэффициентінің есебінен айналма байланыс болмаған кезде компаратордың $I_{\text{шығ}}$, $I_{\text{кір}}(+)$ немесе $I_{\text{шығ}}(-)$ қуатында $I_{\text{вх}}$ қуатының айрықша айырмашылығы.

Уақыт компаратор кіруіне қуаты көбейген сайын t_1 (2.12, б сур. қар.) $I_{\text{оп}} > I_{\text{кір}}$, сонымен қатар $I_{\text{нас}}(+)$ қуат полярлігі $I_{\text{оп}}$, и $I_{\text{шығ}} - I_{\text{нас}}(+)$ қуатты полярлігімен теңдес. $I_{\text{кір}}$ кезде $I_{\text{оп}}$ көп болады (t_1 уақыттан кейін), $I_{\text{шығ}}$ полярлігі, инвенторлық кірісте қуатымен негізделеді. $U_{\text{вх}}$ полярлігі қарама – қарсы (кіріс инвенторлық). Себебі, $I_{\text{кір}}$ және $I_{\text{оп}}$, с.к. бірнеше жоғары болған кезде t_1 уақытында, $I_{\text{шығ}}$ шығуында қуат $I_{\text{нас}}(-)$ қуат теңдігіне орнатылады.

t_2 уақытында $I_{\text{кір}}$ и $I_{\text{оп}}$ сигналдар теңдігі болады, одан кейін $I_{\text{кір}}$ $I_{\text{оп}}$ аз болады, аз болады және шығуда қуат $I_{\text{нас}}(-)$ одан кетіп $I_{\text{нас}}(+)$ келеді.

2.12, б суретінде көрсетілген статикалық сипаттама дұрыс болып саналады, компаратордық қайта қосылуы $I_{\text{шығ}} \times$ тез арада жасалады t_1 мен t_2 уақытында, онда $I_{\text{м}} = I_{\text{оп}}$. Суретте сызығымен компаратордың сипаттамасы көрсетілген, онда қайт қосылу бірнеше кешігуімен басталады t_1 мен t_2 және бірнеше уақыт созылады.

Егер 2.12, а сур. сызбада тіректі нөлде болса, компаратор $I_{\text{кір}} = 0$, қосылады с.к. нөл деңгейіне детектілеу орыны бар. Осындай сызбаны $I_{\text{оп}} = 0$ нөл деңгейлі детектор болып табылады.

Цифрлық деңгейлер компаратордың шығуында сәйкесті логикалық бірлігін логикалық нөлін алу үшін, сызбаға шектесті енгізеді, ол диодтар мен резистордан тұрады.

Мамандандырылған компаратор ИМС сигналды жоғары нақтылығымен салыстыруға рұқсат етеді (он микро сызбаларға дейін) және олар шұғыл жасалады. Құрылымды шегінде олар ОК ИМС байланыспен шығу қуаттың шегімен логикалық нөл деңгейлерінде және бірліктеріне өзгешеленеді.

Мамандандырылған компараторлардың ИМС ОК ИМС жасалатынына бірдей бір полярлық және әр түрлі полярлық қуаттар іске асырылған.

2.1.10. Қуат күшейткіштері

Соңғы (шығу) және соңының алдында күшейткіш каскадтарда пайдаланатын **қуат күшейткіштері**, тоқтың қажетті деңгейін қамтамасыз ету немесе жүктеменің берілген қарсыласуында белгі қуаттылығын қамтамасыз ету үшін тағайындалады. Егер жүктеме белсенді (резистор), соңғы каскад қуат күшейткіші болуы мүмкін, ал егер реактивті (теңдік, индукциялық) – қуат күшейткіші. Соңғы каскадтарда күшті күшейткіш элементтер үлкен жұмыс токтармен және үлкен энергия пайдалануымен пайдаланады. Сондықтан, соңғы

каскадтарды жобалау кезінде жоғары КПД жетуіне қажет, егер КПД жоғары болса, жылыту энергиялары аз және күшейткіштің жоғары үнемділігі болады.

Толығымен жылыту жоғалтуларын жоюға мүмкін еместігіне қарамастан соңғы каскадтарда жылыту өткізгіштердің қуат күшейткіштерін радиаторлар мен тоңазытқыштарды қарастыру қажет,.

Соңғы каскадтардың ерекшелігі кіріс сигналдардың жоғары деңгейі болып табылады, осыған байланысты күшейткіш элементтер параметрлері тез арада өзгерілуі мүмкін. Қуаты бойынша ең көп күшеюі транзисторларды сызба бойынша жалпы эмиттермен қосылған кезде алады. Жалпы коллектормен сызба бойынша транзисторлар қосылуы төмен омды жүктемемен каскадтың шығу қарсылығымен тамаша келісімді қамтамасыз етеді.

Соңғы және соңғының алдында каскадтар сипаттамасы. Соңғы каскадтар бір контакты және екі контакты болып бөлінеді: бірінші транзисторы ВАХ линейлі аумағында экономикалық емес тәртіпте жұмыс істейді, ал екіншілер қуатына қарай және жұмыстың экономикалық тәртібі бойынша үлкен күш салады.

Каскад аралық байланыстардың принципі бойынша трансформаторлық және трансформаторсыз соңғы каскадтар бар. Трансформаторлық соңғы каскадтар ең үнемдеулі, бірақ көп мөлшерлі және габариттік мөлшерлері бар.

Сызбаны таңдауға және оның негізгі параметрлерін есептеуге рұқсат ететін соңғы каскадтардың жұмыс пен сипаттамалардың негізгі принциптерін қарастырамыз. Содан күшейткіш элементтер ретінде транзисторларын қабылдаймыз, олар соңғы каскадтарда кең түрде пайдаланады.

Соңғы каскадтар ауыспалы қуаттарын күшейген болса, ал кіріс пен шығыс цепьтарында индукциялық пен теңдіктер бар, олардың қарсылығы кешендік мөлшерлермен сипатталады, олар белсенді және реактивті болады. Сондықтан динамикалық сипаттамалар кейде үнемі және ауыспалы тоқ сипаттамаларына бөлінеді.

Соңғының алдында және шығыс күшейткіш каскадтар сызбалары биполярлық транзисторларда байланыстардың теңдікті байланыстармен кәдімгі күшейткіш каскадтар сызбаларына тең, оларда ең күшті транзисторлар пайдаланады. Каскадтың коллекторлық резисторы үлкен тоқ өткізетініне есептелуі қажет, ал конденсаторларда кәдімгі каскадтардан 3-4 ретке көп теңдігі болуға тиісті.

Соңғының алдында және соңғы каскадтардың кіріс және шығыс сипаттамалар кәдімгі күшейткіш каскад секілді негізделеді. Транзистордың өткізгіш динамикалық сипаттаманы, оның кіріс және шығыс сипаттамаларын пайдалана отырып қабылдайды. Қисыз тәуелділер негізінде $1_k = /i(U_{R-3}, I_{B-3})$ жүктемелі тік жасайды – $1_k =$

$1/2(I_{К}-I_0)$ тәуелділігі және келесі тәртіптерінен транзистор жұмысын таңдайды.

А т ә р т і б і. Транзистордың жұмысын лшығыс сипаттаманың линейлік аумағында айқындалады. Осы тәртіпте демалу орны (кірісте нөл қуатына сәйкесті) кіріс сипаттамасының орташа бөлігінде орналасады. Себебі, транзисторда ең үлкен ток өтеді, кірісте сигнал болмаған кезде де, осындай күшейткіш каскадтың жоғалтуы жоғары.

В т ә р т і б і. Осы тәртіпте демалу орнын транзистордың демалу тогі кезінде нөлге жақын кезде таңдайды.

Шығыс сипаттаманың линейлік аумағы, егер базада қуат пайдаланатын болса ғана эмиттерге қарсы жағымды ($n-p-p$ транзисторларына арналған). Демалу орны бастапқы аумағында кіріс сипаттаманың орналасады. Себебі, осы жағдайда транзисторда кірісте сигнал болмаған кезінде ток өткізбейді және күшейткіш каскадтың КПД жоғары. Осы тәртібінің жетіспеушілігі жұмыс сипаттаманың сәйкесті линейлі еместігі болып табылады, ол кірісте жартылай мезгілді жағымсыз сигналдар кезінде күшейткіш жұмыс істемеген болса онымен негізделеді (с.к. транзистор базасында).

С т ә р т і б і. Осы тәртіпте демалу орны кіріс сипаттаманың **В** нүктесінен сол жағына қарай, сонымен қатар осы кезде транзистордың демалу ток нөлге теңдес болуы қажет бірнеше жағымды қуаттар кезінде ғана таңдалады. Осы тәртіп ең экономикалық және күшті дыбыстық күшейткіштерде пайдаланады. Осындай тәртіптің жетіспеушілігі сәйкесті жұмыс сипаттаманың линейлігі емес болып саналады, ол кірісте жартылай жағымсыз мезгілдерінде күшейткіш жұмыс істемейді (транзистор базасында). Шығысты сигналда нақты емес гармониктері бар, оларды таңдаулы фильтрлермен шығыс күшейткіш каскадтармен жою мүмкін.

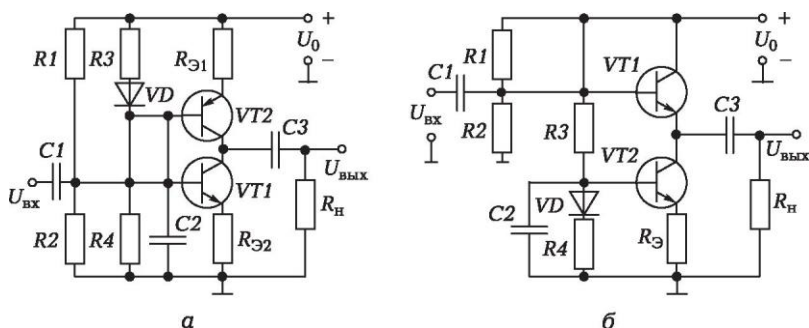
Бір контакты күшейткіш каскадтар. Бір контакттыға кәдімгі транзисторлық күшейткіш каскадтар жатады, олар бүгінгі бөлімінің басында қарастырылған. Шығыс сипаттаманың линейлі аумағында жұмыс істейтін күшейткіштер, с.к. **А** тәртібінде. Сондықтан сигналдар линейлі емес өзгертулерсіз күшейтіледі. Осындай күшейткіштердің жетіспеушілігі төмін КПД болып табылады: құрылымнан тыс және жұмыс тәртібінен тыс ол 5... 8 %. Құрайды. Осындай каскадтар сигналдың төмен кіріс қуаты кезінде алдыңғы күшейтуіне үшін пайдаланады және соңғының алдында каскадтар деп аталады.

Бір контакты соңғының алдында күшейткіштерді жасау кезінде қуаты, ток немесе қосылудың ең жоғары коэффициенттерін алуға тырысады, екі транзисторда каскадты күшейткіштерге қамтамасыз етеді. Осындай күшейткіштердің электрлі сызбалары 2.13 сур. көрсетілген. Осы сызбаларда **VT1** транзистордың бірі белсенді болып табылады, ал екінші **VT2** — жүктемелі.

Осындай күшейткіштердің күшейту коэффициенті VT2 транзистор тогі бойынша күшейту коэффициентімен, жүктемелі транзистордың шығыс күшейткішпен және жүктеме қарсылығымен негізделеді. Бұл көрсеткіштердің алғашқы екеуі салыстырмалы жоғары мәнді болғандықтан, бұндай күшейткіштердің күшейту коэффициенті жоғары болады.

Қарастырылатын күшейткіштерде жағымсыз айналма байланыс (ЖАБ) бар, ол $R_{Э2} = 200$ Ом резисторында қуаты төмендеген кезде пайда болады. Бұл олардың шығыс қарсылығының көбеюін қамтамасыз етеді, динамикалық диапазонның кеңеюі мен өткізу сызығы. VT1 транзистордың жұмыс нүктесінің орнатуы мен А жұмысының тәртібі $R_1 = 50$ кОм резистивті мостик таңдауымен жасалады,

$R_2 = 10$ кОм. Жүктемелі транзистордың жұмыс тұрақтылығы $R_3 = 50$ кОм, $R_4 = 10$ кОм, $R^{\wedge}$ және диодпен VD транзисторларымен қамтамасыз етіледі.



2.13. сур. Бір контакты соңғының алдында күшейткіштердің электрлі сызбалары:

а — жүктемелі транзисторымен және жалпы эмиттермен;

б — жалпы коллекторымен

Барлық бір контакты соңғының алдында күшейткіштерде үлкен жұмыс тоқтары бар, белгілеу керек, сонымен қатар олардың белсенді күшейткіш элементтерде және резисторларында үлкен қуаттылықтар болуға тиісті. Аса қайнатқан кезінде транзистор қарсылығы төмендейді және қарсы қуатында сынама секілді болуы мүмкін. Орташа қуаттылық $P_{рас}$ және $1,5P_{шығ}$. Аса қайнатуын жою үшін транзисторлар алюминий немесе мыс радиаторларымен қамтамасыз етілуі керек, үлкен үстіңгісімен, олар қуаттылығын конвекция нәтижесінде қоршаған ауа ортасына корпус ішіне пайдаланатын аппаратураға тапсырады. Аппаратура корпусында табиғи желдетуіне арнайы жолдар бар, онда қосымша түрде желдеткіштер орнатылады.

Екі контакты күшейткіш каскадтар. Екі контакты каскадтар, екі

күшейткіш элемент бар, жалпы жүктемеге жұмыс істейтін 180° фазада жылжыған шығыс токтар деп аталады.

Күшейткіш элементтер (жиі кезде транзисторлар, ***B*** немесе ***C*** тәртібінде жұмыс істейтін), әр өз электрлі цептарымен екі контакты күшейткіш каскадтың екі сызығына ие болады.

Екі контакты транзистық каскадтарда үш түрі бар.

1) бір фазалық кіріс қуаты параллельді басқаруымен каскадтар. Осындай каскадтарда кіріс сигнал бір фазада сызбаның екі сызыққа бір бұлақтан беріледі. Сонымен қатар сызықтарда әр түрлі түріндегі транзисторлар пайдаланады: ***n—p—n*** біріншіден, ал басқада ***p—n—p*** (комплементарлық жұп), олар кезекпен жартылай мезгілдерінде әр түрлі полярлігімен жұмыс істейді;

2) фазаға қарсы қуатымен параллельдік басқаруымен каскадтар екі сызықтарда сигналдың бір бұлағынан. Осындай каскадтарда бір типті транзисторлар пайдаланады әр түрлі аумақтарда және фазалық инвенторлық электрлі RLC-цептары немесе 180° транзисторлар жұмысына фазалар жылжытуына үш нүктелі трансформаторлар;

3) бір фазалық кіріс қуаты әрі қарай басқаруымен каскадтар. Осы каскадтарда бір типті өткізуімен екі транзистор пайдаланады ***A*** тәртібінде жұмыс істейтін. Сигнал бұлақтарынан қуаты транзистор бірінші жүргізілетін сызығының кіруіне беріледі, шығуынан қуатты дыбыс содан кейін транзистор жолына екінші көрінетін сызығына.

Екі контактты трансформаторсыз шығыс каскадтары.

Трансформаторларда ең үлкен масса бар, габариттік мөлшерлер оларда сигнал қуаттылығының бөлігі жоғалады, кең таралуын аса экономикалық және аз габариттік екі контактты трансформаторсыз шығыс каскадтар алған, олар микро сызбалар түрінде интегральді технология бойынша іске асырылуы мүмкін.

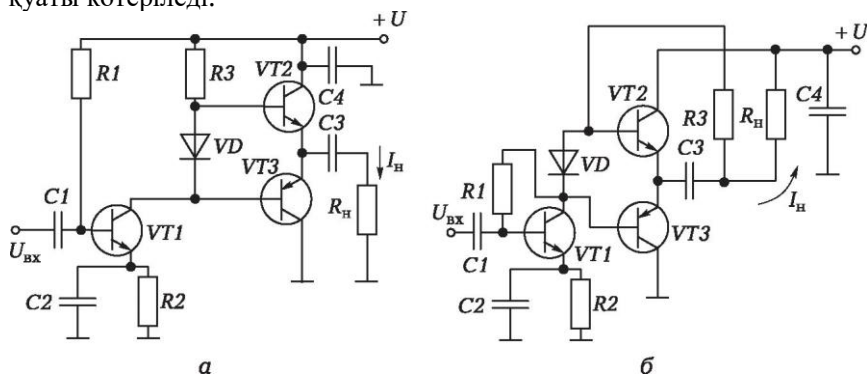
Екі контактты трансформаторсыз шығыс каскадтар комплементарлық транзисторлық жұптарда (***n—p—n*** и ***p—n—p*** түрінде) күшті шығыс транзисторларынан, алдыңғы каскадтар жақсы келісімдейі, олар төмен омды жүктемеде экономикалық тәртібінде жұмыс істейді.

Шығыс каскадының кәдімгі сызбасы комплементарлық ***VT2*** мен ***VT3*** транзисторларында 2.14, ***a*** сур. көрсетілген. ***VT1*** транзисторында осында соңғының алдында каскад сызба бойынша ***R3*** жүктемемен күшейткіш сызба бойынша жиналған. ***VT1*** жылжыту қуаты ***R1*** резистор арқылы беріледі. Үнемі тоқ транзисторлары ***VT2*** мен ***VT3*** тікелей байланысты, және қуат олардың арасындағы бірдей бөлінеді: $U_{K1} = U_{K2} = U/2$. Жүктеме R_K үлкен теңдігімен конденсаторы ***C3*** арқылы қосылған. Шығыс транзисторлар базасының жылжытуы аз, олар ***B*** тәртібінде жұмыс істейді.

VD диоды транзисторлар демалу токтардың температуралық

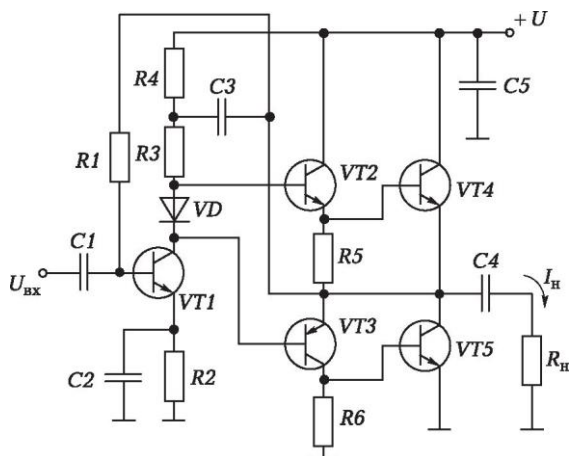
тұрақтылығын қамтамасыз етеді. $VT1$ транзистордың шыққан кезінде жағымды жартылай мезгілімен ауыспалы қуатының $VT2$ ($n-p-p$ түріндегі) транзистор пайданады және $C3$ конденсаторы қуаттандырылады. Келесі жартылай мезгілінде (жағымсыз полярлігімен) $VT2$ транзистор мен $VT3$ транзистор ашылады, ол конденсаторы тез $C3$ арқылы қосылудан шығады. Осылай, екі транзистор ауыспалы тоқ бойынша параллельді түрде жұмыс істейді және кіші шығыс қарсылығы бар, төмен омды жүктемемен жақсы келісімделген. КПД жоғары күшейткіші $VT2$ мен $VT3$ транзисторлар жұмысымен B тәртібінде жұмыс істейді.

Келтірілген сызбаның кемшілігі R_M жүктемесіндегі шығыс қысымының төмендігі болып табылады, сондай-ақ $i_{шығ}$ соңғы алдыңғы каскадтың теңдес ($0,2 \dots 0,3$) U . Жоғары шығыс қосылғанына үшін 2.14, б, сызбаны пайдаланады, онда жүктеме қуаттың бұлағына жағымды полюсына, ал $R3$ резистор – $C3$ конденсаторының жүктемесіне қосылған. Конденсаторды қайта зарядтау уақытында $VT1$ транзистор қуатының қосылуы $1,5 U$ дейін көтеріледі және шығыс қуатына (басқарушы) $0,5U$ жетеді. Бір қатар күшейткіш пен оның КПД шығыс қуаты көтеріледі.



2.14. сур. Комплементарлық жұптарда трансформаторсыз шығыс каскадтар сызбалары: кәдімгі (а) және жоғары шығыс қуатымен (б)

Үлкен қуатты трансформаторсыз күшейткіштер сызбаларында бірдеу параметрлерімен қуатты транзисторларына комплементарлық жұбын табуға қиын. Бұл мәселе екі такты комплементарлық жұптық сызбаларында негізгі транзисторларының пайдалану жолымен шешіледі (2.1.5. сур.). Осы сызбада шығыс қуатты $VT4$ пен $VT5$ транзисторларына бірдей өткізгішімен қосылады, төмен қуатты $VT2$ мен $VT3$ транзисторлар жақын параметрлерімен, өзімен комплементарлық жұбын ұсынатын. $C3$ арқылы жүктеме параллеллі секілді $R4$ резистор жүктемесі қосылады.



2.15. сур. Құрамалы транзисторларымен комплементарлық жұбында қуатты шығыс күшейткіштің трансформаторсыз сызбасы

L_n жүктеме қарсылығын өзгерілуі кезінде шығыс транзистерінің жұмыс тәртібінің тұрақтылығы. Себебі, цепь жүктемесін айырылу кезінде ғана **R4** резистор түрінде жүктемелер болады.

Қазіргі кезде трансформаторсыз сызбалар комплементарлық жұптарда ең төмен габариттеріне жақын және үздік сапалы көрсеткіштеріне. Оларды жеңілмен күшейткіштер микросызбаларда іске асыруы қажет.

Бүгінгі таңда кәдімгі күшейткіштер мен қондырғылар кең пайдалы әмбебап микро сызбалар түрімен іске асырылады және үлкен номенклатурасы бар. Сонымен қатар радиатордағы комплементарлық жұптарымен қуатты дыбыстық күшейткіштерінің микро сызбалары да жасалып шығарылады.

2.2. ЭЛЕКТРОНДЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАР

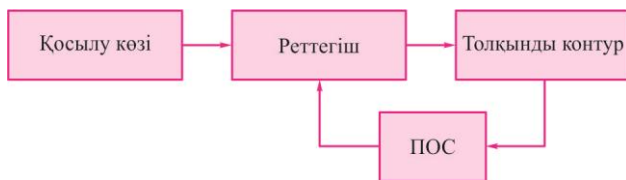
2.2.1. Автогенерация принциптері

Автогенератор — ауыспалы қуатты қосылуысыз жоғары жиілілік ауыспалы қуаттылығында үнемі тоқ энергиясын жасайды.

Алдымен гармониялық толқындар генераторларын қарастырамыз, оларда толқындар жиілілігі толқынды контур көмегімен тапсырылады. Сонымен қатар оларды синус секілді толқындар генераторлар деп атайды.

Толқынды контурды қуат көзіне жалғау барысында онда уақыт өте келе шығындар салдарынан контурдың өзінде де, оған қосылған жүктемеде де өшіп қалатын электрлік толқындар пайда болатыны мәлім. Толқындарды тұрақты ұстау үшін, яғни, оларды өшпес қалыпқа келтіру үшін уақыт аралығы сайын оны қуат көзіне жалғау арқылы толқынды контурдағы қуат көзін әрдайым толтырып отыру қажет. Сәйкесінше, автогенератор құрамына толқынды контурдан басқа реттегіш деп аталатын, оның контурған түсуін қадағалайтын энергия көзі мен элемент кіруі қажет. Реттегіш контур толқындарының амплитуда, фаза және толқындар жиілігімен сәйкес келуі қажет, яғни, онымен басқарылуы қажет. Басқарудың бұндай механизмін осы жағдайда оң болуы қажетті кері байланыс деп атаймыз. Автогенератордың құрылымдық сызбасы 2.16 суретте бейнеленген.

Негізінде реттегіш ретінде электрондық шамдарын және транзисторларын пайдаланады.



2.16. сур. Автогенератордың құрылымдық сызбасы: ЖАБ — жағымды айналма байланыс

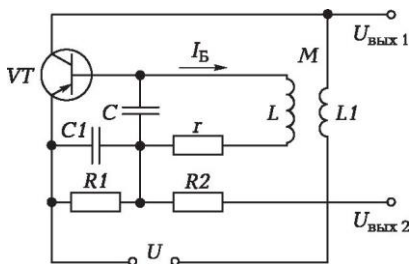
2.2.2. Гармониялық толқындарының транзисторлық генератор

Транзисторда автогенератордың электрлік сызбасы 2.17 сур. келтірілген.

VT транзисторы жалпы эмиттермен сызба бойынша қосылған. Оның коллекторлық цепіне **L1** индукциялық катушка қосылған, онда **L**

катушкамен трансформаторлық байланыс бар, ол базаға қосылған және **C1** конденсатор арқылы — эмиттерге қосылған. Резонанстық толқынды контур **L** индукциялық катушкадан және **C** конденсатордан тұрады. Сызбада контурдың ішкі қарсылығы r резисторымен біртұтас белгіленген. **R1** мен **R2** резисторлары генератор ажыратуына және $\Lambda_{\text{вых}2}$ шығыс сигналын балансирлеуге қызмет етеді.

LC-контурдағы қуат толқындары **1Б** база тоқ толқындарына келтіреді және **L1** катушкада коллектор тоқ өзгерілуі, олар **L** катушкада индукциялық тоқтар енгізілетін резонанстық контуры. Осылай, реттегішпен резонанстық контурдың айналма байланыс трансформаторлық байланыс көмегімен жасалады. Егер резонанстық контурда толқындар **L1** байланыс катушкасында фаза бойынша ұқсас болса, реттегіштің жағымды ОС және резонанстық толқынды контур, яғни, синус секілді резонанстық генерация қуаты пайда болады.



2.17. сур. Транзисторда
автогенератордың электрлік сызбасы

База тоқ өзгерілуі, контур толқындарымен байланысты, коллекторлық тоқ өзгеруіссіз, олар өз көмегімен, ЭДС индукцияны алғашқы трансформатордың цепьтарында болған. Егер резонанстық контурындағы және **L1** байланысындағы катушкадағы толқындар сәйкес фазада өтетін болса, автогенераторда периодтық толқындар сақталады.

Резонанстық LC-контурда толқындар екінші тәртібінің салыстырмалы себеп болуына жазуға болады, оның шешімі келесі:

$$U(t) = U_0 e^{-S_0 t} \sin \omega_0 t; \quad S = (2a \pm a^2 M S_0 / 2),$$

онда U_0 — қосылу қуаты; ω_0 — резонанстық жиілігілік; t — уақыт; S — автотолқындар декременті; a — диссипация коэффициенті (энергия кетуі), $a = r/(2L)$; M — трансформаторлық байланыс коэффициенті; S_0 — транзистор сипаттаманың нақтылығы.

A , ω , M , S_0 биіктігі үш мүмкінді толқындар түрлері бар:

- 1) $S > 0$ кезінде автогенератордың толқыны тез арада өшіріледі;
- 2) $S = 0$ кезінде автогенераторда толқындар өшірілмейтін;
- 3) $S < 0$ кезінде автогенераторда толқындар өседі.

Генератордың өз еркімен күшею жағдайы:

$$MS_0/r < C \text{ или } MS_0/r - C = r + r. < 0,$$

онда $r_- = -MS_0/C$ — кәдімгі жағымсыз енгізілген қарсылығы бастапқы.

Жағымсыз қарсылық толқынды ОК LC-контурда жағымды көмегімен пайда болады.

Сонымен қатар егер нәтижелі қарсылық толқынды контурда жағымсыз болса, ол жұппайды, ал энергияны шығарады, сонымен қатар толқындар пайда болады.

Автогенератордың стационарлық жұмыс тәртібі. Өз – өзімен амплитуда тәртібінде қуат толқындыры генератор шығуында шекті түрде өсуі қажет, бірақ тиімді сызбаларда ол бірнеше деңгейге жетеді және әрі қарай өзгерілмейді. Бұл транзистор сипаттаманың орташа күшеюі база қуатының амплитуда бойымен төмендейді.

Автогенератордың өз – өзімен күшею тәртібі. Автогенератордың өз – өзімен күшею тәртібін білу үшін екі сипаттаманы қарастырамыз: кіріс қуаты транзистордан (толқынды контур тогі) шығыс ток тәуелділігі мен толқынды контурдың кіріс қуаты транзисторы, сонымен қатар айналма байланыс тереңдігі.

Толқынды контурда 1-ші ток гармониканы ғана пайдалануы шығыс ток амплитуда тәуелділігі транзистор кіріс қуатынан толқынды сипаттамаларды атайды.

2.18. суретінде синус секілді толқынды автогенераторлардың үш сызбасы көрсетілген: биполярлық транзисторда, аумақты транзисторда және электрондық шамында.

Транзистордың кіріс қуатының амплитудасы толқынды контурында салыстырмалы тоққа немесе 1-ші гармоника амплитудасына сай, сонымен қатар тоқтан қуат тәуелділігі линейлі: $i_{kir} = r a M_{\max}^7$.

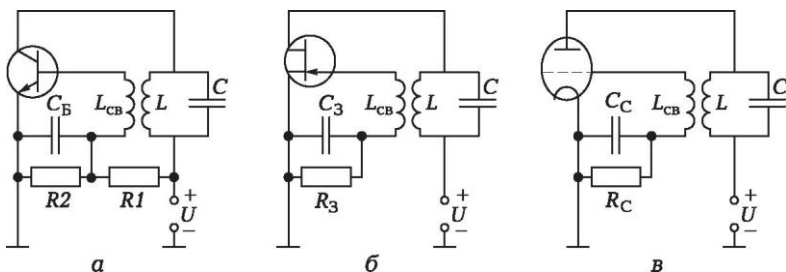
Осыдан: $I_{\max 1} = i_{kir}/(юМ)$ айналма тәуелділігін табуға болады.

Осы тәуелділік, графикалықпен суреттелген, айналма байланыс сызығы болып аталады.

Сонымен, транзистордың кіріс қуатының толқынды контурында 1-гармониялы амплитудамыз бар, біреуі ОК есептеуісіз бекітіледі, ал басқасы ОК негізделеді. Тәжірибеде автогенератор күштілігінің екі тәртібі кездеседі.

1. Толқынды контурындағы тоқтың 1-гармониялы амплитудасы ОК негізделетін маңызы үлкен, кіріс қуатының бірдеу маңызымен. Себебі, транзистор кіруінде қуат өседі және коллектор тогіне сәйкесті өседі. Егер транзистордың кіріс қуаты шектен тыс болса, оның сипаттама күшеюі төмендейді, генератор толқының амплитудасы қуатын ұстайтын қажетті маңызына аз болады, i_{kir} ОК көмегімен транзистор базасында ол төмен түседі. Кей жағдайда қуат өсуі пайда болады, және генератор автоматты түрде тұрақты нүктесін табады. Бұл автогенератор күшеюінің тәртібі жұмсақ болып аталады. **M**

трансформаторлық байланыстың коэффициент таңдауын автогенераторға сыртқы әсер етуісіз генерленген толқындар амплитудасын реттеу мүмкін.



2.18. сур. Биполярлық (а) және аумақтық (б) транзисторлар мен электрондық шамында (в) автогенераторлар сызбалары

2. $I_{кр}$ қуаты кезінде U_1 кіріс маңызы аз, толқындар өшіруі мүмкін. Бірақ $I_{кр} > U_1$ кезінде толқындар өседі және U_{max} кезінде максималды амплитудаға айналады. Осы тәртіпте, қатты деп алатын, автогенератор бастапқы сыртқы күшеюінің басу болуы қажет. Сонымен қатар М трансформаторлық байланыстың коэффициент көмегімен генератор күшеюінің жағдайы өзгеруі мүмкін. Толқындар генерациясы осы сәтте $M_{кр1}$ критикалық маңызында пайда болады, байланыс күшті болған кезінде.

Егер байланыс коэффициенті төмендеген болса ($M < M_{кр}$ Д автогенераторы тұрақты жұмыс істейді $M_{кр2}$ дейін, онда генератор толқындар амплитудасы төмендейді және генерация бұзылады. Жұмсақ тәртібін қамтамасыз етуі үшін толқындар генерациясы пайда болуында биполярлық транзисторында сызбасында және СЗ, R3 тізілімінде аумақты транзистор сызбасында $C_B J_2$ байланыс пайдаланады (2.18, б сур. қар.).

Автогенератордың нақты сызбалары (сонымен қатар қуатты) радиотехника бойынша арнайы әдебиетте келтірілген.

2.2.3. Кварц резонаторлары

Толқынды контур ретінде генератор жиілігінің тұрақтылығын көтеру үшін кварц пластиналарын пайдаланады. Термокомпенсациясы бар жақсы толқынды контурдың жиілігінің жылжуы $(0,5... 1) \cdot 10^{-4}$ құрайды, ал кварцты — $10^{-7}... 10^{-6}$.

Кварц пластиналары кварц монокристаллдан нақты бұрышпен оның оптикалық осьтарына кеседі. Кварц пластинкасы кварц ұстағышына енгізілген, ауыспалы токтың электрлі цепін ттқтатады,

себебі пьезоэлектрлі әсері бар: электрлі толқындар онда механикалық болып пайда болады, және керісінше. Кварц пластинаның эквивалентті электрлі сызбасы LRC-контурымен ұсынылуы мүмкін. Онда L , R , C , маңызы бар, кварц пластинаның геометриялық өлшемдерімен өлшенеді және механикалық толқындарымен (тік және көлденең). Кварцтарда екі резонансты жиіліктер бар: f_{01} келесі резонансты және параллельді резонансы f_{02} . Еркінді кварц $Q = 500.10\ 000$ кәдімгі контур үш тәртіпте жоғары болады.

Квартты резонаторлар кең таратылуын әр түрлі элеткрондық техникада орын алған. Олар сериялы түрде өндіріспен шығарылады герметикалық және вакуумды түрінде, пластмассалық, шынылы және керамикалық корпустарында, жиіліктерімен он килогерцтен бастап жүз мегагерцке дейін. Сонымен қатар лизерлік таңдауымен жоғары нақтылығымен тапсырылған жиілігінің , сағаттар үшін жасалады.

Квартты резонаторлар тактты генератор секілді сағаттарда, компьютерлер мен тұрмыстық техникада пайдаланады. Соынмен қатар олар радиотехникада пайдаланады,резонаторлар, жиілік тұрақтатқыштар, сзгіштер, теледидарлық қабылдауыштар, өлшегін приборларда және басқа кондырғыларда пайдаланады.

2.2.4. Сызықты өзгерілетін қуатының генераторлары

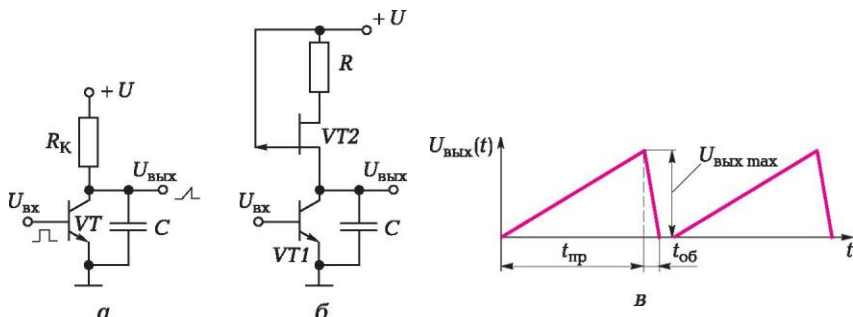
Сызықты өзгерілетін қуатының генераторлары (ЛӨҚГ), немесе ара секілді қуатының генераторлар, симметриялық және симметриялық емес түрінің импульстарын жасауға үшін тағайындалған. Симметриялық сызықты өзгерілетін қуат радиобиіктігін өлшейтінінде, ал симметриялық емес – осцилографтар мен электронды-сәулелі трубкаларда пайдаланады. Сызықты өзгерілетін, мысалы пOLOG секілді (ең ұзақты) импульс бөлігі тік болып атауға болады (жұмыс) уақыт барысымен $t_{\text{с}}$, ал оның қысқаша бөлігі — айналма жолымен (қалпына келтіру деңгейі) $t_{\text{ср}}$ ұзақтығымен. $I_{\text{шығтах}}$ қайталама келтіру ара секілді импульс амплитудасы қуаттар айырмашылығымен тік жолының бастауында және соңғысында негізделеді.

Импульстың тік және айналма жолының ұзақтығының аралығы әр түрлі болуы мүмкін. Импульстар нысандары әр түрлі болуы мүмкін, сонымен қатар қиын геометриялық фигуралары ретінде болуы мүмкін (мысалы, трапеция) әр түрлі полярлігімен. Ең кең тараған ара секілді қуатының генераторларын қарастырамыз, олардың көмегімен трапеция секілді импульстарын, шекті диодты сызбаларын пайдалана отырып қабылдауға болады.

Сызықты өзгерілетін қуатын үлкен қарсылығымен қуат алатын конденсаторда алуға болады, мысалы, интегрирленген цепінде, онда

үнемі қуаты бар.

Сызықты өсетін қуатының қалыптастыру сызбасы инвентор мен конденсатор негізінде C , R_K резистор арқылы қуат алатын, H_{II} қосылу бұлағынан $I_{шығтаx}$ сүнемі үлкен уақытымен $9 = R_K C$ 2.19, а сур. көрсетілген. Ашық транзисторда C конденсаторында қуаты жоқ, мәні нөлге дейін барады.



2.19. сур. Кәдімгі ЛӨҚГ (а) сызбасы, ток тұрақтатқыш аумақты транзистордың генератор сызбасы (б) ээне эпюрлер мен қуаттары (в)

Транзистор жабылған кезде конденсатор ақырын R_K резистор арқылы қуат алады. Сонымен қатар біріншіден конденсаторда болған қуат сызықты заңы бойынша өседі, қуатылығына қарай қуат бойы төмендетіледі және сызықты емес уақытының экспоненциалды тәуелділігіне сәйкес болады.

Қалыптастырушының кіру жолында үлкен жағымды импульстар келген болса, әр импульс транзистор ашылып және конденсатордың қуаты шығып, айналма жолы болады. Импульстар арасында уақыт аралығында линейлі көбейткіш қуат қалыптастырады.

Өсетін қуатының сызықты тәуелділігін жасау үшін конденсатордың үнемі уақыт зарыды үлкен болуға тиіс, сондықтан ережеге сай, және $5 \cdot 10$ кОм қарсылығымен резистор үлкен теңдігімен электролиттік конденсаторын пайдаланады (10...20 мкФ).

Конденсатордағы қысым өзгеруінің сызықтық еместігі берілген қалыптастырушылардың басты кемшілігі болып табылады. Сызықтық еместікті жою үшін әр түрлі әдістерді қолданады. Жекелегенде, конденсатор зарядының тек уақытпен шектелген аймағын, дыбыстың сызықтық емес күшейтілуін немесе операциялық күшейткіш негізіндегі электронды интеграторды пайдаланады. Бірақ, қысым өзгеруінің сызықтануына жоғары талаптар қойылмаған жағдайларда ЛӨҚГ кәдімгі, қиын емес сызбаларын пайдаланады.

ЛӨҚГ негізгі параметрлеріне уақытша сипаттамалардан тыс қосылудың қуатын пайдалану коэффициенті $K_{II} = I_{шығтаx} / I$ және

сызықты емес коэффициенті $K_{нл}$. Жиі кезде $K_{нл} < 1$, және оны әрқашан өсуге тырысады.

Жоғары нақты ЛӨҚГ $K_{нл} < 1$ %. Онда $K_{нл}$ от 1 до 10 % есептейді, ЛӨҚГ орташа линейлілігі бар, ал $K_{нл} > 10$ % — төмен болады.

Кәдімгі ЛӨҚГ сызбасында 2.19, **а** сур. көрсетілген, онда интеграцияланған ЛС- тізбек бар ($L_{КС}$), тік жолын қалыптастыруында жұмыс істейтін. Интеграцияланған ЛС-тізбектер талдауынан, $I_{шығ} \ll U$ кезінде қуаттың өсу жылдамдығы максималды және үнемі, ал $K_{нл} \wedge 0$. Сонымен, қарастырылатын ЛӨҚГ вариант пайдалануын тік жолының үлкен емес уақыт маңыздылығы кезінде көрсуге болады $I_{пр}$, сонымен қатар $I_{пр} \ll L_{КС}$ кезінде. $I_{обр}$ қайтару жолының уақыты ашық транзистордың L_c ішкі қарсылығымен негізделеді ($I_{обр} \gg C \cdot L_c$).

Осы сызбаның талдауынан ЛӨҚГ зарядтың тоқ тұрақтылығын жасау қажет, $I(t) = (U - I_{вых}(t))/L_{К}$ тәуелділігін төмендету. Тоқ тұрақтатқыштар ретінде биполярлық және аумақты транзисторларын пайдалануға болады, олар алдыңғы ВАХ учаскілерінде жұмыс істейді.

Тоқ тұрақтылығы ең үздігі, тоқ тұрақтатқыш элементінің салыстырмалы қарсылығы болса (осы сызбада заряд цепінің резисторы мен конденсаторы $L_{К}$).

Аумақты тоқ тұрақтатқыш транзисторымен ЛӨҚГ сызбасы 2.19, **б** сур. көрсетілген. Аумақты транзистор қадамымен қосылған, L резисторымен және эквивалентті қарсылығын жасайды $L_3 = L_c(1 + BL)$, онда S — сипаттама күштілігі. Тәжірибеде тоқтың жақсы тұрақтатқышымен $L_3 = 11,5$ МОм алуға болады. Осындай ЛӨҚГ жай және экономикалық, сондықтан жиі кезде пайдаланады, мысалы, $K_{нл} = 1 \dots 2$ %.

Қорытындыда импульстық техниканың элементтері ең үлкен таралуын импульстық логикалық және цифрлық қондырғыларда, есептегіш техникада және ақпаратты берулі жүйелерінде алды деп белгілеуге болады.

2.3. ИМПУЛЬСТЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАР

Қазіргі кезде ээне электроникада кең түрінде ипұьстық қондырғылар пайдаланады электрондық техниканың арнайы қондырғылар жұмысын қамтамасыз етуіне үшін, сондай-ақ цифрлық электроникада. Импульстық элеткроникада элеткрондық кілттерін пайдаланады – қондырғылар, тез ауыстырылатын ішкі қарсылығын басқарушы сигналымен, және импульстық генераторлар, импульстар төбелерін қалаптастырылатын.

2.3.1. Импульстық цифрлық түрінде ақпараттың ұсынылуы

Цифрлық логикалық және арифметикалық қондырғылар қуат импульстарымен операция жасайды, жағымды қуатын логикалық бірлік ретінде қабылдап, ал қуаттың болмауы – логикалық нөл секілді (0). Тізбектерінде қуат толқындары болған кезде, қандай қуат деңгейіне логикалық 0 және 1 сәйкесті болуын белгілеу керек. Қабылдайтын шешім критерийі алдыңғы қуат болып саналады $\wedge_{\text{алд}}$, егер қуат деңгейі U алдыңғыдан жоғары болса, ол 1 болып есептеледі 1, егер $U < U_{\text{алд}}$, ол 0 секіді қабылданады. Екі деңгейі бар сигнал (0 және 1), цифрлық болып есептеледі. Транзисторлы – транзисторлы логикалық элементтеріне $U_{\text{алд}} = 2 \text{ В}$, $U_0 = (0 \pm 2) \text{ В}$, $U_1 = (5 \pm 2) \text{ В}$ пайдаланады.

Біртұтас жағымды сан N келесі екі түрімен ұсынылуы қажет:

$$N = a_{n-1}2^{n-1} + s + a_i2^i + s + a_12^1 + a_02^0,$$

онда i — нразряд нөмірі; a_i — логикалық 0 немесе 1 қабылдайтын коэффициенттер; n — жоғары разряд.

5 санын онды және екілік түрімен жазамыз: $N_{10} = 5$; $N_2 = 101$.

Сонымен, екілік жүйесінде 5 санын жазуына үшін үш разряд керек болды. Барлығы үш разрядты кодында сегіз санды 0 бастап 7 дейін жазуға болады. Цифрлық үш разрядты кодтар онды сандарына сәйкесті, сызбада тұр.

Онды сандарының екілік сандарына сәйкестілігі

N_{10}	0	1	2	3	4	5	6	7
N_2	000	001	010	011	100	101	110	111

Егер 8 санын жазу керек болса, төртінші разряд қажет. Екілік нысанда 8 саны 1000 санына айналады, 9 саны – 1001, 10 – 1010 және т.б.

Екілік сандарын көру үшін, 0 немесе 1 маңызы бар қондырғылар жиынтығы керек болады. Осындай логикалық элементтер мен триггерлер әрі қарай 3 бөлімінде қарастырылған. Логикалық элементтер көмегімен екілік сандарымен логикалық және математикалық операцияларын жасауға болады. Триггерлер тұрақсыз элементтер болып табылады, оларда екілік кодтар бар. Екілік түрінде N сан қондырғысында, триггерлері бар, **регистр** болып аталады.

Триггерлерде жасалған регистрінде ақпараттап көп жылдар бойы сақталады, себебі регистр ғана сақтау элементі болып табылады (ақпаратты сақтау қондырғысы).

Екі цифрлық кодтарда ақпарат ұсынылуы микропроцессорлық техникада және цифрлық ЭЕМ логикалық және арифметикалық операцияларды шешуге үшін пайдаланады. Екі кодта ақпарат берілуі байланыс каналдарының кедергі тұрақтылығын жоғары етеді және сондықтан спутникті, ұялы, радиорелейлік пен мақталы – оптикалық байланыс жүйелерінде пайдаланады.

Қарізгі кезде импульстық және цифрлық қондырғыларда жиі кезде аса қысқаша импульстар пайдаланып жүр тік бұрыштарға жақын. Осындай импульстарында тік бұрышты нысанда жетіспеушілік көрінеді, олар индукциялық пен байланыс цепь теңдіктерімен байланысты. Жиі кезде бір импульсты нысан жақсы осциллограмм экранында қарастырылады.

Тік бұрышты импульстар келесі параметрлерімен сипатталады:

$U_{\max}$ — импульс амплитудасы, $AU_m \gg 0,1U_{\max}$ — импульс биігінен түсуі, t — импульс ұзақтылығы, T_f — фронт ұзақтылығы, T_c — кесу ұзақтылығы.

Импульстың максималды жетіспеушілігі немесе бастауыш деңгейінен тоқ **импульс амплитудасы** болып атайды.

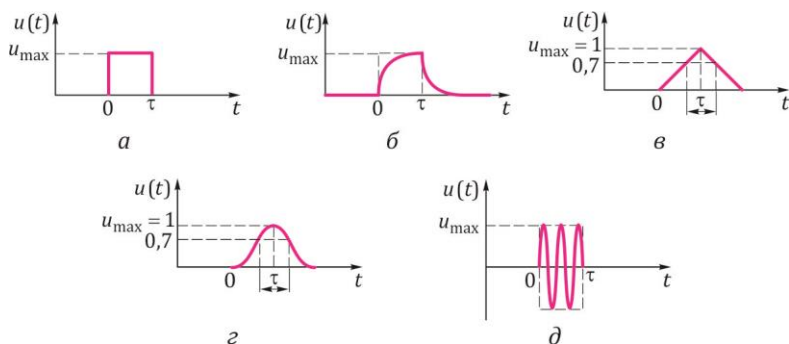
Импульс ұзақтылығы амплитуда маңызынан 0,7 деңгейінен өлшенеді.

Ауыспалы процесс ұзақтылығы (импульс фронтының ұзақтылығы) 0 бастап $0,9U_{\max}$ өлшенеді.

Кесу ұзақтылығы төмендеуінен бастап $0,1 U_{\max}$ дейін өлшенеді.

Импульстық қондырғылардың тез әсер етуі жоғары болса, фронт пен кесу ұзақтылығы төмен, ал импульс нысаны тік бұрышқа жақын. Жиі кезде фронт пен кесу ұзақтылығы бірнеше импульс ұзақтығынан проценттен тұрған. Кей жағдайда, импульстың фронт қалыпын фронттың (кесудің) бұрыштамасымен сипаттайды, яғни, фронт немесе кесу ұзақтығына амплитуда қатынасымен сипаттайды. Импульс биігінде қуаттың төмендеуі төмендеу коэффициенті болып аталады: $K_c = AU_m/U_{\max}$. Импульстың төмендеу коэффициенті жиі кезде 0,01 жоғары болмайды және импульстық жүйені қалыптастыратын сапасын сипаттайды.

Импульстық және цифрлық электрондық қондырғыларында әр түрлі нысанды электрлі импульстар бар. Олардың кең пайдалануымен оларды кең қарастырамыз.



2.20. сур. Электрондық техникада пайдаланатын импульстар нысандары: *a* — тік бұрышты; *б* — экспоненциалды; *в* — үш бұрышты; *г* — колокол секілді; *д* — радиоимпульс

Импульс (қуат немесе тоқтың электрлі импульс) — бұл бірнеше уақыт аралығында үнемі маңызымен алмасатын ток немесе қуаттың өзгерілуі.

Импульста уақытынан қуат немесе тоқтың өзгерілуін осциллограммада қарастыруға болады. Импульстар нысандары теңдес болуы мүмкін (2.20 сур).

Радиоимпульстар — қысқаша уақытты импульстар синус секілді қуат өзгертулер немесе ток радиожиілілік диапазонымен.

Бейнеимпульстар — қысқаша уақытты өзгертулер немесе ток нөл маңызынан жағымды немесе жағымсыз жағына қарай.

Бір импульстар сирек пайдаланады. Ережеге сай, радиотехникада және электроникада тікелей импульстар немесе импульстар әрі қарай, негізгі заң бойынша пайдаланады.

Импульстық қондырғылар — бұл электрлі импульстарды, оларды күшейтуіне және қалыптасуына (генерирлеуге) арналған.

Импульстық генераторларға бір даналық әр түрлі нысанды импульстар жатады және импульстық әрі қарай; қуат, ток және қуаттылығы бойынша күшейткіштер; инвенторлар; көбейткіштер мен импульс жиіліктер бөлгіштері; модуляторлар; коммутирленген кілттер.

Жиі радиотехникада және цифрлық есептегіш қондырғыларда тік бұрышты импульстар пайдаланады. Осындай импульстар кілт сызбалардан, триггерлер мен логикалық элементтерден қалыптастырылады, олар әрі қарай көрсетіледі. Осцилографтар мен элеткронды — сәулелі индикторлар ашылу сызбаларында өсетін

қуаттылығының жиі кезде линейлі импульстарды пайдаланады.

2.3.2. Электрондық кілттер

«Кілт» термині кең түрінде автоматикада және автоматиканың радиотехникасында пайдаланады – көп реттік контактты қолды қосқышын белгілеу үшін, ал радиотехникада – радиокілтті белгілеу үшін, Морзе әліпбиімен хаттардың импульсты берілуімен тағайындалған. Электрондық кілттің негізгі тағайындалуы – қосу және сөндіру операциялар (ағылшын техникалық терминологиясында — On және Off).

Қазіргі кезде импульстық қондырғыларда электрондық кілттерін пайдаланады – басқарушы сигнал әсерімен ішкі қарсылығын тез арада өзгеріп отыратын қондырғылар. Электрондық шамдарында электрондық кілттер, транзисторлар, оптрондар мен логикалық элементтер кең таралуын алды. Олар әр түрлі тізбек мен қондырғыларын, қосылу бұлақтарын, жоғары және төмен қуаттарын, әлсіз және мықты тоқтарын қосу мен сөндіруде пайдаланады.

«Кілт» термин ретінде импульстық цифрлық қондырғылар дамуымен иә – жоқ (қосылған - қосылмаған) принципі бойынша жұмыс істейтін элементті түсінуге бастады. Осындай кілттерді цифрлық логикалық элементтер негізінде жасалады.

Әр түрлі электрондық кілттер жұмысының ерекшеліктерін қарастырамыз.

Диодты кілттер. Олар шамды немесе жартылай өткізгішті диодтар негізінде жасалады дәйекті түрле параллельді сызбалар пайдалануымен. Жартылай өткізгіш диод тоқты бір бағытта ғана өткізеді (плюстан бастап минусқа дейін, 4 бөлімінде қар. – түзеткіштер). Сөндірілген сәтінен кілттің жолы қосылған сәтіне $i_{\text{кпр}} > U_0$ кезінде болады. U_0 жылжыту қуаты өзгере отырып, кілттің қосу және сөндіру сәтін өзгеруге болады.

Диод ашық болса, кілт қосылған, шығуында қуат диод кірісінде теңдес, сонымен қатар диод қарсылығы аз (жүктеме қарсылығына ең аз). Керісінше, диод жабық болса, кілт ашылған және шығуында қуат U_0 жылжыту кернеуге тән.

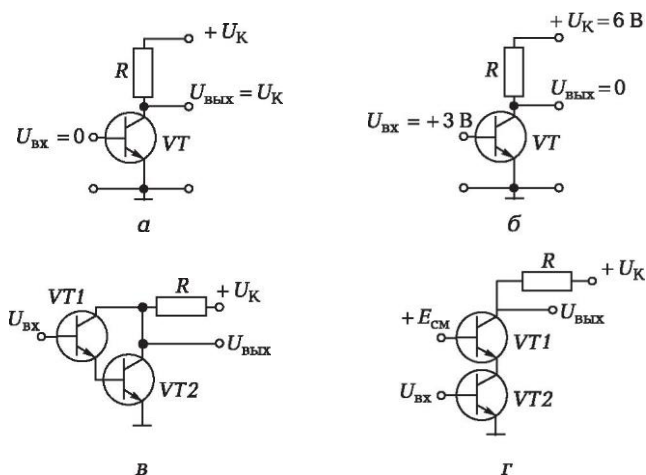
Қысқаша импульстардың тіке фронттарымен арқылы өтуі кезінде басты рөлін C_d диодты паразиттік теңдіктер атқарады және C_n жүктемесі (монтажды өткізгіштер теңдіктерімен). Жүктеменің теңдігі үлкен болса, заряд және разряд уақыты тым көп болады, сонымен қатар кілт коммутациясы мен оның тез арада әсер етуі аз болса қуаттың ауыспалы процесстерінің көп.

Транзисторлық кілттер. *Транзисторлық электрондық кілт* екі жағдайлы қондырғы болып аталады: ашық – жабық (тоқ өткізеді және

тоқты өткізбейді). Кілт каскадтарда транзисторлардың қосылу сызбалары ***n—p—n***- күшейткіш каскадтарда қосылу сызбалары секілді: жалпы эмиттермен, жалпы базамен, жалпы коллекторымен. Жиі кезде жалпы эмиттермен және каскад істейтін базаға берілетін жылжыту кернеудің сыртқы бұлағымен кілтті каскадтарын пайдаланады.

Импульстық тізбектерде маңызды ашылған жағдайына (қанықтыру тәртібі) жабық жағдайынан (кесу тәртібі) транзисторды ауыстыру ғана қажет. Сәйкесті кернеуін базаға берілуімен жасалады. Базада қажетті кернеуімен транзистор толығымен ашылады және қанықты жағдайына айналады.

Кесу мен қанықтыру тәртібі. Кесу мен қанықтыру тәртібінде транзисторлық күшейткіш каскадтың сызбасын қарастырамыз. Транзистор кесу жағдайында тұр (2.21,а сур.), тоқ өткізбейтін болса, сонымен қатар $u_B = 0$ кезінде, ал $i_D = 0$.



2.21. сур. Кесу (а) мен қанықтыру (б) тәртібінде л—p—n-транзистордың кілтті каскад сызбалары мен Дарлингтон сызбасы бойынша (в) және каскадты сызбада (г) орындалған құрамалы транзисторлары

R резисторында кернеудің түсуі болмайды, себебі, коллекторда болған кернеу U_E қосылу кернеуге тән.

Сонымен, коллектор мен эмиттер арасындағы кернеу U_K _____ э = $= U_K$ - иэ сонымен қатар U_E (1.5 сур. қар.) кернеуге теңдес.

Транзистор қанықтыру жағдайында тұр (2.21, **б** сур.), онымен өткізетін тоқ биік болса, әрі қарай оның көбеюі мүмкін емес, I_E мен I_K өзінің максималды маңызына жететін болса. Үлкен тоқ болса I_E **R** коллекторлық резисторында кернеу түседі, ол коллекторда кернеуін азаюына әкеледі U_E , сондықтан транзистор тогі көбейтілген болса эмиттер мен коллекторда кернеу жақындап түседі. Қанықтыру тәртібінде, транзистор максималды болса, U_K мен U_E кернеуі бірдей болады U_E , нөлге жақын.

Сол тәсілмен, транзисторды екі жағдаймен кілт ретінде пайдалануға болады:

- ашылған ($U_m = 0$) — кесу жағдайы ($U^A = 6 \text{ В}$);
- жабылған ($U_{JX} = 3 \text{ В}$) — қанықтыру жағдайы ($U^A = 0$).

Транзисторлық кілтті каскадтар мен импульстық тізбектер. Кілтті каскадтарда транзистордың жұмысы кезінде импульстар фронттарының жасау сапасы маңызды, оның жақсартуы транзистордың жылдам әсер етуін қамтамасыз етуі, негізінде паразиттік теңдіктерінен тәуелді p — n -жолдары. Жоғары жылдам әсер етуімен кілтті каскадтарын есептесу үшін транзистордың динамикалық моделін p — n - жолдары мен ауыспалы тізбектер теңдіктерінің ауысуымен пайдаланады. Ауыспалы үрдісін жылдамдатуын жүктемелі қарсылығын төмендету жолымен болады. Импульстың төмен фронтымен кілтті каскадын линейлі емес айналма байланыс коллектор мен база арасындағы енгізу жолымен алады (диод көмегімен)

Бір тізбектен екінші тізбекке қайта қосылу үшін тоқтың транзисторлық қайта қосқышты пайдаланады.

Кілт ретінде p — n — p түрінің транзистор пайдалануы мүмкін, сызба бойынша жалпы эмиттермен қосылған. Транзистордың жабылуы (тоқты кесу) оның екі p - n өту жолы жабық болған кезде (эмиттерлік және коллекторлық), яғни, эмиттер мен коллекторға қатысты базадағы қатынас оң болған жағдайда орын алады. Осындай қосылу сызбасы кезінде n — p — n түрінің транзистор жағымсыз қатынасында жабық болады.

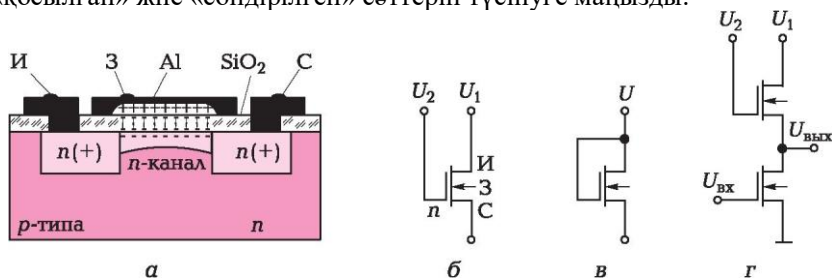
Қуаттылығын көтеру немесе қуат қайта ауысуы кезінде құрамалы транзисторларда кілтті құрамалы каскадтарды пайдаланады. Дарлингтон сызбасы (2.21, **в** сур.) әр түрлі күшейту коэффициентімен транзисторларын және әр түрлі қуаттылығымен транзисторларды

пайдалануға рұқсат береді. Қуатты жүктемені қосу үшін екінші транзисторды аса қуатты болып таңдайды.

Каскадты сызба (2.21, г сур.) кілттің жылдам әсер етуі үшін пайдаланады.

Өріс транзисторларындағы кілттер. Өрісті транзисторында кілт сызбасы МДП-құрылымы негізінде кіріктірілген каналымен 2.22 сур. көрсетілген. Өрісті транзистор жапқышына жағымды кернеу берілу кезінде п-каналымен оның қарсылығы төмендейді. Егер оның жапқышына жағымсыз кернеу берілетіні болса, электрондыр р-аумағына ауыстырылады және п-каналымен азаяды. Сонымен қатар транзистор өткізгіштігі тез арада төмендейді, қарсылық жоғары болады және шығу тегінен және кіріс тегі арасындағы тоқ төмендейді.

Өрісті кіріктірілмеген каналсыз МДП-транзистор ұқсас жұмыс істейді, бірақ бірнеше ерекшеліктері бар. N-өткізгішінің жағымды аумағының жапқышында нөл кернеуінде р-түріндегі жартылай өткізгіш аумағымен бөлінген және олардың арасында тоқ өтпейді. Аумаққа жапқышта жағымды кернеу берілген болса жапқышта электрондар қосылады және тесіктер итеріледі. Жартылай өткізгіштің үстіңгі жағында электрондар концентрациясы көбейеді, және онда өткізгіш бар. Сол тәсілмен, онда өткізгіш канал (индукциялық) жасалады. Кіріктірілген каналымен транзистордан гөрі осы өрісті транзистор тоқты өткізеді (ашылады) жағымды сәтте ғана жыпқышта, ол кілтті импульстық сызбаларына жақсы болады, онда нақты түрде «қосылған» жне «сөндірілген» сәттерін түсінуге маңызды.



2.22. сур. Кіріктірілген л-каналымен (а) және оның қосу сызбалары белсенді резистор ретінде (б,в) мен кілтті каскад (г), МДП (МОП) – өрісті транзистор құрылымы

Өрісті транзисторларында кілттер ерекшелігі, оларда үлкен ішкі қарсылығы бар және токпен емес кернеумен басқарылады.

Жиі кезде кілтті элементтер ретінде индукцияланған каналымен МОП-транзисторлар пайдаланады. Биполярлық транзисторлардың кілттерінен гөрі оларда бір қатар артықшылығы бар: жоғары кіріс қарсылық, кіші нүктелер, жақсы жиілікті сипаттамалар мен радиациялық тұрақтылық.

Өрісті транзисторларда кілтті және күшейткіш каскадтар сызбаларды жеңілдетеді және электрондық қондырғылар сенімділігін көтереді. Өрісті транзисторларда жоғары кіріс қарсылығы бар сақтауымыз маңызды және кернеумен басқарылады, жапқыштан беріледі, ал токпен емес, кідімгі транзистор секілді. Сондықтан олардың ауыспалы үрдісінің үнемі уақыты мен ұзақтылығын төмендетуіне конденсатордан кейін кіріс тізгегіне сөндірілетін қарсылығын енгізеді.

Тиристорлық кілттер. Тиристор басқарушы электродта сәйкесті кернеуінің екеуінің біреуінде тұрақты жағдайында орналасуы мүмкін. Басқарушы кернеуде критикалық тиристордан төмен болса жабық. Егер ол критикалықтан жоғары болса немесе тең болса, тиристор ашық.

Тиристордың бір тұрақты жағдайынан басқаға ауысуы секіруімен пайда болады (ВАХ жағымсыз учаскіде прибор жағдайы тұрақсыз). Тиристор, егер басқарушы электродта кернеу бастапқы кернеуден жоғары болса U_1 ашылады, сондықтан осы ауысуында тиристор қарсылығы және ток, одан өтетін, $10^6 \dots 10^7$ ретке өзгереді. Тиристордың кері ауысуы жабық сәтінде U_2 басқарушы электродта кернеуі болған кезінде болады. 10^7 Ом бастап қарсылығы кезінде жабық сәтте тристорда ток күші 10^{-6} А құрайды, ал жабық — 0,1 бастап 1,0 А дейін. Осылайша, тиристорда ток пен қуаттылығы бойынша қосылудың аса жоғары коэффициенттері бар және тамаша кілтті қондырғы болуы мүмкін.

Ұқсас тиристорға жарық кезінде фототиристор қосылады.

Фотоэлектрлік қондырғыларда электрондық кілттері. Осындай кілттердің қосылуы олардың сезімтал аумағына жарық берілген кезінде болады. Осылайша, жарық жолы кілт өткізгішіне әсер етеді (немесе ішкі қарсылығы) және токты тізбекке қосады. Кілтті каскадтарда фотоқарсылықтар, фотодиодтар, фототранзисторлар, сонымен қатар оптопарлар мен оптрондар пайдалануы мүмкін (5 бөл. қар).

2.3.3. Импульстық генераторлар

Импульстық генераторлар түрлерінің үлкен санының болуы электроникада пайдаланатын, олардан әр түрлі белгілерінен категориялауын талап етеді. Функционалды тағайындау мен нысаннан тыс генератор импульстарымен жасалатын келесі үлкен класстарға бөлінеді:

- тік бұрышты импульстар генераторлары;
- сызықты алмастырылатын (ара секілді) кернеу генераторлары;
- арнайы функциялар генераторлары (сирек пайдаланады).

Т і к б ұ р ы ш т ы и м п у л ь с т а р г е н е р а т о р л а р ы н д а :

- өз еркімен нысанды импульстар немесе синус секілді кернеуден тік бұрышты импульстар қалыптастырушылар;
- күтетін генераторлар, яғни қолайлы импульс бойынша жұмыс істейтін;
- меандролық дәйекті жолымен генераторлар, яғни ұзақтығымен импульс дәйегін қалыптастырылатын, олардың арасындағы аралықтың теңдес ұзақтығымен;
- автотолқынды генераторлар – мультивибраторлар, блокинг – генераторлары мен фантастрондар;
- импульстық цифрлық дәйекті генераторлары.

Айтылған генераторлар бейнеимпульстарына үшін пайдаланады, бірақ олар генерацияға үшін пайдалануы мүмкін (немесе модуляцияға) осындай нысанды радиоимпульстарына жоғары жиілігімен толтыруымен. Жоғары жиілігі импульстық модуляция амплитуда бойынша мүмкінді, жиілігі мен фаза бойынша.

Сызықты алмастырылатын кернеу генераторлар (а р а с е к і л д і) :

- симметриялық генераторлар (симметриялық сызықты өсуімен және кернеу немесе токтың кетуі);
- симметриялық емес генераторлар (ақырын өсуімен және тез арада қайтаруымен кернеу немесе токтың жағдайына шығыс жағдайына);
- тоқ тұрақтатқышымен генераторлары;
- жағымды кері байланыспен генераторлар;
- жағымсыз кері байланыспен генераторлар;
- автогенераторлар (мультивибраторлар, блокинг-генераторлар мен фантастрондар негізінде).

Әрі қарай біз тік кең пайдаланатын негізгі генераторларды ғана қарастырамыз.

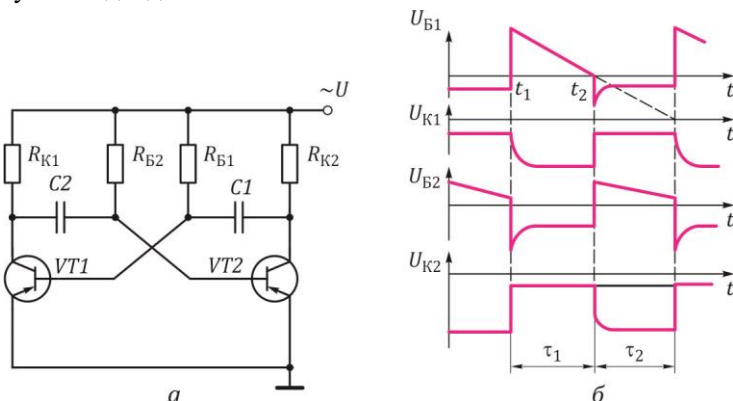
Автотолқынды генераторлар астабилді болып табылады (тұрақсыз) қондырғылар, яғни әр түрлі тұрақты жағдайлары жоқ. Осындай генераторларды дәйекті тік бұрышты импульстарды қалыптастыруға пайдаланады, уақытша сипаттамаларды тұрақтану бойынша қатты талаптар болмаған кезінде.

Автотолқынды генераторларда әр түрлі сызбалы шешімдер бар және әр түрлі элементтерде құралады. Жалпы релаксациялық ЛС-тізгегінің жағымды кері байланыс болып табылады, онда тез арада көбею немесе азаюы бір деңгей бойынша пайда болады, генератордың бір сәтінен басқа сәтіне секіру болады. Автотолқынды релаксациялық генераторлардың ең өкілдері мультивибраторлар болып табылады.

2.3.4. Транзисторларда жұмыс істейтін мультивибраторлар

Автотолқынды мультивибраторлар жеңіл транзисторлар мен логикалық элементтер көмегімен іске асырылады.

Транзисторларда мультивибратордың электрлі сызбасы, 2.23 сур. көрсетілген, келесі тәсілмен жұмыс істейді. Кернеу болған соң, транзисторлардың бірі, мысалы $VT1$, ашылады және оның коллекторында жағымды потенциал пайда болады. $C2$ конденсаторы R_{B2} резистор арқылы зарядталады, онда $VT2$ транзисторын жабатын кернеу төмендейді.



2.23 сур. Транзисторларда мультивибратордың кернеудің (а) сызбасы және (б) эпюрлері

Осы жағдайда мультивибратор $C2$ конденсаторы қарқынды зарядталған кезінде осында орналасады.

$C2$ конденсатордың зарядталғаннан кейін U_{B2} кернеу ақырын нөлген дейін түсіп және $VT2$ транзисторда ашылады. Оның коллекторында жағымды потенциал пайда болады, одан кейін R_{B1} резистор арқылы $C1$ конденсаторы зарядтауға бастайды. U_{B1} кернеуінің төмендеуі секіріспен VT транзисторына жабады, және мультивибратор жаңа сәтке көшеді, онда $C1$ конденсаторы зарядталған кезінде ғана орналасады. $C1$ конденсаторы зарядталғаннан кейін U_{B1} кернеу зарядталады, нөлге дейін түседі, жаңа $VT1$ транзистор ашылады, ал транзистор $VT2$ жабылады.

Сол тәсілмен, мультивибратор автотолқынды тәртіпте жұмыс істейтін болады. Сонымен қатар τ_1 мен τ_2 сәтінде болуы үнемі уақытымен негізделеді (RC), $C1$ мен $C2$ конденсаторлар зарядтары.

2.3.5. Транзисторларындағы симметриялық триггер (RS-триггер)

Импульстар қалыптастырушылар мен импульсты генераторлар ретінде триггерлерді жиі пайдаланады.

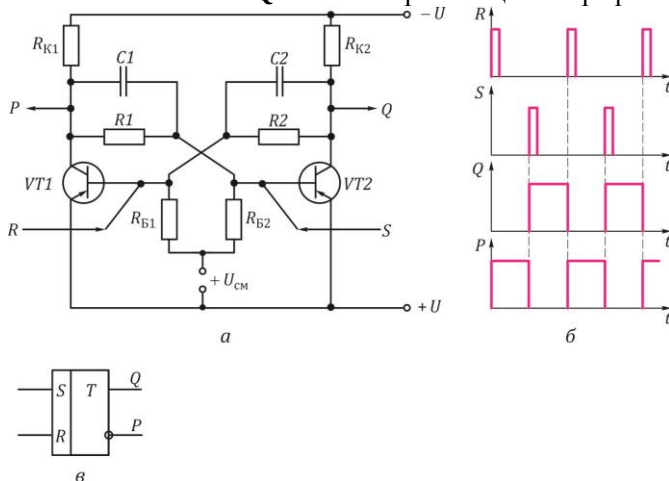
Триггер, сыртқы импульстардың бір сәтінен басқаға ауысуы әсерінен екі тұрақты жағдайымен импульсты қондырғы деп аталады.

«Триггер» сөзі ағылшыннан **trigger** – қарудың ілгегі болып табылатын, яғни сыртқы импульс триггеріне атыс қарудың түсіру қырығына басылуы, бір жағдайынан басқаға тез арада қайта қосылудың көшкін секілді үрдісін шақырады.

Екі транзисторда симметриялық триггер сызбасы, оның кернеу эюрлері мен УГО 2.24 сур. көрсетілген. Ол **VT1** и **VT2** транзисторларында екі кілтті каскадтардан тұрады, жалпы эмиттермен сызба бойынша қосылған. Транзисторлар коллекторын R_{K1} и R_{K2} жүктеме резистор қосылған, сонымен қатар **R1**, **C1** мен **R2**, **C2** каскад аралық байланыстар тізбектері, олар жалғасы транзисторлардың басқарушы (базаларға) қосылған. Сонымен қатар, **VT1** транзисторында бір кілтті каскад шығуы басқа **VT2** транзистор кіруімен байланысты.

Барлық элементтердің симметриялық қосылуы екі тұрақты триггерлер ұқсастығыны қамтамасыз етеді: $P = 1$ мен $P = 0$ бір шығыста (**VT1** мен) және сәйкесті $Q = 0$ мен $Q = 1$ басқада.

Триггерде екі шығу бар **S** пен **R** (ағылш. **set** — орнату және **reset** — түсіру) және екі жолы — тік **Q** және инверсиялық **P**. Егер триггер



2.24. сур. Интеграцияланған орындауындағы (а) симметриялық RS-триггерінің сызбасы, оның кернеу эюрлері (б) және УГО (в)

$Q = 1$ сәтінде, R кіруіне импульстың берілуі кезінде ол $Q = 0$ жағдайына келеді. Егер әрі қарай S кіруіне импульс берсе, триггер $Q = 1$ сәтіне айналады.

Бір кілтті каскадымен байланыс басқа кіруімен көшкін тәрізді процессті шақырады. Каскад арасындағы байланысын көбею есебінен көшкін тәрізді үрдісін жылдамдатуына үшін қатарлас $R1$ мен $R2$ байланыс резисторларына $C1$ мен $C2$ конденсаторлары қосылған, олар триггердің статикалық жағдайына әсер етпейді, бірақ тамаша өзгеруін тауыспалы тәртіпте тапсырады.

Триггер шектеусіз ұзақ тұрақты жағдайда болуы мүмкін. Егер транзисторлардың бірі, мысалы $VT1$, ашық болса, онда $VT2$ транзистор базасының потенциалы U_{cm} жылжыю кернеу бұлағы потенциалы есебінен жағымды болады және оның жабылуына әкеледі. Үлкен жағымсыз потенциал коллекторда $VT2$ зжабық транзистор коллекторында $R2$ резисор арқылы $VT1$ транзистор базасына оны қанықтыру тәртібінде ұстап отырып беріледі..

R жағымды импульс кіруінде $VT1$ транзисторы жабылады. Оның коллекторындағы жағымсыз потенциал өседі және $C1$ мен $R1$ резистор арқылы $VT2$ транзистор базасына беріледі. Оның коллекторында жағымды потенциал көрінеді (эмиттерден), ол $C2$ конденсатор арқылы және $R2$ резистор арқылы $VT1$ транзистор базасына беріледі, оның қайта жабу үрдісін күшейте отырып. Осылайша, RC-тізбектер арқылы үлкен жағымды кері байланыс күшейеді, триггерді көшкін секілді «лақтыруға» әкелетін және оның жаңа тұрақты жағдайына ауысуы. Кері ауысу S триггердің кіруінде жағымды импульстың берілуі кезінде ғана болады. Сызба симметриясына қарамастан кері ауысу тік секілді жалғасады, егер үрдісті қарастырылған болса $VT1$ мен $VT2$ транзисторларын орындарымен ауысуы кезінде.

Триггерлердің интегральді микро сызбалары 3.2.5 логикалық элементтерінде бөлімшелерінде қарастырылған.

2.3.6. Блокинг-генераторлар

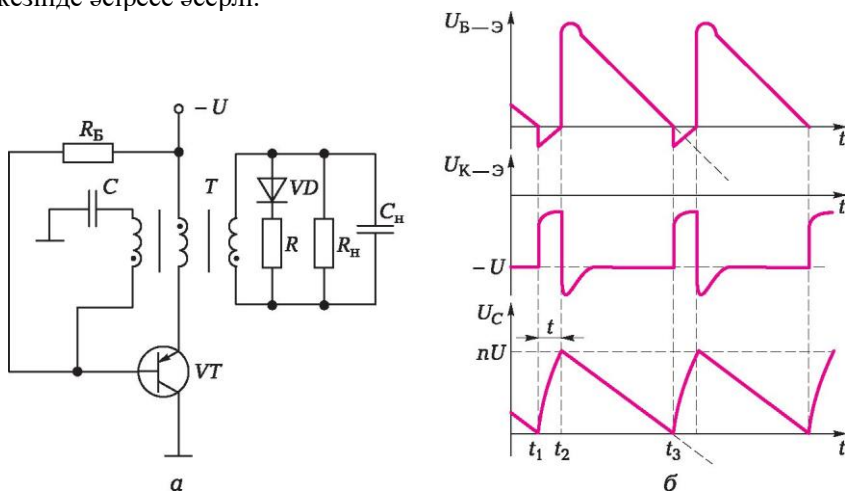
Блокинг-генератор деп үлкен амплитуда мен қуаттылықтың қысқа ұзақтығының (он бөліктердің микросекундалар бірлігіне дейін) тікбұрышты импульстарын қалыптастырушы трансформаторлық дұрыс теріс байланысы бар бір каскадты регенеративті импульстік құрылғыны атайды.

Блокинг-генератордың (БГ) мультидірілдеткіштерден айырмашылығы оның бір ғана күшейткіші болады, ол импульстардың ұзақтығының және жиілігінің қайталануын реттеуді жеңілдетеді. Бірақ оған кіретін трансформатор конструкциясын күрделендіреді және

оның миниатюралауды қиындатады. Сол уақытта, трансформатордың қосымша жүктеме орамасын қолдана отырып, жүктеме мен қосылу көзінің электрлік түйінделуін жүзеге асыруға, және шығу кернеуін күшейтуге болады.

Блокинг-генераторлардағы блокинг-процесс (БП) деп аталатын регенеративтік процесстер тоқтар мен кернеулердің секіруін жасай отырып, фазалар мен амплитудалар балансының жағдайларын орындау кезінде туындайды. Импульс алаңын қалыптастыру кезінде туындайтын блокинг-процесс тікелей (ПБП), ал импульс кескінін қалыптастыру кезінде — қайта (ОБП) деп аталады. Импульстар арасында паузаны қалыптастыру конденсаторын (мультидірілдеткіштердегідей) зарядтау кезіндегі релаксация процесстерімен шартты болған, ал импульс шыңын қалыптастыру — конденсаторды зарядтау кезіндегі релаксация процесстерімен (ол БГ ерекшелігі болып табылады).

Блокинг-генераторлар күту және автотербеліс режимдерде жұмыс істей алады. Соңғысында олар үлкен импульстер қуыстылығын генерациялайды ($M = 1\ 000$ және жоғары). БГ пайдалану импульстардың нысанын жақсартатын қуатты жүктемеге жұмыс істеу кезінде әсіресе әсерлі.



2.25-сурет. Транзистордағы автотербеліс блокинг-генераторының сызбасы (а) және кернеулер эпюралары (б)

Сондықтан БГ қуатты импульстық құрылғыларда, көбіне жоғары жиіліктегі импульстық генераторлардың модуляторларында қолданылады.

Транзистордағы блокинг-генераторы кернеулерінің сызбасы мен эпюралары 2.25-суретте келтірілген. Автотербелісті режимге жету

үшін сызбада көрсетілгендей **ЯБ** резисторын U қосу кернеуінің көзіне қосу керек. Бұл жағдайда БГ өзінің тұрақты жағдайын жоғалтады, яғни оның екі жағдайы да квази тұрақты болады.

Уақыттың t_1 бір сәтінде транзистордың **VT** базасында кернеу нөлге жақын деңгейге жетеді, және ол ашылады. Ол кезде блокинг-генераторда нәтижесінде транзистор қанықтыру режиміне көшеді. Бұл режимде конденсатор **C** трансформатордың екінші орамы кернеуімен және базалық токпен зарядталады. Конденсатордың зарядталуы бойынша база кернеуі өседі, ал базалық ток азаяды.

Уақыт t_2 сәтінде транзистор **VT** қанығудан шығады және нәтижесінде транзистор жабылатын кері блокинг-процесс болады. Транзистор жабылғаннан кейін конденсатор **C** трансформатордың базалық орамы, қосылу көзінің резисторы **ЯБ және** қосылу кернеуінің көзі U арқылы қайта зарядталады ($t_2... t_3$ уақыт интервалында). Базадағы кернеу теріс бола бастағанда, регенеративтік процесс дамиды, оның нәтижесінде транзистор қайтадан қанығу режимінде болады.

Әр қарай сызбадағы процесстер қайталанады. Барлық қарастырылған процесстер күту БГ тиісті процесстермен ұқсас. Автотербелісті БГ айырмашылығының ерекшелігі конденсаторды **C** зарядтан ажырату емес, қайта зарядтау болып табылады.

Автотербелісті блокинг-генератордың шығи импульстарын қайталау кезеңі: $T = T_{пр} + T_{и}$, онда $T_{пр}$ — сыйымдылықты қайта зарядтау уақыты; $T_{и}$ — импульс ұзақтығы. Қайта зарядтау уақыты импульс ұзақтығынан маңызды үлкен болғандықтан, **T және** $T_{пр}$ деп санауға болады. Импульстардың қайталану кезеңін конденсатордың **C** және резистордың **ЯБ** көмегімен реттеуге болады.

Блокинг-генераторлар радиолокаторларда, импульсті лазерлерде және өте қысқа және қуатты импульстар талап етілетін басқа импульстық тізбектерде пайдаланылады.

Бақылау сұрақтары

1. Аналогты күшейткіштердің ерекшеліктері қандай? Күшейткіштердің қандай түрлері бар?
2. Кіру орнында тұрақты және ауыспалы кернеулер кезінде күшейткіш транзисторлық каскадтың ерекшеліктері қандай?
3. Ауыспалы кернеудің транзисторлық күшейту каскадтарында конденсаторлар не үшін керек?
4. Резонанстық күшейту каскадының сызбасының суретін салыңыз және жұмысын түсіндіріңіз. Олардың АЧХ және ФЧХ қандай?
5. Резонанстық контур өткізгішінің жолағын қалай

анықтауға болады және ол неге байланысты?

6. Тұрақты тоқ күшейткіші деген нені білдіреді және ол қалай жұмыс істейді?
7. Дифференциалдық күшейту каскадының сызбасының суретін салыңыз және жұмысын түсіндіріңіз.
8. Операциялық күшейткіш (ОУ) деген нені білдіреді және ол қалай жұмыс істейді?
9. ОУ микросызбасы қандай негізгі каскадтардан тұрады?
10. ОУ бар күшейту каскады дегеніміз не және ол ИМС ОУ несімен айрықшалаанады?
11. Күшейткіштердегі кері байланыстар не үшін керек және электр қондырғыларында қандай кері байланыстарды пайдаланады?
12. Қуаттылықты күшейткіштер (УМ) немен сипатталады және оларды не үшін пайдаланады?

13. Шығу каскадтарының үнемді жұмыс режимдеріне қалай жетуге болады?
14. Транзисторлардың комплементарлы жұбына арналған екі тактілі трансформаторсыз шығу каскады сызбасының суретін салыңыз. Оның қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
15. Автогенератор деген нені білдіреді және оның құрамдас элементтері қандай?
16. Синусоидалық кернеулер автогенераторының сөнбейтін тербелістерінің генерациясы жағдайларын қандай параметрлер белгілейді?
17. Автогенератордың жиілігін тұрақтандыру не үшін керек және ол қалай жасалады?
18. Биполяры және дала транзисторларында автогенераторлардың сызбасының суретін салыңыз. Олардың қалай жұмыс істейтінін түсіндіріңіз.
19. Мультидірілдеткіш деген нені білдіреді және оның сипаттамалары қандай?
20. Блокинг-генератор деген нені білдіреді және ол үшін не сипатты?
21. Жолақты өзгерткіш кернеулердің ерекшелігі неде?

МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ ТЕХНИКАНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

3.1. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА ЖӘНЕ ИНТЕГРАЛДЫҚ МИКРОСЫЗБАЛАР

Қазіргі микропроцессорлық электрондық техникасының жетістіктері маңызды деңгеуде өнеркәсіптің өте көп салаларының (робот техникасы, автоматика, бақылау-өлшеу техникасы) техникалық деңгейін белгілейді. Күрделіліктің тез өсуі және радиэлектрондық аппаратураның миниатюраландыру талабы микроэлектроника негізінде элементтік базаны құрудың жаңа жолдарын іздеуді талап етті. Электрондық техниканың дамуының қазіргі кезеңінің ерекшелігі микроэлектрониканы барлық электрондық құрылғыларға барынша күшейту процесі болып табылады.

Микроэлектроника — электрониканың ғылыми-техникалық бағыты, ол физикалық, химиялық, сызбалық техникалық және технологиялық әдістерді пайдалану негізінде миниатюралы электрондық құрылғыларды жасау міндетін шешеді — электрондық бөліктердің көп бөлігін қамтитын микросызбалардан тұрады.

Жартылай өткізгішті интегралдық микросызбаларды дайындау жоғары технологиялар саласына жатады және технологиялық жабдықтауға маңызды капиталдық шығындарды талап етеді. Интегралдық микросызбаларды дайындауды технологиялық процесі ерекше таза материалдарды пайдалануды, жұмысқа білікті персоналды тартуды талап етеді. Сондықтан жартылай өткізгішті микросызбалардың технологиясын әзірлеу және енгізу бұқаралық өндіру (қалталы радиоқабылдағыштарды, мобильді телефондарды, планшеттерді және т.с.с.) жағдайларында ғана экономикалық мақсатты.

3.1.1. Микрожинақтар және интегралдық микросызбалар

Микрожинақтар — балқытып (асып) біріктірілген белсенді және пассивті элементтермен (транзисторлармен, конденсаторлармен және

т.б.) қалың пленкалы технология бойынша дайындалған платада орындалған функционалдық электрондық құрылғылар (күшейткіштер, генераторлар, қабылдауыштар және т.с.с.).

Интегралдық микросызбалар — бұл бір жартылай өткізгіш кристалда, герметикалық пластмасса немесе керамикалық корпуста жіңішке пленкалы технология бойынша орындалған көптеген пассивті және белсенді элементтері бар миниатюралық функционалдық электрондық құрылғылар.

Топтастырудың маңызды белгілері орындау технологиясы (қалың пленкалы және жіңішке пленкалы) және конструктивті орындау болып табылады.

Қалың пленкалы технология әрі қарай кептіре және күйдіре отырып типографиялық басу әдісімен эмульсиялық қабаттарды басуда. Бұл әдіспен, әдетте, пассивтік элементтерді алады (резисторлар, индуктивтігі және сыйымдылықтар), ал жолақты емес және белсенді элементтерді (диодтар және транзисторлар) балқытып жабыстырады. Қалың пленкалар негізінде сызбаларды дайындау технологиясы салыстырмалы қарапайым болып табылады және күрделі және аса қымбат жабдықты талап етпейді. Қалың пленкалы ИМС жоғары сенімділігімен және өздік құнының көп болмуымен сипатталады.

Жіңішке пленкалы технология кезінде жартылай өткізгіштерді, оқшаулағыштарды және металлдарды молекулярлық түйінді немесе плазмохимиялық әдіспен вакуумды қондырғыларында салады. Бұл әдістер суреті, әдіс ұсынған фотолитография бойынша кезеңмен салынатын қабаттардан кез келген элементтерді және күрделі сызбаларды жасауға мүмкіндік береді. Бұл технологиядағы пленкалар қалыңдығы 0,1-ден 0,5 мкм дейінді құрайды, жолақтардың немесе олардың арасындағы аралықтардың ені 0,3 мкм жетуі мүмкін. Бір белсенді элементтің өлшемдері аз болған сайын, бір кристалда күрделі ИМС жасауға болады. Сондықтан қазір бөлшектерді 0,3 мкм өлшемдерімен ИМС дайындауға мүмкіндік беретін ультрафиолетті фотолитографияға көшу жүзеге асырылады. Сонымен қатар элементтерінің $10 \text{ нм} = 0,01 \text{ мкм}$ өлшемдерімен ИС алуға мүмкіндік беретін ең жаңа нанотехнологиясы әзірленуде.

Конструктивтік орындалуы бойынша ИМС гибридік және жартылай өткізгіш болып бөлінеді. Гибридік ИМС жіңішке пленкалы немесе қалың пленкалы пассивтік бөлшектер және жартылай өткізгіш белсенді аспа бөлшектері – ИМС компоненттері болады. Гибридік қалың пленкалы технология мамандандырылған микросызбалардың – қуатты құрылғыларға арналған микрожинақтардың салыстырмалы көп емес бөлігін дайындау қажет болған жағдайларда алға қойылады.

Жартылай өткізгіш ИМС негізгі басымдығы бөлшектерінің жоғары тығыздылығымен жіңішке пленкалы технология бойынша жоғары сапалы электрондық элементтерді дайындау мүмкіндігі болып табылады. Ол кезде элементтердің параметрлеріне рұқсат берулер 1—2 % дейін жетуі мүмкін. Бұл пассивті бөлшектердің номиналдық параметрлерінің дәлдігі және олардың тұрақтылығы шешуші мағынада (мысалы, сүзгілердің кейбір түрлерін, фазаны сезгіш және сайлау сызбаларын, генераторлард және т.с.с. дайындау кезінде) болған кезде маңызды.

Микроэлектрониканың басты қасиеттерінің бірі — ИМС жоғары сенімділігінің, біріктірулер санын айтарлықтай төмендетудің және тұтас тораптарды, сонымен қатар жеке элементтерді резервілеу мүмкіндігінің арқасында аппаратураның сенімділігін арттыру. Микросызбаларда балқытып біріктірулер болмаған, ал сыртқыларынан кіру және шығу өткізгішін ғана балқытып біріктіру керек кезде біріктірулердің бұзылуының салдарынан микросызбаның қатардан шығу анықтылығы дискреттік жартылай өткізгішті микросызбаларға, мысалы транзисторларға қарағанда артық емес. Жартылай өткізгішті микросызбадың бас тартуының қарқындылығы қазіргі кезде 10^{-9} ч⁻¹ жетеді.

Микроэлектрониканың дамуы шағын габаритті, сенімді және үнемді есептеуіш машиналарын және жүйелерін құрумен байланысты, онда бір типті элементтердің көпшілігі пайдаланылады. Сондықтан бірінші кезекте логикалық және есептеуіш микросызбаларының түрлері жасалған. Гибридтік ИМС байланыстың қабылдау-беру аппаратурасында, жоғары жиілікті күшейткіштерде, микрофон күшейткіштерінде, СВЧ-құрылғыларында және т.б. пайдаланылады.

Микросызбалар тұрмыстық хабарлау аппаратурасында көп қолданылып келеді, мысалы теледидарлардың сигналы аз деңгейдегі барлық каскадтары микросызбаларда жиналады. Бейнемагнитофондарының, тасымалданатын автомобиль радиоқабылдағыштыраның электрондық құрылғылары қазір типтік микросызбаларда орындалады.

Элементтерді және компоненттерді ораудың функционалдық қиындығын және тығыздылығын ұлғайту үлкен интегралдық сызбалардың (БИС) пайда болуына әкелді, оларда жеке элементтердің (күшейткіш каскады, триггер, логикалық ұяшық және т.с.с.) орнына интегралдық тораптар және тұтас құрылғылар (тіркеуші, есептеуіш, күшейткіш, аналогты-цифрлық және цифрлық аналогты түрлендіргіштер, есте сақтау құрылғысы және ЭВМ процессорының өзі) пайдаланылады. Күрделілігі бойынша БИС кемінде 100 логикалық сызбаға тең деп саналады. Микросызбалардың күрделілігі деңгейінің көрсеткіші $K = \lg N$ интеграциясының деңгейі болып табылады, онда N

— ИС құрамына кіретін элементтер мен компоненттер саны. 1-ші деңгей микросызбасына арналған $N < 10$ и $0 < K < 1$, для 2-й — $10 < N < 100$ және $1 < K < 2$, 3-ші үшін $100 < N < 1000$ и $2 < K < 3$. 5-ші деңгейдегі интеграциясы ИМС кристаллда 10^5 дейінгі бөлшектерге дейін болады. Диаметрі 150 мм бір кремний пластинасында ондаған СБИС құралады, олар жалпы ЭВМ функцияларын орындай алады. БИС жүзеге асыру үшін металл – диэлектрик – жартылай өткізгіш (МДП құрылымы) құрылымы жарамдырақ. МДП-құрылымдарындағы сызбалар дайындалуында біраз жеңілірек, басқару кернеулерінің үлкендігі шамалы, аз қуаттылықты тұтынады, жоғары тез әсер етушілік сипаты бар.

Микросызбалар оларды дайындау әдістері бойынша да, ондағы қолданылатын физикалық құбылыстар бойынша да топтастырылады.

Микросызбалардың шартты белгісіне төрт элементкіргізілген. Бірінші элемент: конструктивтік-технологиялық орындауды көрсететін сан, екінші және үшінші сандар — осы серияны әзірлеу нөмірі (бірінші үш саны микросызбалар сериясының нөміріне сәйкес келеді). Төртінші бөлшек (бір немесе екі сан) — осы сериядағы функционалдық белгісі бойынша микросызбаны әзірлеудің реттік нөмірі. Мысалы, 133ТМпорядковый номер разработки микросхемы по функциональному призна жазбасы мынаны білдіреді: 133 сериясының жартылай өткізгіш микросызбасы, ол 2 әзірлеу нөмірі бар екі D-триггерді ұсынады. Микросызбалардың санаттары мен топтары және олардың белгіленулері (жақшаларда) 3.1-кестеде келтірілген.

3.1-кесте. Микросызбалардың санаттары мен топтары және олардың белгіленулері

Санаты	Тобы
Күшейткіштер	Жоғары жиілікті (УБ), синусоидалды (УС), аралық жиілікті (УР), тұрақты тоғының (УТ), төмен жиілікті (УН), бейнекүшейткіштер (УВ), оқу және жүргізу (УЛ), импульстық (УИ), индикация (УМ), операциялық және дифференциалдық (УД), басқа (УП)
Генераторлар	Үйлесімді сигналдардың (ГС), тікбұрышты сигналдардың (ГТ), жолақты өзгертуші сигналдардың (ГЛ), арнайы нысандағы сигналдардың (ГФ), шудың (ГМ), басқа (ГП)

Санаты	Тобы
Түрлендіргіштер	Жиілік (ПС), ұзақтық (ПД), фазалардың (ПФ), қуаттылықтың (ПМ), кернеудің (ПН), аналог — коды (ПК), кодтарын ашушы (код — аналог) (ПД), код — код (ПР), деңгейдің (келісушілер) (ПУ), басқа (ПП)
Модуляторлар	Амплитудтық (МА), жиілік (МС), фазалық (МФ), импульстық (МИ), басқа (МП)
Детекторлар	Амплитудтық (МА), жиілік (МС), фазалық (МФ), импульстық (МИ), басқа (МП)
Триггерлер	J-түріндегі (ТВ), D-түріндегі (ТМ), -RS-түріндегі (ТР), Т-түріндегі (ТТ), құрамдастырылған (түрлері DT, RST. T және басқалар. (ТЛ), Шмитт (ТК), динамикалық (ТД), басқа (ТП)
Кілттер және коммутаторлар	Транзисторлық (КТ), диодтық (КД), оптоэлектрондық (КЭ), токтың (КТ), кернеудің (КН), басқа (КП)
Сүзгілер	Жоғары жиіліктердің (ФВ), төменгі жиіліктердің (ФН), жолақтық (ФП), қоршамалық (ФГ), режекторлық (ФР), тегістеуші (ФС), пассивті (БМ), белсенді (БР), басқа (БП)
Логикалық бөлшектер	И (ЛИ), ИЛИ (ЛЛ), НЕ (ЛН), И—НЕ (ЛА), ИЛИ—НЕ (ЛЕ), И—ИЛИ (ЛС), И—ИЛИ—НЕ (ЛР), И—ИЛИ— НЕ/И-ИЛИ (ЛК), ИЛИ—НЕ/ИЛИ (ЛК), кеңейткіштер (ЛД), басқалар (ЛП)
Есте сақтау құрылғыларының бөлшектері	Жинақтаушы матрицалар: ОЗУ (РМ) және ПЗУ (РВ), ОЗУ басқару сызбаларымен (РУ), ПЗУ (маскалық) басқау сызбаларымен (РЕ), ПЗУ басқару сызбаларымен (РТ), басқа (РП)
Есептеуіш бөлшектер	Тіркешілер (ІР), суммалаушылар (ІС), жартылай суммалаушылар (ІЛ), есептеуіштер (ІЕ), шифрлаушылар (ІШ), шифрды алушылар (ІД), құрастырылған (ІК)
Көпфункционалды сызбалар	Импульстық (ХИ), сандық (ХЛ), аналогты-импульстық (ХЕ), аналогты-логикалық (ХВ), аналогты-импульсты-логикалық (ХК), басқа (ХП)
Құрастырушылар	Тікбұрышты нысандағы импульстердің (АГ), арнайы нысандағы импульстердің (АФ), адресі тоқтардың (АА), разрядтау тоқтарының (АР), басқа (АП)
Қосылуды екінші рет сынау	Түзетушілер (ЕВ), түрлендірушілер (ЕМ), кернеуді тұрақтандырушылар (ЕН), тоқты тұрақтандырушылар (ЕТ), басқа (ЕП)

Технологиялық орындалуы бойынша микросызбалар жартылай өткізгішті және біріктірілген болып бөлінеді (шартты белгілеудегі бірінші сандары 1, 5, 7), гибридік (2, 4, 6, 8), пленкалы (3). Кеңінен пайдаланылатын микросызбалар үшін шартты белгілеудің бірінші элементінің алдына К әрпі қойылады.

Орындалатын функциясының сипаты бойынша микросызбалар мына санаттарға бөлінеді: генераторлар, күшейткіштер, түрлендіргіштер, логикалық бөлшектер, ЗУ бөлшектері және т.б. Әр санат, өз кезегінде, топтарға бөлінеді. Мысалы, күшейткіштер синусоидалдық, тұрақты ток, импульстық, аралық және төменгі жиілік, операциялық және дифференциалдық бейнекүшейткіштер, қайталаушылар болып бөлінеді.

Микросызбалар сериялар бойынша да топтасады. Бір серияға жататын микросызбалардың технологиясы, қосылу кернеуі, сенімділігі, сонымен қатар сыртқы әрекет етудің рұқсат етілген деңгейлері бірдей.

3.1.2. ИМС дайындаудың технологиялық процестері

Гибриді ИМС дайындаудың қалың пленкалы технологиясында баспа платаларын дайындау технологиясына жақын материалдарды және технологияны пайдаланады. Төсем ретінде фольгаланған текстолит және гетинакс пайдаланылады. Конденсаторлардың өткізгіштері, пластиналары және индукциялану бөлшектері ретінде фольга немесе гальваникалық және химиялық тұндырмалар қолданылады: Al, Cu, Ag, Au. Кедергілі бөлшектерді дайындау үшін құрамында NiCr немесе SiCr бар эмульсияларды және суспензияларды пайдаланады. Диэлектриктер ретінде эроксидтік симоланы, силикон резиналарды, лактарды пайдаланады. Гибриді ИМС дайындау процесі ктаптарды асудың типографиялық процестеріне ұқсас. Барлық талап етілетін материалдарды суспензиялар, эмульсиялар, лактар, сырлар түрінде дайындайды. Басу әдісімен гетинакс фольгасына қышқылға берік лактың қорғау қабатын жағады. Кептіргеннен кейін металлды қышқыл ерітіндісінде өңдейді. Одан кейін баспамен кезеңмен конденсаторлардың резисторларын, оқшаулағыштарын, қоршауын салады. Әрі қарау, кептіргеннен кейін, жолақты емес және белсенді бөлшектерді балқытып жабыстырады (диодтар, транзисторлар). ИМС дайындаудың соңғы кезеңдерінде өорғаушы диэлектрлік жабындар жабады және сызбаны пластмасса немесе металл корпусқа салады. Гибриді ИМС-тің арнайы фнкционалдық тағайындалуы бар. Оларды шамалы партиялармен орындайды,

және микросызбаның әр түрінің өзінің ерекше технологиясы болуы мүмкін.

Жіңішке пленкалы технологияда жартылай өткізгішті ИМС дайындау процесі келесі негізгі кезеңдерден тұрады: диффузиялау, оксидтау, эпитаксиалдық өсіру, фотолитография және вакуумдық шаңдату, газ ортасынан химиялық тұндыру, андтау.

Жартылай өткізгішті жіңішке пленкалы ИС төсемдері ретінде кристаллданған кремнийден, арсенид галлийден, фосфид галлийден жасалған пластиналарды пайдаланады. Кремний технологиясы көп таралған, онда қалыңдығы 0,5 мм және диаметрі 150 70, 100 және 150 мм қоспаланған кремнийден жасалған стандартты планшайбалар пайдаланылады. Пластиналарды тегістелген және полирленген беттері бар дискілер түрінде жеткізеді. Дайындау процесінің алдында оларды қышқыл ерітіндісінде улайды, деионизделген суда жуады және сүзілген ауа астында кептіреді.

Жіңішке пленкалы микросызбаларды дайындау енгізінде планшайбаға жіңішке пленканы кезеңмен жағудың вакуумдық процестері жатыр.

Қысқаша айтылған технологиялық процестерді қарастырамыз.

Диффузия. p — l -өткелдерінің ИС құрылудың көптеген әдістері қатты денедегі диффузия құбылысын пайдалануда негізделген. Қазіргі микросызбаларды алудың кремний технологиясы 1 000—1 300 °C температурасында кремний пластинасындағы легирлеуіш қоспалар диффузиясына негізделген. Әдетте акцепторлық қосындысымен — бормен (p -саласы) қосылған кремний пластинасын (төсемін) алады — және оны диффузиялық кварц реакторына салады. 1 200 °C температурасында реакторға донорлық қосындысы бар (мысалы, фосфор) газды береді. Егер төсемнің төменгі жағы қорғалған болса, онда өңделгеннен кейін 30 минут бойы жоғарғы беттің 0,1 мм тереңдігінде, донорлық және акцепторлық қосындыларының концентрациясы тең жерде, p — n -өткел пайда болады. Реакторда әрі қарай болу кезінде p — l -өткел төсемнің тереңдігіне қарай ығысады.

p — l — p -өткелін қалыптастыру үшін газды беруді әртүрлі легирлеуші қоспалармен кезектеп отыру керек. Нәтижесінде жоғарғы қабаттың астындағы қабатта диффундаушы заттарды биополярлық транзисторла үшін лайықты p — l - және p -салаларымен тарату жасалады.

Оксидтау. Кремний диоксидінің жіңішке пленкасы (SiO_2 , кварц) жақсы окшаулағыш материал болып табылады. Ол бекем, біркелкі, түтікшелері жоқ, химиялық инертті, кремний бетімен жақсы жабысады, микросызбалардың бетін қоршаған ортаның әсер етуінен жақсы қорғайды. SiO_2 пленкасы диффузия жүргізу кезінде кремний бетін маскалау үшін пайдаланылады, өйткені ол легирлеуші қоспаның

кремний төсеміне диффузиялануына кедергі келтіреді. Кремний диоксидінің тегіс пленкасы ылғалды (су буымен) немесе таза (құрғақ) оттегін бере отырып 1 200 °C температурасында диффузиялық реактордағы төсемде алады. Кремний пластинасының беткі қабаты оттегімен SiO₂ пленкасын жасаумен тоттанады. Әсерлі маскалау үшін қалыңдығы 0,2 бастап 1 мкм дейінгі пленка талап етіледі. Тиісті орындарда пленканы алып тастау үшін (түйістіргіштер астында немесе диффузия үшін) фотолитография әдісімен фотрезисттен қорғау суретін салады, ал содан кейін пленканы иондық-плазмалық улау әдісімен фторқұрамды газбен (фреонмен) улайды.

Кремний диоксидінің пленкалары оттегі ортасында кремний тетрахлоридінен (SiCl₄) жасалған жартылай өткізгіш бетте келесі реакция бойынша синтезделе алады: $\text{SiCl}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{Cl}_2$. 1 200 °C жоғары температурада кремний тетрахлориді кремнийге және хлорға бөлінеді. Хлор шып кетеді, ал кремний оттегімен бірігеді және жартылай құрылымның бетіне SiO₂ пленкасы түрінде қонады.

Эпитаксиальді өсіру. Бұл процестің нәтижесінде жаңа заттардың атомдары оның құрылымын қайталай отырып монокристалдық төсемге келтіріледі. Сұйықтық және газдық эпитоксия кезінде атомдар тәртіпсіз кристалл беті бойынша нақты орналасқанға және кристалл бетінің құрылымын қайталайтын қатты құрылым жасалғанға дейін жылжи береді. Бұл процесс табиғи және синтетикалық кристалдардың өсуіне ұқсайды. Ол өсірілетін қабаттардың басқа атомдық құрылымы болуымен ерекшеленеді және сондықтан атомдардың реттілігі бірнеше атомдық қабаттардан кейін бұзылады. Эпитаксиальдік өсіру кезіндегі негізгі талап өсірілетін зат пен төсем затының арасындағы атомаралық жақындық болып табылады.

Соңғы уақытта жаңа бағыт – молекулярлық-шоғырлаушы эпитаксия қарқынды дамуда. Бұл процесте пленканы реттелген кристалл құрылымымен эпитаксиальдік өсіру вакуумдық қондырғыда заттарды доғалық, плазмалық немесе магнетрондық таратуымен молекулярлық (немесе атомдық) шоғырымен жүргізіледі. Молекулярлық-шоғырлы эпитаксияның вакуумдық шаңданудан айырмашылық ерекшелігі төсемнің жоғары температураға дейін (кремний технологиясы үшін 1000°C дейін) қыздырылады. Ол кезде молекулалар (атомдар) кристаллдың бетіне бірден бекітіледі, және температуралық тербелістер есебінен кристалл бетінен өсудің жақын жақын шекараға дейін көшіріледі. Онда олар кристалл тордың тығыз молекулярлық байланыстармен мықты орын алады.

Фотолитография. Диффузия жүргізуге қажетті кремний төсемінің бетіне берілген микроскопиялық суретті қалыптастыру үшін диффузия өткізу керек кремний төсемінің бетіне диффузия өткізу керек, кремний диоксидінің қабатын салу жән онда тиісті «терезелерді» улау керек. Ол

үшін диоксиддің тұтас қалың қабатына шамамен 1 мкм жарық сезгіш заты (фоторезист) салынады. Одан кейін пластинаны сәлдір және мөлдір емес сызбамен (фотошаблонмен) металл маска фотопленкада) жабады және ультрафиолет (УФ) жарығымен сәулелендіреді. УФ жарығының мөлдір учаскелерінің астына фоторезистті полимерлейді. Ол трилорэтилде ерімейтін болады, ол кезде полимерленген ретінде онда жақсы ериді. Трихлорэтилде өңдегеннен кейін төсемнің бетінде фоторезист тек УФ жарықпен сәулелендірілген төсемнің бетінде зақымдалған орындарда, яғни масканың мөлдір орындарында қалады. Одан кейін пластинаны балқыту қышқылымен сауытқа орналастырады, ол бірнеше минут ішінде кремний диоксидін фоторезистпен қорғалған орындарда ерітеді. Полмерленген фоторезистті ыстық күкірт қышқылымен алып тастайды, және төсем диффузия процесіне дайын болады.

Микросызбаны дайындау үшін төсемнің әртүрлі жерлерінде легирлеудің әртүрлі түрімен бірнеше қабат салу талап етіледі. Ол үшін әртүрлі суреттері және біріктіру орындары бар фотошаблондар дайындайды. Диффузияның бір операциясын өткізгеннен кейін бетті тағы да тоттандырады, фоторезист салады, микроскоппен біріктіру белгілерін қоса отырып фотошаблон орнатады, және фотлиграфия және диффузия операцияларын қайталайды. Осылайша, фотилиграфия процесінің арқасында бір кремний пластинасында 100 микросызбамен 4-ші немесе 5-ші ингерациялау деңгейін алуға болады.

Вакуумдық шаңдату. ИМС біріктіру өткізгіштеріндегі металлдың жұқа қабатын резисторларды, конденсаторларды және индукциялауды қалыптастыруға арналған отырғызуды вакуумдық шаңдату әдісімен жүргізеді. Термикалық шаңдату кезінде баяу балқитын «лодочкадағы» металл жоғары температураға дейін жоғары жиілікті индуктормен қыздырылады. Металл ериді, ұша және біріктірмелерге, салқындау беттерге оларды жұқа қабатпен жаба отырып қона бастайды. Егер кремний пластинасын трафаретпен жапса немесе фотилиграфия техникасын пайдаланса, онда барлық айтылған жұқа пленкалы бөлшектерді жасауға болады. Ваккумның арқасында времний төсемінде жақсы адгезия және қалыңдығы 0,5-тен 1 мкм дейінгі біртекті қалың металл қабаттарын алады.

Металлдың ұшу әдісі бойынша терминалық (қыздыру), доғалық (жлектр ооғының доғасында), электрондық-сәулелік, котодық шашу, магнетрондық шашу, лазерлік ұшу болып бөлінеді.

Бетке қону түрі бойынша қалыпты (салқын бетке), эпитаксиалдық (ыстыққа) және иондық қону болып бөлінеді. Соңғы тәсілде қыздырылатын металл мен төсем арасындағы әлеуеттердің әртүрлілігі жасалады. Иондық мазмұн металл молекулаларының ағынын реттейді және пленканың төсемге жоғары адгезиясын (жабысуын) береді.

Газдық фазадан химиялық қондыру. Бұл әдіс реакторға газдық немесе бу газдық қоспа беріледі және реактор қыздырылады. Жоғары температураның әсерінен енгізілетін химиялық заттардың бөлінуі болады және төсенің бетіне қонатын жаңа заттар пайда болады.

Газдық фазадан химиялық қонумен жұқа пленкалардың түрлерін микроэлектрондау үшін қажетті барлық қажеттілерді алуға болады: окшаулағыш, өткізгіш және жартылай өткізгіш.

Анодтау. Анодтау — конденсатордың эиэлектригі ретінде қызмет ететін тантал оксидіне тантал пленкасының анодтық тотығуының көп таралған әдісі. Анод ретінде қызмет ететін тантал пленкасына кернеу қоса беріледі. Электрлит ретінде сірке қышқылы ерітіндісін пайдаланады. Пленкада тантал оксидінің біркелкі қабаты пайда болады, оның қалыңдығы қоса берілген кернеуге бацланысты болады. Одан кейін қайтадан металлды қондырады. Нәтижесінде тұрақты сипаттамалары бар үлкен сыйымдылықтың конденсаторлары қалыптастырылады.

Металлдандыру, плазмохимиялық қондыру және анодтау процестерін фотолитографияны және уалауды қолдана отырып жүргізеді. Әдетте кремний планшайбасының (төсемінің) бетін тоттандырады. Плазмохимиялық немесе химиялық улаумен кремний диоксидін алып тастайды, диффузиялық процестерді жүргізеді. Түйістіргіштер болу керек жерлерді алюминийдің жұқа (1 мкм) қабатымен шаңдайды. Әрі қарай тағы да фотлиграфиялау, анодтау, жаңа металл пленкалар салу процестерін жүргізеді.

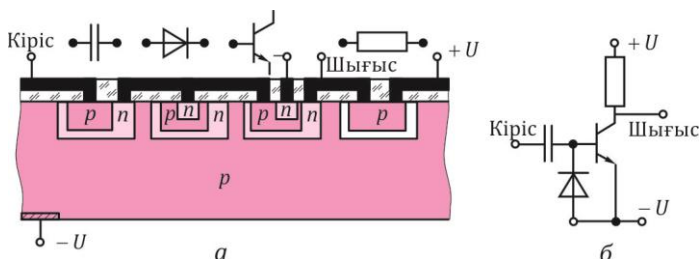
Планар ИМС дайындау. Транзисторлық күшейткіш-инвентордың интегралдық орындаудағы жартылай өткізгіш микросызбасы және оның электрлік сызбасы (құрылым үстінде бір жолаққа орналастыруға арналған көрнекілік бөлшектері) 3.1-суретте көрсетілген. Барлық бөлшектер р-түріндегі бір кремний пластинасына орналастырылған. Өзара әсер етуін болдырмау үшін белсенді және пассивті элементтер төсемнен окшауландырылған құрлықтарда орналастырылады. Төсемнің үсті окшаулағыш қабытпен қорғалған, оған элементтерді өзара біріктіретін өткізгіш жолдар жүргізілген.

Жартылай өткізгішті микросызбалардың белсенді элементтері (транзисторлар, диодтар, тиристорлар және опозэлектрондық құралдар) бір немесе одан артық **p**—**n**-өткелдерден тұрады. Кез келген **p**—**n**-өткелде тегіс конденсаторға ұқсас барьерлік сыйымдылығы бар, және ондай конденсаторлар көбінесе микросызбаларда қолданылады. Резисторлар ретінде жартылай өткізгіштің учаскелері пайдаланылады, әдетте **p**—**n**-өткелдерімен шектелген, яғни кремний қабаты резистордың функциясын орындайды, ал **p**—**n**-өткелдер шекаралар бола алады.

Осылайша, **p**—**n**-өткелдері бар жартылай өткізгіш кристалда

көптеген радиотехникалық сызбалар үшін жеткілікті жиынтық жасауға болады. Көбінесе интегралдық орындаудағы талап етілетін номиналдарды жасау қиын.

Микросызбаларды жүргізу үшін бірегей технологиялық процесте микросызбалардың көп бөлігін алуға мүмкіндік беретін планар технологиясы қолданылады. Микросызбаларды дайындау үшін эпитаксалдық өсіру әдісімен алынған кремний пленкасы ыңғайлы болып шықты. Бұл жағдайда микросызбаларды дайындау процесі планар-эпитаксальдық деп аталады.



3.1-сурет. Жартылай өткізгішті интегралдық микросызбасы күшейткіш каскадының құрылымы (а) және сызбасы (б)

Қазіргі ақпараттық технологиялардың негізі қосарлы сандық кодтарда ұсынылған сандық мәліметтері бар есептеуіш құралдарының жұмысы болып табылады. Қазіргі ақпарат беру жүйелері импульстық-кодтық модуляция режиміндегі қосарлы сандық кезектілік кодымен де жұмыс істейді. Ол кезде берудің жоғары кедергіге беріктігі және дәлдігі қамтамасыз етіледі. Мәліметтерді сандық өңдеу де соңғы нәтижені алудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді.

Қосарлы сандық нысанда ақпарат ұсыну автоматтық және өнеркәсіп кәсіпорындарында және тұрмыстық техникада технологиялық процестерді басқару жүйелерінде кеңінен қолданылатын микропроцессорлық құрылғыларда да қосарлы сандық нысанда пайдаланылады.

3.2. САНДЫҚ ЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ БАЗАЛЫҚ БӨЛШЕКТЕРІ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

3.2.1. Логикалық элементтер және құрылғылар

Типтік логикалық элементтер мен құрылғылар сандық есептеуіш машиналарын және дискреттік әсер ету автоматтарын жасау кезінде негіз болады. Олар микропроцессорлардың және бульдік алгебра

зандарына сәйкес қосарлы сандармен жұмыс істейтін үлкен есептеуіш машиналарының арифметикологиялық құрылғыларының (АЛУ) негізгі бөлшектері болып табылады. Импульстық тізбектерде және құрылғыларда олар кілттер және кілт сызбаларының бөлшектері ретінде пайдаланылады.

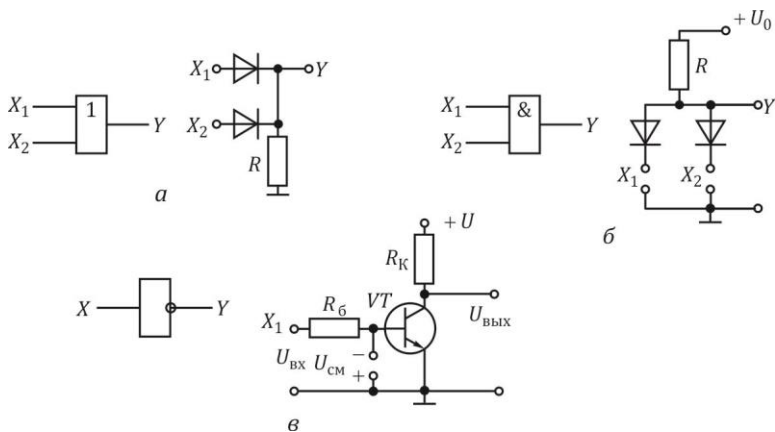
Логикалық құрылғыларда кіру және шығу орындарындағы дабылдар қосарлы – бинарлық болып келеді, яғни олар тек 0 немесе 1 мағыналарын қабылдайды.

Кез келген логикалық құрылғыны n кіру орындары және m шығу орындары бар «қара жәшік» түрінде ұсынуға болады, оның кіру орнында логикалық комбинацияны да қосарлы түрде ұсынуға болады.

Комбинациялық логикалық құрылғылар бөлек логикалық элементтерден тұрады. Олардың шығу сигналы тек 0 және 1 түріндегі дабылдар мағыналарына байланысты.

Кезеңдік логикалық құрылғылар логикалық құрылымдардан және жады элементтерінен тұрады. Олардың әсер ету нәтижесі кіру орнындағы сигналдарға да, жады мазмұнына да байланысты.

1. **ИЛИ логикалық бөлшегі** келесі ережелер бойынша дизъюнкция (логикалық мазмұн) операциясын жүзеге асырады: $0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1$; $1 + 0 = 1$; $1 + 1 = 1$.



3.2-сурет. УГО және ИЛИ (а), И (б), НЕ (в) логикалық элементтерінің электрлік сызбалары

Бұл операция математикалық түрде қосарлы қосу ретінде $Y = X_1 + X_2$ немесе логикалық қосу ретінде $Y = X_1 \vee X_2$ ұсынылады (онда $\vee$ — логикалық қосу символы).

Дизъюнкция операциясын жүзеге асырушы құрылғы логикалық ИЛИ деп аталады. Бұл құрылғының шартты белгіленуі және оны диодтарда және резисторда сызбалық жүзеге 3.2-суретте, а көрсетілген.

Егер келтірілген сызбаның X_1 немесе X_2 кіру орнында ИЛИ +1 В дұрыс кернеуі берілсе, онда ол автоматты түрде шығу орнында болады,

3.2-кесте. ИЛИ логикалық элементінің шынайылық кестесі

яғни $= +1$; ол да осы сызбаның екі кір орнында да беру +1 В кезінде болады ($Y = +1$).

0 немесе теріс кернеуде осы сызбаның екі кіру орнында да оның шығу орнында 0 болады.

ИЛИ логикалық бөлшегінің кіру немесе шығу орындарында қосарлы маңыз арасындағы байланысты шынайылықтың тиісті 3.2-кестесі көрсетеді. ИЛИ бөлшегінің атауы оның мағыналың белгісін түсіндіреді: егер оның бірінші немесе екінші кіру орнында j пайда болса, онда шығу орнында j болады.

ИЛИ логикалық бөлшегінде екі емес, n кіру орындары болуы мүмкін. Ең болмағанда олардың біреуінде j белгілері пайда болса, оның шығу орнында j қалыптасады; егер де барлық кіру орындарында 0 болса, онда шығу орнында да 0 болады. Көп жүрісті логикалық сомалауды келесі формула түрінде жазуға болады

$$Y = \bigvee_{i=1}^n X_i.$$

Логикалық сомалау әдеттегі сомалаудан ИЛИ бөлшегінің кіру орындарында жалғыз белгілердің кез келген көлемінде оның шығу орнында сол мөлшер болады $Y = 1$.

X_1	X_2		Y
0	0		0
0	1		1
1	0		1
1	1		1

2. **И логикалық элементі** конъюнкция операциясын жүзеге асырады (логикалық көбейту).

Бұл операция математикалық қосыарлы шығарма $Y = X_1 \cdot X_2$ немесе логикалық көбейту $Y = X_1 \text{ л } X_2$ ретінде ұсынылады (онда л — логикалық көбейту символы. Бөлшекке кіру орындарында 0 және 1 болса логикалық көбейту нәтижелері қарапайым көбейту еске түсіреді: $0 \text{ л } 0 = 0$; $0 \text{ л } 1 = 0$; $1 \text{ л } 0 = 0$; $1 \text{ л } 1 = 1$.

Конъюнкция операциясын жүзеге асырушы құрылғы И логикалық деп аталады. Бұл құрылғының диодта және резисторда шартты графикалық белгіленуі және сызбалық іске асырылуы 3.2-суретте, **б** ұсынылған.

Егер келтірілген И сызбасының X_1 немесе X_2 кіру орындарына приведенной схемы +1 В дұрыс сызбасын берсе, онда оның шығу орнында бәрібір 0 ($Y = 0$) болады, өйткені диодтардың біреуі 0-де тоғысады; ол да екі кіру орнында 0 болады ($Y = 0$). Сызбаның екі кіру орнына да +1 В берілсе оның шығу орнында 1 ($Y = +1$) болады.

3.3-кесте. И логикалық элементінің шынайылық кестесі

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

И логикалық бөлшегінің кіру және шығу орындарында қосарлы белгілер арасындағы байланысты келсі тиісті шынайылықтың 3.3-кестесі көрсетеді.

И логикалық элементінде екі емес, ал **n** кіру орындары болса, және ең болмағанда олардың бір белгісінде 0 болса оның шығу орнында да 0 қалыптасады; егер барлық кіру орындарында 1 болса, онда шығу орнында да 1 болады. Көп жүрісті логикалық көбейтуді келесі формула түрінде жазуға болады:

Логикалық көбейту нәтижелері әдеттегі көбейту нәтижелерінен ерекшеленбейді. Осылайша, кіру орындарындағы жалғыз белгілердің кез келген санында, егер шығармада ең болмағанда бір 0 болса, шығу орнында 0 болады. Егер тек барлық шығу орындарына 1 берілсе, шығу орнында 1 болады.

3. **НЕ логикалық элементі** инверсия операциясын жүзеге асырады (логикалық терістеу). Мұнда «инверсия» сөзі айналдыруды білдіреді, яғни НЕ сызбасының кіру орнында 0 кезінде оның шығу орнында 1 болады, және керісінше, егер кіру орнына 1 берілсе, шығу орнында 0 болады.

Булевая алгебрасындағы терістеу операциясы символ үстіндегі

сызықпен белгіленеді, яғни келесі түрде:

$$Y = X; 1 = 0; 0 = 1.$$

НЕ логикалық құрылғысын УГО және сызбалық іске асыру транзистор негізінде 3.2-суретте ұсынылған. Егер келтірілген НЕ сызбасының X_1 кіру орнына +1 В дұрыс кернеуін берсе, транзистор ашылады және оның шығу орнында 0 болады ($Y = 0$), өйткені транзистор жерге арналған тізбекті жабады. Егер де сызба кіру орнында 0 болса, онда транзистор жабық болады, ал оның шығу орнында 1 сәйкес келетін дұрыс кернеу болады (+U әлеуеті).

3.2-суретте, в сызбалық келтірілген транзисторлық құрылғы да инвертор (айналдырушы) деп аталады және радиотехникада жиі қолданылады. Егер инвертордың кіру орнына кернеудің дұрыс көтерілуі берілсе, онда шығу орнында кернеудің түсуін алады.

НЕ операциясы тек бір ауыспалы X үшін мүмкін емес.

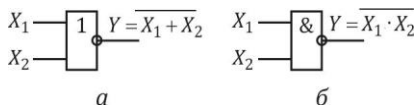
И, ИЛИ, НЕ логикалық бөлшектерін қамтитын жүйе кез келген комбинациялық логикалық құрылғыларды салу үшін жеткілікті және функционалды толық деп аталады.

Көбінесе қарапайым логикалық құрылғылар жүйесі артық болып табылады, онда олардың бөлігін қысқартуға болады.

И, ИЛИ, НЕ бөлшектерін И—НЕ және ИЛИ—НЕ логикалық бөлшектерінің комбинациясына ауыстыруға болады.

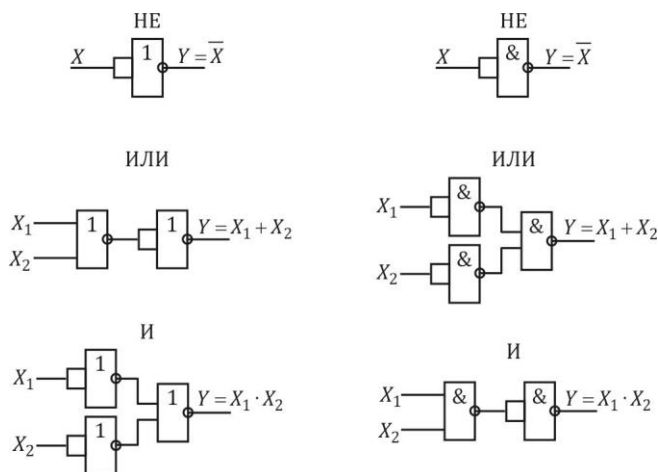
4. **И—НЕ логикалық элементі** логикалық функцияны іске асырады (конъюнкцияны терістеу), $Y = X_1 | X_2$ белгіленеді және Шеффер функциясы деп аталады (белгісі Шеффера штрихі деп аталады).

5. **ИЛИ—НЕ логикалық элементі**, логикалық функцияны іске асырушы (дизъюнкцияны терістеу), $Y = X_1 \wedge X_2$ ретінде белгіленеді

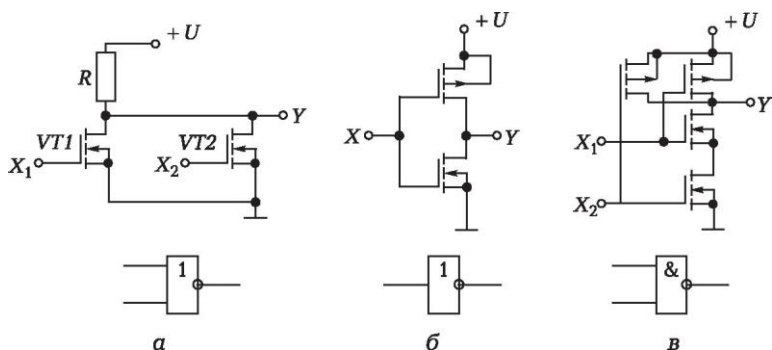


3.3-сурет. ИЛИ—НЕ (а) және И—НЕ эмбебап логикалық бөлшектерінің УГО (б)

және Пирс функциясы деп аталады (4 белгі Пирс нұсқары деп аталады).



3.4-сурет. ИЛИ-НЕ және И-НЕ көмегімен негізгі логикалық элементтерді қалыптастыру сызбасы



3.5-сурет. Интегралдық орындаудағы дала транзисторларында (а) және комплементарлық жұптарда логикалық элементтердің логикалық сызбалары және УГО

ИЛИ — НЕ және И — НЕ логикалық элементтерінің УГО 3.3-суретте келтірілген. Бұл элементтердің әрқайсысы функционалдық толық жүйені ұсынады, олардың көмегімен 3.4-суретте көрсетілгендей барлық негізгі логикалық бөлшектерді (И, ИЛИ, НЕ) қалыптастыруға болады.

Логикалық элементтерден логикалық функцияларды жүзеге асыратын түрлі логикалық құрылғылар жасала алады. Логикалық құрылымдардың әрекет ету нәтижесі 0 немесе 1 болып табылады.

Негізгі (базалық) элементтерді резисторларды, диодтарды және транзисторларды пайдаланып планар микросызбалы технологиясы бойынша дайындайды. Сонымен қатар МОП-технологиясы бойынша орындалған дала транзисторлық логикалық бөлшектерінде логикалық бөлшектер бар.

3.5-суретте МОП-технологиясы бойынша орындалған ИЛИ—НЕ, НЕ, И—НЕ логикалық элементтерінің электрлік сызбалары келтірілген. Комплементарлық жұптардағы И—НЕ бөлшегі ерекше қызығушылық танытуда. Ол жағдайлардың біреуінде де энергияны тұтынбайды, өйткені кіру орындарындағы 0 кезінде транзисторлардың төменгі жұбы тоқты жабады, ал 1 кезінде екі кіру орнында жоғарғы транзисторлар жабық.

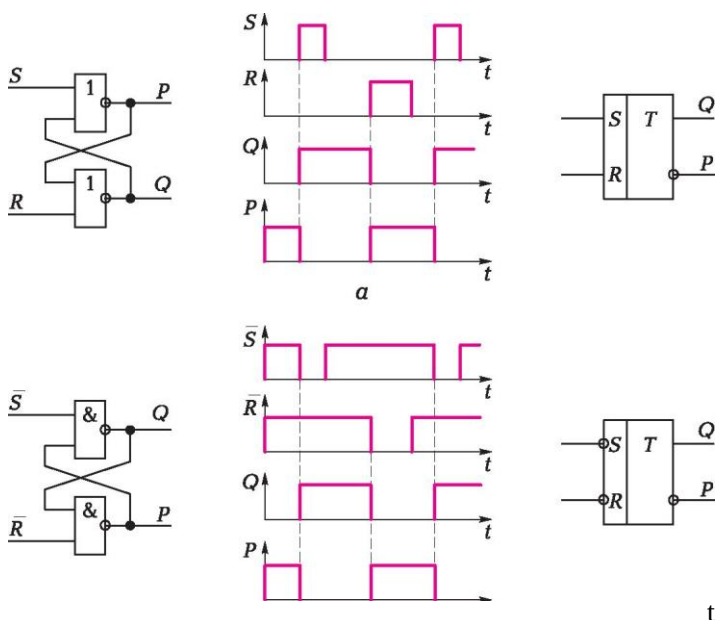
3.2.2. Триггерлердің интегралдық микросызбалары

Электрондық негізгі құрылғылардың арасында триггерлер ерекше орын алады. Олардың екі мықты (тұрақты) жағдайы бар және сондықтан бистабильдік құрылғылар деп аталады. Бір жағдайдан басқаға көшу қосушы импульс ерікті нысанға берілген, және жаңа жағдайы керегінше ұзақ сақталатын кезде болады. Әдетте электрондық кілттер монотұрақты, өйткені олардың бір ғана тұрақты жағдайы болады, ал басқа (мықты емес) жағдайда олар тек кіру орнында басқару кернеуі болса ғана бола алады.

Триггерлердің бистабильділік қасиеті есептеуіш машиналарының жадындағы қосарлы сандық дабылдарды сақтау үшін пайдаланылады. Бұдан басқа, триггерлер қандай да бір құрылғыларды сөндіру және қосу үшін, сонымен қатар арналарды қайта қосқыштар (коммутаторлар) ретінде қолданылады.

Триггерді қайта қосу тез – секіріп жүргізіледі. Нәтижесінде қосу импульстары арасындағы уқыт интервалына тең ұзақтықпен тқбұрышты нысанындағы импульстар қалыптасады. Сондықтан триггерлерді жиі тікбұрышты импульстарды құрастырушылар немесе генераторлар ретінде пайдаланады. Триггерлер, іртүрлі импульстық генераторлар сияқты, радиотехникалық жүйелерде және әсіресе импульсті радиолокациялық жүйелерде қарқынды дамыды. Қазір олар радиоэлектрондық аппаратурада, ақпаратты беру жүйелерінде, технологиялық қондырғыларда және тұрмыстық техникада кеңінен қолданылады.

Логикалық бөлшектердегі симметриялық RS-триггерлерін қарастырамыз. Тк кіру орындары бар ИЛИ—НЕ екі логикалық бөлшектеріндегі RS-триггер сызбасы 3,6-суретте, *a* келтірілген.



б

3.6-сурет. Бейсинхронды триггерлердің кернеулерінің және УГО сызбалары, эпюралары: *a* — ИЛИ—НЕ логикалық бөлшектерінде тікелей кіру орындары бар RS-триггерлер; *б* — И—НЕ логикалық бөлшектерінде инверстік кіру орындары бар RS-триггерлер

«Тікелей кіру орындары бар» термині осы триггердің R немесе S кіру орындарына дұрыс жалғыз импульс беру кезінде ол өзін транзисторлардағы симметриялық RS-триггер ретінде болуын білдіреді.

Триггердің S және R екі кіру орны болады (ағылшыннан **set** — орнату және **reset** — алу) және екі шығу орны — тіке Q және инверстік P . Жалғыз кернеуді кіру орнына S берген кезде триггер $Q = 1$, $P = 0$ жағдайына ауысады. Импульсті кіру орнына R берген кезде ол $Q = 0$, $P = 1$ жағдайына ауысады. Егер әрі қарай импульсті кіру орнына S берсе, онда триггер $Q = 1$, $P = 0$ жағдайына қайта келеді.

ИЛИ—НЕ логикалық бөлшектерінің шынайлық кестесіне сүйене отырып, RS-триггердің жағдайын 3.4-кестедегі түрде көруге болады.

Триггердің бір жағдайдан басқаға ауысулары сол триггердің кернеулері эпюраларымен түсіндіріледі. Симметриялық RS-триггердің екі мықты жағдайы болғандықтан, шығу орнындағы белгілер Q және P

3.4-кесте. RS-триггерінің жағдайлары және өткелдері

Кіру орындарындағы дабылдар		Шығу орындарындағы дабылдар		Әрекет ету
S	R	Q	P	
1	0	1	0	Қайта қосу
0	0	1	0	Сақтау
0	1	0	1	Қайта қосу
0	0	0	1	Сақтау
1	1			Белгіленбеген

міндетті түрде қарсы орналасады, яғни булевая (бинарлық) алгебрасының терминдерінде P жағдайы Q жағдайын терістеуші болып табылады.

Триггер жұмысын ұсынылған кернеулер эпюрасын пайдаланумен нақтырақ қарастырамыз.

Кіру орнына S дұрыс импульс берген кезде триггер $Q = 1$ және $P = 0$ жағдайына ауысады және бұл жағдайда шектеусіз ұзақ бола алады. Егер тағы да кіру орнына S дұрыс импульс берілсе, онда триггердің жағдайы өзгермейді, өйткені оның кез келген кіру орнында 1 пайда болып, жағымды импульс пайда болады, себебі, оның кез келген кіруі кезінде, немесе кірмеген кезінде, жоғарғы кіру орнында логикалық бөлшек 0 болады, ал 1 белгісі төменгі логикалық бөлшектің шығу орнында Q қолданылады. Тек кіру орнына R 1 сәйкес дұрыс импульс берген кезде, төменгі логикалық бөлшек жұмыс істейді және шығу орнында Q 0 пайда болады, ал кіру орнында S болған жағдайда, шығу орнында P 1 пайда болады, яғни триггер жаңа мықты жағдайға ауысады.

Егер триггердің екі кіру орнына да нөлдік кіру дабылы берілсе, онда оның шығу орындарында соңғы болып белгіленген жағдай сақталады. Мұндай режимді (ақпаратты сақтау режимін) триггер мейлінші ұзақ саұтай алады. Триггерлердің бұл қасиеті есептеуіш машиналарының оперативтік жадын жасау және есептеудің қосарлы жүйесіндегі сандық мәліметтерді сақтау үшін пайдаланылады.

Егер триггердің екі кіру орнына да жалғыз дабыл берілсе, онда оның екі шығу орнында да нөлдік белгі дабылдардың біреуінің әрекет етуі біткенге дейін болады. Триггердің шығу орнында дабылдардың соңғы белгілері кейінірек аяқталатын дабылмен белгіленеді.

Әр логикалық бөлшектің белгілі әсер ету уақыты болады, және триггердің бір жағдайдан басқаға ауысуы үшін бір логикалық бөлшектің әсер етуінің екі есе уақытына тең уақыт керек. Бұл уақыт логикалық бөлшектерде триггердің қайта қосылуының жылдамдығын және рұқсат етілетін жиілігін белгілейді.

И – НЕ логикалық бөлшектеріндегі инверстік кіру орындары бар сызбасы 3.6-суретте, **б** келтірілген. И – НЕ бөлшектерін біріктіру сызбасы ИЛИ – НЕ бөлшектеріндегі тікелей кіру орындары бар триггердегі біріктуілердің сызбасына ұқсас, бірақ ондағы орындалатын функциялар басқа. Ол триггер әдеттегі RS-триггер ретінде жұмыс істеуі үшін кіру орындарына инверторлары қою керек.

Триггерлердің түрлі конструкциялары және сызбалық іске асырулары болады, ол олардың тағайындалуына және пайдаланылатын элементтік базасына байланысты. Сонымен қатар триггерлер жады элементі болып табылатын кезеңдік сандық құрылғылардың толық санаты болады.

Әдетте, бірнеше триггерлік ұшықтары бар микросызба түрінде орындалатын интегралдық триггерлер триггердің өзінен және оның кіру орындарын (кіру логикасының сызбасын) басқарудың көмекші логикалық бөлшектерінен тұрады. Кіру логикасы сызбасының құрылымына байланысты әртүрлі функционалдық мүмкіндіктері бар триггерлерді ажыратады, яғни триггерлердің әртүрлілігі: **RSC, D, E, T, JK** және т.б.

Басқару тәсілі бойынша триггерлерді асинхронды (RS) және синхронды (тактіленетін, **RSC**) деп бөледі. Басқару әдісі бойынша триггерлерді асинхрондық және синхрондық деп бөледі. Асинхронды триггерлерді қайта қосу (немесе аудару) олардың ақпараттық кіру орнына кіру дабылының түсуімен тікелей жүргізіледі. Тактілік импульсін беруге арналған қосымша кіру орны бар **C** синхрондық триггерлерді қайта қосу ақпараттық кіру орындарына кіру және тактілік импульстар бір уақытта түсуі кезінде ғана жүргізіледі.

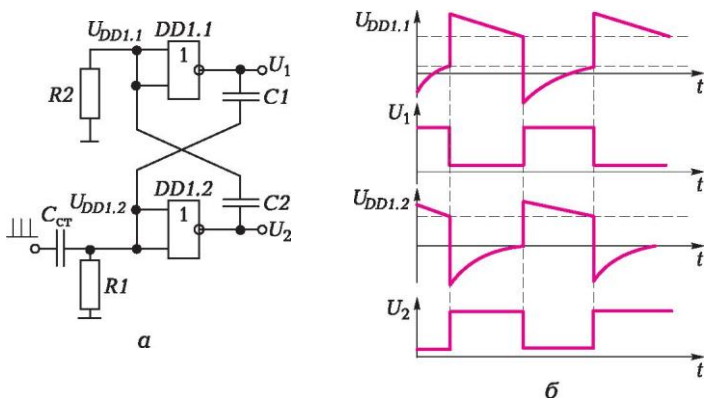
Бір тактілі (**T** деп белгіленетін) және екі тактілі, немесе екі деңгейлі (ТТ деп белгіленетін) триггерлер бар. Бір тактілі триггерлер тактілік импульстің алдыңғы фронты бойынша қайта қосылады, ал екі тактілі — оның жырығы бойынша.

Тактіленетін JK-триггерінің базасында кедергінің Т-триггерін, D-триггерін және блоктаушысы бар DV-триггерін іске асыруға болады, яғни бұл триггер әмбебап болып табылады.

3.2.3. Логикалық элементтердегі мультидірілдеткіштер

И—НЕ логикалық элементтерін параллельді біріктіруіндегі

электрлік сызба 3.7-суретте келтірілген. Бұдан басқа, сызбада екі RC-тізбектері бар **R1**, **C1** и **R2**, **C2**, олар транзисторлардағы мультидірілдеткіште сияқты уақыт белгілеуші релаксациялық элемент болып



3.7-сурет. Паралельді қосылған екі логикалық элементтердегі мультидірілдеткіштің сызбасы (а) және кернеулер эпюралары (б)

табылады. Конденсаторлар арқылы да логикалық элементтің бір шығу орнының дұрыс кері байланысы ілмегін жасайтын басқа кіру орнымен байланысы жүзеге асырылады.

Келтірілген кернеулер эпюралары құрылғының жеке элементтерінің жұмысын сипаттайды.

Бұл мультидірілдеткіштің екі квази тең салмақты жағдайы болады. Бастапқы жағдайында **DD1.1** логикалық элементі сөндірулі, ал **DD1.2** логикалық элементі қосулы. **DD1.1** элементінің шығу орнындағы түгіндеу дабылы 1 тең және, сәйкесінше, **C1** конденсаторы **R1** резисторы арқылы зарядтала бастайды. **R1** резистордағы кернеудің түсуі жағымды әлеуетті жасайды және қойысылып тұрған жағдайда **DD1.2** логикалық элементін қолдайды. Ол кезде **DD1.2** шығу орнында инвертацияланған дабыл нөлге тең және конденсатордың қоршауларындағы кернеу **C2** де нөлге тең.

Конденсатордың қоршауларындағы **C1** кернеу біртіндеп бір деңгейге жақындап келеді, және резистор **R1** арқылы өтетін тоқ азаяды. Ол кезде резистордағы кернеу **R1** азаяды және бірнеше сынамалы деңгейден кейін **DD1.2** логикалық элементімен логикалық 0 ретінде қабылдана бастайды. Кернеудегі бұл секіру **C2** конденсаторы арқылы өтеді және **DD1.1** логикалық элементін қосады, оның шығу орнында 0 пайда болады.

DD1.1 элементін қайта қосу аяқталғаннан кейін **R2** тойтарыс беру кернеуінің құлауы есебінен оны қосылған жағдайда қолдай отырып **C2** конденсаторы зарядтала бастайды. Конденсатор **C2** конденсаторы зарядталғанша, **DD1.2** логикалық элементінің кіру орнында теріс

әлеует құра отырып, **C1** конденсаторының заряды біте бастайды.

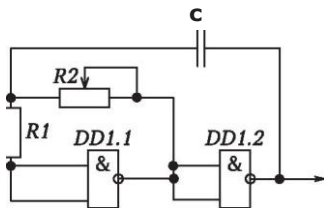
Мультидірілдеткіш **C2** конденсаторы толтырылғанша мықты жағдайда болады. Содан кейін резистордағы **R2** кернеу логикалық 0 сәйкес келетін мағынаға жақындайды, және **DD1.1** элементі сөнеді. Мультидірілдеткіш қайтадан бастапқы жағдайына қосылады, және әрі қарай процестер циклды түрде қайталанатын болады.

Осылайша, мультидірілдеткіште бір уақытша мықты жағдайдан басқаға ауысудың автоқұбылысты режимі қолданылатын болады. Сонымен қатар әр мықты жағдайды ұстау уақыты **C1** және **C2** конденсаторларды **R1** және **R2** тойтарыс беруі арқылы зарыл алу (релаксация уақытымен белгіленетін болады. Мультидірілдеткіштің жиілігін тұрақтандыру үшін кварцтық генератордан жоғары жиілік импульстері $C_{ст}$ Т конденсатор арқылы беріледі.

Енді 3.8-суретте ұсынылған сызба бойынша кезеңмен біріктірілген И—НЕ екі логикалық элементтерінде жұмыс істейтін мультидірілдеткішті қарастырамыз.

Қосқышты қосқан кезде **DD1.1** логикалық элементіне төмен дұрыс кернеу беріледі және ол сөніп қалады. Инвертациялау әсерінен **DD1.1** шығу орнында логикалық 0 болады, ал **DD1.2** шығу орнында — логикалық 1. Ол кезде **C** конденсаторы резистор **Rm** арқылы толтырыла бастайды. Конденсаторды **C** зарядтау кезінде **DD1.1** логикалық элементінің кіру орнында резисторде **R** кернеудің түсуінен жағымды әлеует сақталады. Конденсатордың толуы бойынша тізбектегі ток азаяды, ал резисторда кернеудің түсуі төменгі шектік мәнге жақындайды, оны **DD1.1** логикалық элементі логикалық 0 ретінде қабылдай бастайды. Одан кейін **DD1.1** логикалық элементі қайта өөсылады, оның шығу орнында 1 пайда болады, ал **DD1.2** логикалық элементінің шығу орнында – 0.

DD1.1 қайта қосқаннан кейін конденсатордың **C** **DD1.2** шығу орнында жоғары деңгейдегі кернеудің әсер етуімен резистор **R** арқылы заряды біте бастайды. Конденсатордың заряды **DD1.1** элементінің кіру орнында ол логикалық 1 ретінде қабылдайтын әлеует пайда болғанға дейін бітед. Одан кейін **DD1.1** қайтадандан қосылған жағдайға қосылады, оның шығу орнында логикалық 0 пайда болады, ал **DD1.2** шығу орнында — логикалық 1. Одан кейін конденсатор қайтадан зарядтала бастайды,



3.8-сурет. Кезеңмен біріктірілген И—НЕ екі логикалық элементтерде жұмыс істейтін мультидірілдеткіштің сызбасы

мультидірілдеткіш келесі қайта қосылуға (ашылуға) дейін мықты жағдайда болады.

Конденсатордың зарядталу және зарядының біту уақыты бірдей, өйткені C бір резистор R арқылы зарядталады және заряды бітеді. Нәтижесінде ондай мультидірілдеткіштің шығу орнында тікбұрышты импульстардың меандрлы кезеңділігін алады. Егер үлкен ұғымасы бар қысқа импульстар кезеңділігін алу керек болса, резисторға R конденсатордың заряды зарядтың бітуіне қарағанда тезірек өтуі үшін параллельді диодты және тойтарыс беруі аз резисторды қосады. Параметрлердің шамаланған мағыналары: $C = 1,0$ мкФ, $R_1 = 100$ кОм, $R_2 = 10$ кОм.

Логикалық элементтердегі мультидірілдеткіштердің басқа релаксациялық RC-тізбектері бар бағытталған белсенді элементтеріндегі мультидірілдеткіштердегідей кемшілігі жиіліктің тұрақсыздығы және импульстардың ұзақтығы болып табылады. Осыған байланысты жиілікті тұрақтандыру әдістерін пайдалану керек.

DD1.1 логикалық элементінің кіру орнындағы кернеуді өзгерту сипаттамасы (3.8-суретті қараңыз) осы мультидірілдеткіш кернеулерді жолақты өзгертуші генераторы (ГЛИН) ретінде пайдаланыла алатындығын көрсетеді.

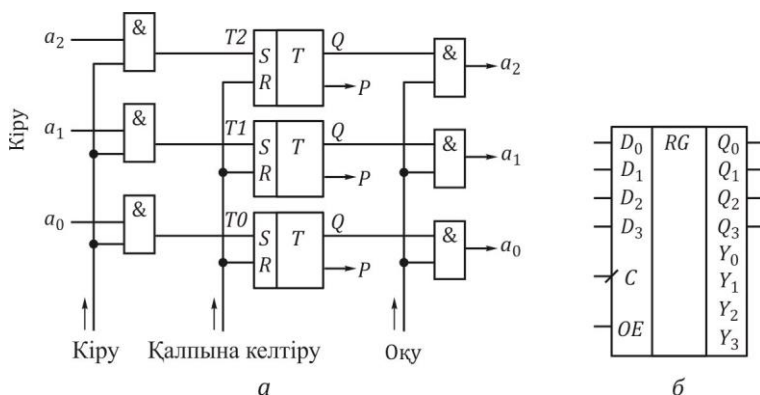
3.2.4. Жады тіркелімі, кодерлер және мультиплексорлар

2.1-кестеде тұтас дұрыс он мағыналы санды N қосарлы түрде ұсыну көрсетілген. Қосарлы сандарды көрсету үшін 0 немесе 1 екі мағынасы бар құрылғылар жиынтығы керек. Мұндай құрылғы триггер болып табылады. Ол кезде триггерлер саны қосарлы кодтың разрядтары санына тең болуы тиіс.

Тіркелім — санды N триггерлерден тұратын қосарлы түрде көрсетуге арналған құрылғы. Тіркелімге разрядтардың берілген санымен қосарлы санды жазғаннан кейін бұл сан триггерлердің жағдайы өзгергенге дейін сақтала алады. Тіркелімдегі триггерлерде құрылған ақпарат қажет болғанша ұзақ сақтала алады, яғни тіркелім жады элементі (ақпаратты сақтау құрылғысы) болып табылады. Жады құрылғысының сызбасы параллельді әрекет ету тізбесінің негізінде 3.9-суретте келтірілген.

Құрылғы келесі жағдайда жұмыс істейді. Жазу және санау барлық разрядтар бойынша бір уақытта жүргізіледі. Жинау командасы бойынша триггерлер нөлдік жағдайға ауысады. Мысалы, 5 санын жазу кезінде триггерлер кіру орнында 101 санына сәйкес келетін жағдайға ауысады. Санды мұндай жағдайда сақтау қажетінше ұзақ болуы

мүмкін.



3.9-сурет. Параллельдік әсер ету тіркелімінің негізінде есте сақтау құрылғысының сызбасы (а) және УГО (б)

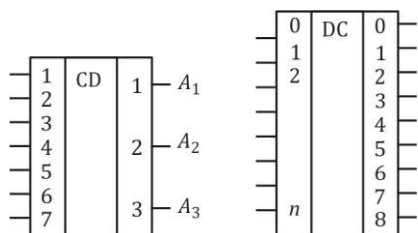
Санау қанша ұзақ уақытқа созылса да, санау импульсі шығу орнында 101 параллельді кодын (бір уақытта) жасайды.

Кейде есептеу үшін кодқа жүгінуді орындау, яғни инвертацияланған деп аталатын кері кодты алу талап етіледі. Ол үшін есептеу кіру орны бар триггерді пайдаланады.

Кері кодты алу үшін О инверсиясын беретін жүгінген код импульсі пайдаланылады. Бұл импульстеу қайтадан беру кодты қалпына келтіреді. Жүгінілген код оң және теріс қосарлы сандарды қосу операциясын жүргізу үшін пайдаланылады.

Шифраторлар және дешифраторлар — ондық санау жүйесінен қосарлыға, және керісінше қосарлыдан ондыққа өзгертілетін құрылғы. Шетелдік терминологияда олар кодер (CD) және декодер (DC) ретінде белгіленеді. Бұл құрылғылардың жұмыстарын жақсырақ түсіну үшін алдымен шифраторды қарастырамыз.

Ш и ф р а т о р л а р (CD кодерлері) — бұл санды ондық жүйеден қосарлы кодтық комбинацияға ауыстырушы құрылғы. Шифраторлардағы кіру орындарының саны басталған кіру орнының нөміріне сәйкес мүмкін болатын ондық сандарға тең (3.10-сурет). Қосарлы код шығу орнында егер кіру орнына синхрондаушы импульстың дабылы түссе ғана қалыптасады. Мысалы, егер синхрондаушы импульстың $Z = 1$ дабылы кезінде шифратордың (5) кіру орнында логикалық 1 деңгейіне сәйкес келетін кернеу бар, ал қалған кіру орындарында ол кезде 0 болса, онда шығу орнында 101 комбинациясы пайда болады.



3.10-сурет. Логикалық элементтерде шифратор (CD) және дешифратор (DC) микросызбасының УГО

Дешифраторлар (DC декдерлері) — бұл қосарлы кодтық комбинацияларды анықтайтын және оларды ондық санға түрлендіретін құрылғы. Дешифраторларда қабылданатын қосарлы кодтың разрядтығына тең кіру орындарының саны және әртүрлі кодтық комбинациялар санына (яғни мүмкін болатын ондық сандар санына) тең шығу орындарының саны болады. Бұл құрылғылар әр шығу орнында егер олардың кіру орнына осы шуға орнының нөміріне сәйкес санның коды түссе, жалғыз дабылды шығарады (3.10-суретті қараңыз). Мысалы, егер кіру орнына 101 комбинациясы берілсе, онда дешифратордың (5) шығу орнында логикалық 1 пайда болады, ал қалғандарында 0 болады.

Мультиплексор (біріктіруші) бірнеше құрылғылардың кіру орындарынан k дабылдардыбір арнаға (бір шинаға) біріктіреді. Мысалы, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ құрылғыларынан логикалық хабарламалар уақыты бойынша кезеңмен жалпы шығу шинасына X_c беріледі.

Демультимплексор (таратушы) дабылды қысқару мағынасына байланысты импульстің кіру ағынын таратады. Мысалы, логикалық хабарламалар Y_c кезеңділігі уақыты бойынша кезеңмен алдымен шығу орнына Y_1 , ал кейін $Y_2, Y_3, \dots, Y_k$ шығу орындарына бөлінеді.

Таратушыда k шығу орындары бар. Импульстардың $i > k$ санында оларды беру блоктанады. Циклды таратушыларда $k + 1$ импульсі 1-ші шығу орнына беріледі, $k + 2$ — 2-шіге және т.с.с., яғни цикл қайталанады.

Импульстардың мультиплексоры және демультимплексоры, әдетте, жұпта жұмыс істейді және ақпаратты бір арна бойынша тығыздау (уақытша тығыздаулар) режимінде беру үшін қызмет етеді. Көп таратуды олар радиожиілікті арналарда уақытша тығыздау режимінде телефондық хабарламалар беру кезінде алды. Ол кезде арналарды уақытында тығыздау жүреді, яғни дауыс дыбыстарының салыстырмалы баяу өзгерістері қосарлы сан түрінде кодталады және кезеңмен алдымен біріншіден, кейін екіншіде, үшіншіден бастап және солай 12-ші абонентке дейін беріледі. Жолақтың екінші жақ соңында абоненттар – хабарламаны тұтынушылар бойынша ақпаратты тарату жүргізіледі.

3.2.5. Аналогтық-сандық және сандық аналогты түрлендіргіштер

Аналогтық-цифрлық түрлендіргіштер (АЦП) үзіліссіз өзгеруші кернеуді $y = f(t)$ (аналогты мағынаны) қосарлы сандық кодтарға түрлендіру үшін қызмет етеді. Сандық кодтан баламалы кернеуге қай түрлендіруді сандық аналогты түрлендіргіштердің (ЦАП) көмегімен жүзеге асырады.

АЦП ЭВМ ақпаратты өңдеу кезінде керек, өйткені ЭВМ операция жасайтын ақпарат қосарлы сандық нысанда болуы керек, ал бастапқы мәліметтері датчиктерден және басқа перифериялық құрылғылардан әдетте тоқтарды немесе кернеулерді өзгерту түрінде аналогтық нысанда түседі.

Аналогтық-сандық түрлендіру процесі келесі кезеңдерді қамтиды:

- уақыт функциясы (кванттау интервалын таңдау және уақыттың тең интервалы арқылы өлшеулер жүргізу) дискретизациялау (бөлу, кванттау);
- дабылды деңгей бойынша кванттау (кванттау интервалын деңгей бойынша кванттау және өлшеулер диапазонын деңгейлер бойынша бөлу);
- кодтау (функция маңызын қосарлы сандық кодқа түрлендіру).

Дискретизацияның минималдық интервалы Котельников теоремасынан шыға отырып белгіленеді: $\Delta t = 1/(2f)$, онда f — жоғарғы, маңызды жиілік.

Дискретизация операциясы $y = f(t)$ функцияларының сандық мағыналарын белгілеуде $t_1, t_2, t_3, s, \dots, t_n$ сәттерде Δt интервалы арқылы анықтауда. Дискретизация нәтижесінде Δt дискретизация қадамымен $f(t_1), f(t_2), s, f(t_n)$ функцияларының мағыналарының жиынтығын алады.

Кванттау операциясы деңгейі бойынша кванттау интервалын таңдауда АУ және өлшеулер диапазонынан $f_{\min}(t_1)$ до $f_{\max}(t_1)$ деңгейлері боцынша бөлуде. Кейбір АЦП функцияның маңызының шегін ескеретін кванттау құрылғылары (квантизаторлар) қарастырылған. Әдеттегі АЦП кіру орнына ± 5 В деңгейіндегі (немесе ± 15 В операциялық күшейткіштер деңгейіндегі) ТТЛ-дабылы беріледі. Қарапайым АЦП шектеулердің деңгейлерінен 0,4% және 256 өлшеміннің дәлдігін қамтамасыз етуші сегіз разрядты код қолданылады. Осылайша, ± 5 В диапазоны үшін кванттау интервалы АУ $2,12 \cdot 10^{-2}$ В құрайды, ал ± 15 В диапазоны үшін — $6,36 \cdot 10^{-2}$ В. Бұл мағыналар дабылды кванттау кезінде туындайтын әдістемелік қателікті анықтайды.

Аналогтық-сандық түрлендірудің қорытынды кезеңі дабыл кернеуінің деңгейін анықтау және тиісті қосарлы сандық кодты қалыптастыру болып табылады.

АЦП кернеуді түрлендіру негізінде — жиілігі кіру кернеуіне пропорционалды импульстарды қалыптастырады, және уақыт бірлігіне импульстар санымен көрсетілетін аналогтық дабылдан (кернеуден) сандыққа ауысу қажеттілігі кезінде кеңінен пайдаланылады. Анықтау принципі АЦП кіру орнындағы кернеуге сәйкес қосарл кодты анықтау үшін белгілі уақыт интервалы ішінде қосарлы есептеуішпен импульстар санын есептеуді жүргізуде. АЦП кіру орнында кернеу көп болған сайын, импульстар жиірек және есептеуіш шығу орнында саны көп.

Датчиктерден үлкен арақашықтықтарға сигналдарды беру де жиілік нысанында жақсы орын алады, өйткені ол кедергіге берігірек.

Кезеңдік есептеудегі АЦП такт импульстері генераторынан импульстарды есептеу үшін қосарлы есептеуіш пайдаланылады. Есептеуіш нәтижесі кернеуге ЦАП көмегімен түрленеді, оны компараторда сандық кернеумен салыстырады. Олар теңесіп кеткенде, есептеуіштің қосарлы коды ЦАП шығу орнындағы кернеуге, яғни, сәйкесінше, АЦП кіру орнындағы $и_{вх}$ кернеуі де сандық эквивалентті болып табылады. Қазіргі сегіз разрядты АЦП жоғары жылдамдықты және жиілігі 10 МГц дейінгі радиодабылдардың түрленуін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар өте тез әсер ететін төрт зарядты жиілігі 1 ГГц дейін сигналдарды өңдеуге мүмкіндік беретін АЦП бар.

Сандық аналогты түрлендіргіштер (ЦАП) АЦП қарсы әрекеттерді жүзеге асырады, яғни сандық қосарлы кодты кернеудің тиісті мағынасына түрлендіреді. Мұндай түрлендіру мысалы, дисктегі сандық жазылған дыбыстарды қалпына келтіру үшін керек. Ол ЭВМ дисплейінде немесе теледидар экранында сандық теледидар арналарын пайдалану кезінде бейнелерді қалпына келтіру үшін де қолданылады.

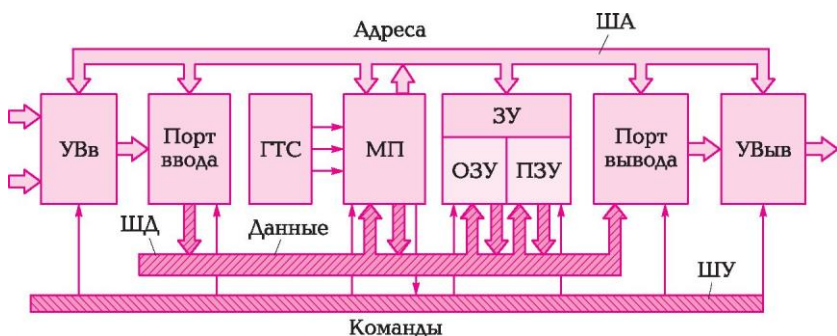
ЦАП электрлік сызбаларын тойтарыс берулер жиынтығымен интегралдық сызбалар түрінде іске асырады. Салмақ резисторлары бар сызба қосарлы кодқа сәйкес келетін электрондық кілттер жинағын қамтиды, және тез арада шығу орнындағы кернеуді қалыптастырады.

Қазіргі уақытта электрондық сандық есептеуіш машиналары басқарудың әртүрлі өндірістік жүйелерінде және тұрмыста кеңінен қолданылады. Ақпараттық және басқарушы жүйелерде әртүрлі деңгейдегі басқару және есептеуіш машиналарын пайдаланады.

Микропроцессор қосарлы сандармен қарапайым логикалық және арифметикалық операцияларды орындайды, командалар мен тактік үзілістер жүйесі, басқа құрылғылармен байланысу үшін кіру және шығу түйістіргіштері жүйесі бар. Әдетте, ол бір кристаллда жасалған, бір микросызба түрінде жасалған. Микропроцессорлармен жұмыс істейтін құрылғылар қажет етілетін кварцтық генератор (синхрондаушы) және жады микросызбалары негізінде такті импульстар генераторымен жабдықталады.

Бір кристалды микроЭВМ — микропроцессорлары мен жадының кіріктірілген элементтері бар. Нақтысында бұл ашық микросызба түрінде орындалған шағын есептеуіш машинасы. Онда процессор, оперативтік есте сақтау құрылғысы (ОЗУ), тұрақты есте сақтау құрылғысы (ПЗУ), сыртқы есте сақтау құрылғысына қосылу үшін түйістіргіштері болады. Онда сонымен қатар өзінің команда жүйесі және басқа құрылғылармен байланысу үшін контактілердің кіру және шығу жүйесі бар. Әртүрлі тәсілдермен 8-разрядты және 16-разрядты бір кристалды микроЭВМ біледі.

Контроллер — бұл бірнеше аналогтан (8 немесе 16) және логикалық датчиктерден (8 немесе 16) ақпарат қабылдау үшін кіріктірілген қосымша элементтері бар бір кристалды микро ЭВМ. Логикалық датчиктер – бұл екі мағынаны қабылдаушы датчиктер: 0 - жабық (сөндірулі), 1 – ашық (қосылулы). Кіріктірілген құрылғыларға мультиплексор (датчиктерді кезеңдік сұрау үшін), аналогты-сандық түрлендіргіш, командалар мен мәліметтерді енгізу және шығару элементтері. Қосылып тұрған құрылғыларға мыналар жатады: такті импульстар генераторы, қосылу элементтері, енгізу-шығару құрылғыларына келісетін элементтер.



3. 11 сурет. Бақылаушының құрылымдық сызбалары:

УВв — процессорге мәліметтерді енгізу құрылғысы; ГТС — тактік дабылдар генераторы; МП — микропроцессор; ЗУ — есте сақтау құрылғысы; ОЗУ — оперативтік есте сақтау құрылғысы; Увыв — мәліметтерді шығару құрылғысы; ША — мекенжайлар шинасы; ШД — мәлеметтер шинасы; ШУ — басқару командаларының шинасы

Бақылаушының құрылымдық сызбасы 3.11-суретте келтірілген. Қазіргі уақытта олар басқарудың өнеркәсіп жүйелерінде кеңінен пайдаланылады және үлкен интегралдық микросызбалар түрінде (БИС немесе микроЭВМ бір кристалда) орындалады. Олар ақпаратты жинау жүйесінде және басқарушы есептеуіш машинасы (УВМ) ретінде пайдаланылады.

УВв кіру құрылғысы мәліметтерді процессорға енгізу кезінде келісу үшін қызмет етеді. УВв 16 логикалық датчиктері (әдетте ол контактілік біріктірулер: 1 — иә, контакт бар; 0 — жоқ, контакт жоқ) және мультиплексорға кіріктірілген 8 аналогты датчиктері және аналогты-сандық түрлендіруші бар. УВыв байланыс объектісі бар құрылғыда кіріктірілген сандық аналогты түрлендіргіш бар.

Бақылаушы, микроЭВМ басқарушы — ол МП, есте сақтау құрылғыларының (ЗУ), перифериялық құрылғылары бар (интерфейс) басқару құрылғысы және байланыс құралы. Басқарушы микроЭВМ датчиктерді, АЦП, ЦАП басқару объектісімен бірлесу құралы болуы керек. МикроЭВМ және бірлесу құралдарының жиынтығы ақпарат жинаудың микропроцессорлық жүйесін, немесе басқару жүйесін құрайды.

Бақылаушының құрылымдық сызбасын нақытрақ қарастырамыз (3.11-суретті қараңыз).

УВв ретінде магнит бастиектер, фотодиодтар және АЦП қызмет етеді. УВыв ретінде — дисплейлер, баспа құрылғыларына арналған дабылдар құрастырушылар, ЦАП және т.с.с. Енгізу және шығару порттары ақпаратты енгізу, шығару және арналарды қайта қосу

процесіндегі қысқа мерзімді сақтауға арналған.

Кіру ақпараты операциялар орындалатын мәліметтерге және бағдарламаға бөлінеді. яғни орындалатын операцияларды сипаттайтын командалар кезеңділігі. Мәліметтер және бағдарлама 8 (байтқа) тең разрядтар санымен қосарлы санның жиынтығымен беріледі.

УВв мәліметтері енгізу портына түседі. Басқару дабылдары қажетті портты таңдайды, мәліметтердің жазылуын, портта уақытша сақтауды, одан кейін оларды өткізу жолақтарының *m* жиынтығынан тұратын және ш-разрядты сөздерді беруді қамтамасыз етуші мәліметтер шинасына (ШД) беруді қамтамасыз етеді. Байланыстарды магистралдық ұйымдастыру кезінде бақылаушының элементтері жалпы магистральдарға – мәліметтер шинасына, командалар шинасына және мекенжайлар шинасына қосылады.

Мәліметтерді кіру портынан беру үш жағдайдың біреуінде болуы мүмкін буферлік күшейткіштер арқылы жүреді: 1 — мәліметтерді магистральға беру; 2 — мәліметтерді магистральдан жинау; 3 — магистральдан сөндіру.

Басқарудың бір дабылы микропроцессордан магистральға ақпарат беру режимін тапсырады, басқалары – ақпаратты қабылдау немесе енгізуді сөндіру режиміне. МП жұмысы УВв тез әрекет етуіне байланысты болмаса, мәліметтер мен бағдарламалар орындалу алдында бақылаушының ОЗУ жазылады. МикроЭВМ арналған ОЗУ көлемі бірлік және ондық килобайттарды құрайды ($1 \text{ Кбайт} = 2^{10} \text{ байт}$, яғни 1 024 сегіз разрядты сөздер). Бұдан басқа, сыртқы флэш-жады, немесе сыртқы қатты диск қосыла алады.

Микропроцессор (МП) келесі кезеңділікте жұмыс істейді:

- 1) команданы жадыдан оқу; ол кезде бірінші команда сақталатын жады жәшігінің нөмірі командалар есептеуішіне кіргізіледі, ал команданы орындағаннан кейін есептеуіштегі сан автоматты түрде 1-ге ұлғаяды. Ол бағдарламаның келесі командасын орындау кезеңділігін қамтамасыз етеді;

- 2) командалар есептеуіштің әрбір жағдайында жадыдан келесі ақпаратты оқу жүргізіледі: осы команда бойынша орындалатын операциялар коды, және команда орындалатын сандар, немесе оның мекенжайы;

- 3) командаларды орындау жүргізіледі.

Команданы орындағаннан кейін жадының келесі ұяшығынан «оқу» орындалады, және цикл қайталанады. Тактті дабылдарды генератор көмегімен (ГТС) басқару құрылғысы талап етілетін жұмыс кезеңділігін және команда кезеңдерін орындауды қамтамасыз етеді.

Бір команданы орындау бірнеше машиналық циклдар ішінде жүреді, олардың әрқайсысы кварц ГТС жұмысының бірнеше циклдарын қамтиды.

МП команда қосарлы сегіз разрядты сөздер түрінде беріледі. Команда жады ұяшықтары мекенжайларымен бірге жазылады, онда сандар сақталады. Бағдарлама машиналық командада тікелей жазылуы мүмкін, бірақ бұл процесс өте күрделі және шаршатады. Бұдан бақа, бағдарламаны кейінге қалдыру кезінде қиындықтар туындайды. Бағдарламалауды жеңілдендіру үшін Ассемблер, Фортран, ПЛ түріндегі тілдерді пайдаланады. Ол кезде машиналық команда бағдарламалары орындалатын команданың санын арттырады, және мәліметтерді өңдеу уақыты ұлғаяды. Сондықтан тез өтетін процессорлардан мәліметтерді өңдеуші бақылаушылар үшін машиналық командалардағы бағдарламалаулар керек.

Бақылаушылар үнемі күрделеніп отырады, және олардың ккптеген модификациялары бар. Олардың мәліметтерді орталық процессормен (диспетчерлік ЭВМ) ауысуға арналған құрылғылары бар. Әдетте басқарудың автоматтандырылған жүйесінде (АСУ) көп бақылаушылар бар. Орталық процессормен байланыс тікелей болады және жалпы мәліметтер шинасы арқылы (магистральдық интерфейс).

Персоналдық компьютер — қосу блогы, платасы, қатты дискі, ақпаратты оптикалық және магниттік дисктерде енгізу-шығару блоктары бар толық стационарлық сандық есептеуіш машинасы. Платасында сандық электрониканың негізгі элементтері орналасады: үлкеннен артық интегралдық сызба (СБИС) түріндегі орталық процессор; оперативтік жады тұрақты жады элементтері; өзінің микропроцессорлары бар бейнекарталар және дыбыс карталары; жиілікті көбейткіші бар кіріктірілген кварц генераторы. Қазіргі персоналдық компьютерлердің перифериялық құрылғыларды қосуға арналған құрылғылары мен розеткалары бар – мөрлер, дыбыс колонкалары, сканерлер. Сонымен қатар портативті жады (флэш-жады) немесе автономдық қатты дисктер сырттай қосылатын ақпарат алмасудың (USB-порттар) негізгі шинасына қосылу үшін әмбебап розеткалар бар.

Орталық процессор — барлық есептеулер жүргізілетін компьютердің негізгі микросызбасы. Қазіргі компьютерлерде басты, яғни орталық процессор (CPU) және бірнеше көмекшілері(бейнекартада, дыбыс картасында және т.с.с.) бар. CPU — бұл тұтас бір кристалды микросызба болғандықтан әдетте оны микропроцессор деп атайды, бірақ бұл қарапайым микроЭВМ және бақылаушыларда пайдаланылатын ол микропроцессор емес.

Компьютерде орнатылған орталық процессордың түрі ПК сапасын анықтайтын басты фактор болып табылады. Компьютердің есептеуіш мүмкіндіктері тек соған байланысты. Пайдаланылатын процессордың түріне және оның архитектурасына компьютердің барлық параметрлері және сипаттамалары байланысты.

Процессордың тез әсер етуі — бұл уақыт бірлігінде (секундына операциялар) микропроцессор орындайтын қарапайым операциялар саны.

Процессордың разрядтығы — бір уақытта өңделе немесе беріле алатын қосарлы кодтың максималдық саны.

Процессордың архитектурасы командалар жүйесін, адрестеу тәсілдерін, командаларды уақытпен орындауды біріктіру мүмкіндігін, микропроцессордың ұрамында қосымша құрылғылардың болуын, оның жұмыс принциптері мен режимдерін қамтиды. Архитектура ерекшеліктері бойынша микропроцессорлардың келесі түрлерін ажыратады:

- VLIW өте үлкен командалық сөзбен;
- CISC командалар жүйесінің толық жиынтығымен;
- RISC командалар жүйесінің сирек жиынтығымен;
- MISC командалар жүйесінің минималдық жиынтығымен.

Орталық процессордың құрамына келесі құрылғылар кіреді:

- арифметикалық-логистикалық құрылғы (сандық, логикалық және символдық ақпараттың барлық арифметикалық және логикалық операцияларын орындайды);
- басқару құрылғысы (компьютердің әртүрлі бөліктерінің өзара әрекет етуін үйлестіреді);
- микропроцессорлық жады (командаларды орындаудың тікелей жақын тактілеріне есептеулерде пайдаланылатын ақпаратты қысқа уақытқа сақтау, жазу және беру үшін арналған);
- кэш-жады (буферлік жады) — мәліметтерге арналған өзіндік жинақтаушы;
- командалар, мекенжайлар және мәліметтер шинасы.

Басқару құрылғысы келесі негізгі функцияларды орындайды:

- процессордың барлық блоктарына керек уақыт сәттерінде әртүрлі операцияларды орындау ерекшелігімен бөлектелген белгілі басқару сигналдарын (басқару импульстарын) құрастырады және береді;
- орындалатын операциямен пайдаланылатын жады ұяшықтары мекенжайларын құрастырады, және сол мекенжайларды тиісті процессор блогына береді;
- такті импульстер генераторынан процессордың барлық блоктарына басқару импульстары түсетін импульстар кезеңділігін алады

Микропроцессорлық жады ішкі тіркелімдерде құрылады және компьютердің тез әрекет етуін қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, өйткені негізгі жады тез әрекет ететін микропроцессордың тиімді жұмысы үшін қажетті ақпаратты жазу,

іздеу және оқу жылдамдығын үнемі қамтамасыз етпейді. Кейбір тіркелімдерге түскен мәліметтер мәліметтер ретінде емес, басқа тіркелімдегі мәліметтерді өңдеуді басқарушы командалар ретінде қарастырылады.

Қазіргі процессорларда к э ш - жа ды ны ң екі түрі пайдаланылады: бірінші деңгейдегі— шағын (бірнеше ондық килобайт) өте жылдам жады, және екінші деңгейді — шамалы ақырын, есесіне үлкен — 128 Кбайттан 2 Мбайтқа дейін.

Ко ма н да ла р ши на сы басқарушы дабылдарды жадыға және енгізу-шығару құрылғыларына беруге арналған. Бұл дабылдар мәліметтерді процессорға немесе одан беру бағытын көрсетеді).

Ме ке н жа й ла р ши на сы мекенжайды беруге арналған. Жады ұяшықтарының біріне немесе жүйеге кіретін енгізу-шығару элементтерінен біріне сәйкес келетін нақты мекенжайды шинаға орнату жолымен енгізу-шығару құрылғысының талап етілетін ұяшықты таңдау үшін ЦП пайдаланылады.

Мәліметтер ши на сы — ақпараттық магистраль, оның аркасында процессор мәліметтермен компьютердің басқа құрылғыларымен алмаса алады.

Тактті импульстардың кварц генераторы процессордың жұмыс тактін белгілейтін электрлік импульстардың кезеңділігін генерациялайды. Генерацияланатын импульстардың жиілігі процессордың және барлық есептеуіш машинасының такттік жиілігін белгілейді. Көршілес импульстар арасындағы уақыт үзіндісі машина жұмысының бір такт уақытын, немесе машинаның жұмыс тактін белгілейді.

Орталық процессордың негізгі ерекшелігі — оның әмбебаптылығы. Тиісті бағдарламалық қамтамасыз ету болған кезде орталық процессор кез келген жұмысты орындай алады, ол кезде мамандандырылған процессорлардың функциялары шектелген.

Pentium, Android және басқа микропроцессорлар қазіргі СБИС негізінде әртүрлі модификациядағы қазіргі компьютерлерді дайындайды.

Ұқсас архитектурасы тасымалданатын және портативтік компьютерлерде бар:

- ноутбук — тасымалданатын портативтік персоналдық компьютер. Стационарлық персоналдық компьютердің барлық функцияларын және сыртқы құрылғылардың қосылу мүмкіндігін орындайды;
- планшеттік компьютерлер — портативтік персоналдық компьютерлер. Алдымен портативтік қара-ақ планшеттік мүмкіндіктері шектелген компьютерлер пайда болды – тек кітапоқуға арналған. Қазіргі планшеттік компьютерледе түрлі-түсті экран бар және стационарлық персоналдық компьютерлік барлық дерлік

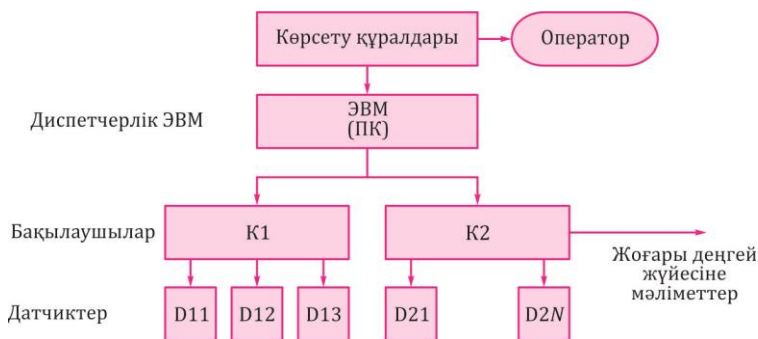
функцияларын орындайды. Оның қатты дискі жоқ, бірақ кіріктірілген сыйымдылығы 40 Гбайт жады (флэш-жады түрінде) құрылғысы бар. Сонымен қатар портативтік жады сыртқы құрылғыларын қосуға және Интернет желісінің радиоарнасына шығуға арналған USB-порты бар. Олардың жетілгендігі соншалық, олар ноутбуктер мен стационарлық компьютерлерді шеттетуді бастады;

- смартфондар — тасымалданатын ұялы телефондарға кіріктірілген портативтік біркристалды ЭВМ. Смартфондар түрлі-түсті экранмен, сенсорлы басқарумен, кіріктірілген фотоаппаратпен жабдықталған. Интернет желісімен радиоарна бойынша байланысы бар.

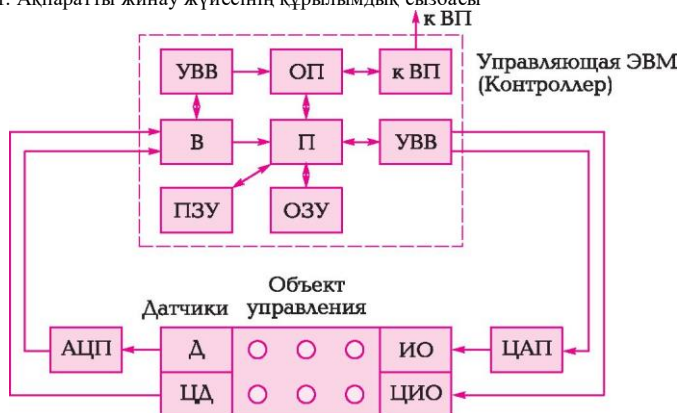
3.4. АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІ

Ақпараттық және басқарушы жүйелердің құрылымы олардың тағайындалуымен және орындалатын функцияларымен белгіленеді. Мысалы, көбінесе датчиктер деп аталатын сезімтал элементтерден (сенсорлардан) және түрлендіргіштерден тұратын ақпаратты жинау жүйесі бар.

Ақпаратты жинаудың құрылымдық сызбасы 3.12-суретте ұсынылған. Жүйені басқаруды ЭВМ диспетчері жүзеге асырады, ол K1 және K2 бақылаушылардан мәліметтер сұрайды, **Dj** датчиктерінен алынатын мәліметтерді алдын ала өңдейді, ақпаратты сақтайды және мәліметтерді монитор экранында (көрсету құралдарында) операторға ыңғайлы түрде ұсынады. Бақылаушылар бірнеше датчиктерге **Dj** алынатын дабылдарға сұрау жүргізеді, қарапайым өңдейді және ЭВМ диспетчерінен мәліметтерді алуға дейін сақтайды және мәліметтерді сұрау бойынша береді.



3.12-сурет. Ақпаратты жинау жүйесінің құрылымдық сызбасы



3.13-сурет. Бақылаушымен автоматты түрде басқару жүйесінің құрылымдық сызбасы:

П — процессор; ПЗУ және ОЗУ — тұрақты және оперативтік есте сақтаушы құрылғы сәйкесінше; Д және ЦД — датчиктер аналогты және сандық сәйкесінше; ИО и ЦИО — орындаушы құрылғылар аналогтылық және сандық сәйкесінше; УВВ — енгізу және шығару құрылғысы; ОП — оперативтік жады; ВП — сыртқы процессор; В — енгізу құрылғысы

Ақпаратты жинау жүйесінен айырмашылықта басқару жүйесінде (3.13-сурет) басқару объектісіне әсер ететін басқару құралдары және орындаушы құрылғылары бар. Оператор басқару процесіне бақылау жасай және жүйе параметрлерін ауыстыра алады. Сызбада көрініп тұрғандай, ақпараттық ағындар басқару жүйесінде маңызды рөл атқарады.

Ақпараттық және басқару жүйелерінен (САУ) басқа операторы жоқ, ал басқару процесі толығымен автоматтандырылған режимде объектілерді автоматты түрде басқару жүйесі бар.

Кәсіпорындардың және ұйымдардың аса күрделі автоматтандырылған жүйесінің макроқұрылымында бірнеше шағын

жүйелер бар, оларда өздері күрделі ақпараттық-басқару жүйелері бола алатын төменгі деңгейінің қарапайым жүйелерін САУ ұстайды.

Басқару ЭВМ және диспетчерлік ЭВМ біріктірмесі магистральдық интерфейспен біріктірілген есептеуіш желісін құрастырады.

Интерфейс — ЭВМ модульдерінің және сыртқы құрылғылардың өзара қызмет етуін жүзеге асыратын унифицирленген аппараттық, бағдарламалық және конструктивтік құралдар жиынтығы.

Салалық ақпараттық есептеуіш жүйелерінің қарқынды дамуын атап өтуге болады (банк, коммуналдық, әскери, электр энергетикалық және т.с.с.) Корпоративтік және қызметтік желілер ерекшелігі олардың жабықтығында және ақпараттың конфиденциалдығында, ол басқаруға және ақпараттық ресурстарға санкциясыз қол жеткізуді техникалық және бағдарламалық құралдар құру қажеттілігіне әкеледі. Бірақ ұйымның иерархиялық емес принциптері түгел дерлік өзгеріссіз қалады.

Қорыта келе импульстық сандық техника тұрмыста, өнеркәсіпте және телекоммуникациялық желілерде ұжымдық пайдалануда кең қолдау тауып отыр, сондықтан сандық құрылғылардың құрылу жалпы принципін, олардың ерекшеліктерін, қолдану аясын және негізгі параметрлерін білу маңызды. Электрондық техниканың прогрессивті дамуы микросызбалардың функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту, интеграция деңгейін арттыру, тұтынатын қуаттылықтың әсер етуін жоғарылату, тұтынуларын төмендету бағытында келе жатыр. Бұл бағыттар нанотехнология саласында, және әсіресе жаңа материалдар және жаңа үлкен өлшемді электрондық құрылымдар жасау бойынша жұмыстармен қолдау алып отырады.

Бақылау сұрақтары

1. Логикалық элемент нені білдіреді? Олар орындайтын негізгі логикалық элементтер мен операцияларды атаңыз.
2. Қандай жартылай өткізгішті құрылымдарда И, ИЛИ, НЕ логикалық элементтері жасалады?
3. И-НЕ әмбебап логикалық элементінің артықшылығы неде және ол қалай жүзеге асырылады?
4. МОП технологиясы бойынша И—НЕ әмбебап логикалық элементтің артықшылығы неде?
5. Триггерді неге есте сақтаушы құрылғы және қайта қосушы ретінде пайдалануға болады?
6. Триггерлер түрлерін және олардың ерекшеліктерін атаңыз.
7. Триггерлерді пайдалану саласын қандай?
8. Қандай логикалық құрылғыларды және микросызбаны

білесіз? Олардың ерекшеліктері қандай?

9. Импульстық сандық технология қай жерде пайдаланылады?
10. ЧЖады тіркелімі деген нені білдіреді. Ол қандай элементтерден тұрады?
11. АЦП және ЦАП нені білдіреді және олар қай жерде қолданылады
12. Процессордың, бақылаушының және ПЭВМ ұқсастығы және айырмашылығы неде?
13. Ақпаратты жинау жүйелері мен басқару жүйелерінің ұқсастығы мен айырмашылығы неде?
14. САУ АСУ айырмашылығы неде?

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ АППАРАТТЫҚ ҚҰРАЛДАРЫ

4.1. ҚОСЫЛУ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ ТҮЗЕТКІШТЕР

Электрондық құралдар мен құрылғылардың жұмысы үшін бірінші және екінші болып бөлінбейтін қосылу көздері керек:

- біріншілерге тікелей электр энергиясын өңдейтін көздер жатады (аккумуляторлар, батареялар, күн батареялары, тұрақты және ауыспалы ток генераторлары);
- екінші қосылу көздері бірінші көз (желі) энергиясын нақты электр қондырғыларының, радиоэлектрондық аппаратураның, өлшеу құралдарының және т.с.с. қосылу энергиясына қайта түрлендіреді.

Кеңінен қолданылатын электрондық құрылғыларды және тұрмыстық радиоэлектрондық аппаратураны қосу негізінде ауыспалы желі кернеуінің (220 В) энергиясын 5, 9, 12, 15 немесе 27 В номиналдық кернеулері бар тұрақты ток энергиясына қайта түрлендіретін өсірудің екінші көздерімен жүзеге асырылады.

Электрондық аппаратураны қуаттылығы бойынша ажыратады: қуаттылығы төмен (10 Вт дейін — тасымалданатын радиоқабылдағыштар), орташа қуаттылықтағы (10 –нан 300 Вт дейін — дыбыс аппаратурасы және теледидарлар), үлкен қуатталықтағы (300-ден 1 000 Вт дейін — қуатты дыбыс аппаратурасы, радиохабарлағыштар).

Электрондық техникада сонымен өатар кернеулер мен жиіліктер түрлендіргіштерін қолданады. Әсіресе, тұрақты кернеуді берілген жиіліктің ауыспалы кернеуіне түрлендіруді инветор деп атайды. Мұндай түрлендіргіштер авиациялық техникада таралған, онда трансформаторлардың және қозғаушылардың массасын азайту үшін стандартты емес 400 Гц жиілігін пайдаланады.

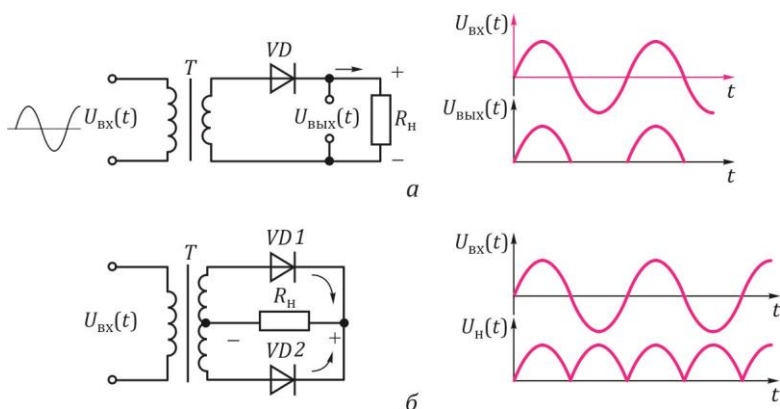
Типтік екінші қосылу көзінің құрылымдық сызбасы 4.1-суретте келтірілген.

Бұл сызбада сөндіргіші бар тізбек V_k және сақтандырғыш Пр желілік кернеуді қосу және сөндіру үшін қажет. Аппаратурадағы тоғысудан қорғау сақтандырғыштың көмегімен жүзеге асырылады. Трансформатор T аппаратура үшін талап етілетін қосылу кернеуіне дейін желі кернеуін төмендетуге қызмет етеді. Түзеткіш Вп диодтардың көмегімен ауыспалы кернеуді бір полярлы пульсті кернеуге түрлендіреді. Жазылатын сүзгі СФ RC - және RLC -тізбектерінің негізінде құрылады және қосылу кернеуінің пульсін төмендету қамтамасыз етеді. Тұрақты кернеудегі стабилизатор СПН кернеудің пульсін ұруды төмендеуді, сонымен қатар желілік кернеудің тербелістері болған немесе жүктеме тізбегіндегі тоқ өзгерістерінің шығу орнындағы тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Қажет болған жағдайда тұрақтандыруды қамтамасыз ету міндетін тұрақты тоқ стабилизаторы СПТ орындайды. Тұтынылатын қуаттылық және жүктеме N тоғы кең шектерде өзгереді. Сол кезде жүктеменің ішкі тойтарыс беруі өзгереді, ол қосу көзінің шығу орнында кернеудің тез түсуіне әкеледі.

Қосылу көздері – түзеткіштердің аса күрделі элементтерінің мүмкін болатын сызбаларын және жұмыс істеу принциптерін қарастырамыз.

Түзеткіштер басқарылатын және басқарылмайтын, бір фазалы және үш фазалы болуы мүмкін. Олардың сонымен қатар тегістеуші сүзгісі және шығу тоғын немесе кернеуді тұрақтандыру құрылғысы бола алады.

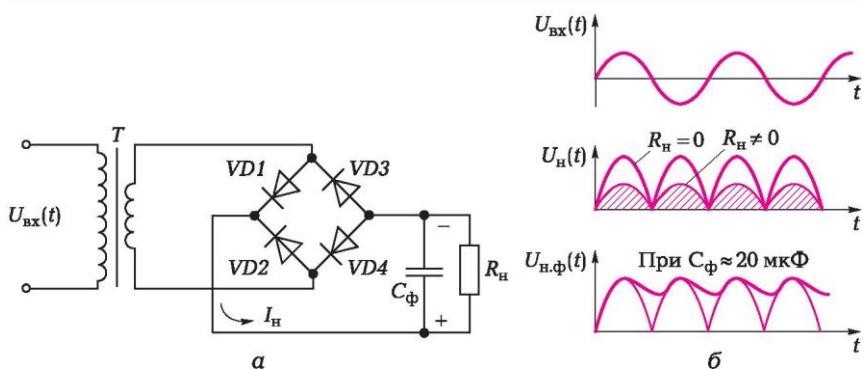
Бір фазалы басқарылмайтын түзеткіштер. Жартылай кезеңді және екі кезеңді түзеткіштердің кіру және шығу орындарында электрлік сызбалары және кернеулерінің диаграммалары 4.2-суретте келтірілген. 4.2-суреттің a диаграммасында диодтың кіру кернеуінің $u_{вх}(1)$ дұрыс жартылай кезеңдігін ғана жіберіп тұрғаны және түзеткіштің шығу орнында пульсті кернеу $u_{вых}(t)$ бақыланатыны анық көрініп тұр. 4.2-суреттегі сызбада, b диодтар трансформатордың екінші орамында орта нүктеден фазасы бойынша 180° жылжыған екі жартылай кезең кернеуін алдыға жіберуде (уақыт бойынша кезеңнің жартысына).



4.2-сурет. Жартылай кезеңді (а) және екі кезеңді (б) түзеткіштерінің электрлік сызбасы және кернеулер диаграммасы

Бұл жағдайда $U_H(t)$ жүктемесінде кернеудің пульстенуі айтарлықтай төмендейді.

Қазіргі уақытта жүктемеде кернеудің пульстенуі трансформаторды орта нүктеден пайдалануды талап етпейтін екі жартылай кезеңдегі түзеткіштердің 4.3-сурет, а) **көпірлі** сызбасы ең көп тараған. Мұндай түзегіште диодтарда кері кернеу жартылай кезеңде максималдық кернеуден аспайды, ал екі жартылай кезеңді түзеткіште диодтарда кері кернеу трансформатордың екінші орамының екі еселенген кернеуіне жақын.

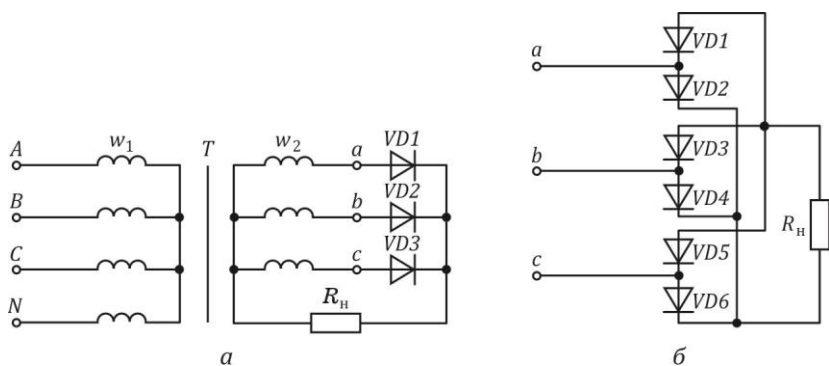


4.3-сурет. Екі жартылай кезеңдік түзеткіштің электр көпірлі сызбасы (а) және кернеулер диаграммасы (б)

Диодтық көпірлі сызбалар ауыспалы кернеу мен жүктеменің біріккен орнын көрсете отырып монолитті жинақтар түрінде орындалады.

Егер екі жартылай кезеңді түзеткіштің шығу орнында үлкен сыйымдылықтағы C_f конденсаторды орнатса, ол қарапайым түзетуші сүзгі-жинақтаушы рөлін атқарады. $U_K(t)$ жүктемесінің кернеуін өзгерту қалыңдатылған тұтас сызықпен 4.3-суретте, **б** көрсетілген. Диодтардағы тоқтар тек бір бағытта өтетін болғандықтан диодтар тек бір бағытта конденсатор зарядта өтеді, онда жартылай кезеңде кернеудің максималдық мағыналары сәтінде конденсатор шамалы зарядталады, ал кернеулер максимумдары арасындағы аралықта ол баяу ішкі тойтарыс берумен J_n разрядталады. Сүзгі-жинақтаушылар ретінде әдетте талап етілетін кернеу номиналы бар үлкен сыйымдылық электролиттік конденсаторларын пайдаланады. Жүктеме қуаттылығына және кернеудің тұрақтылығы бойынша талаптарға байланысты шығу орнында конденсатор сыйымдылығын 20-ден 200 мкФ дейін таңдайды. Мұндай сүзгі-жинақтаушы кернеу пульсін жақсы ажырататынын, бірақ оның деңгейінің шығу орнында жоғары тұрақтылығын қамтамасыз ете алмайтынын айта кету керек. Кернеудің сүзгілері мен стабилизаторларының аса күрделі сызбалары әрі қарай қарастырылады.

Үш фазалы басқарылмайтын түзеткіштер. Көптеген электр техникалық құрылғыларда үш фазалы ауыспалы кернеу пайдаланылады, оны қайта құру үшін үш фазалы трансформатордан нөлдік шығу орнымен үш фазалы түзеткіш қолданылады (4.4-сурет, а) Мұндай түзеткіште әр диод өз фазасы кернеуінің тербелуінің дұрыс жартылай кезеңдіге ғана ток өткізеді: **A, B** және **C**.



4.4-сурет. Үш фазалы түзеткіштердің электр сызбасы: **а** — трансформатормен; **б** — көпірлі

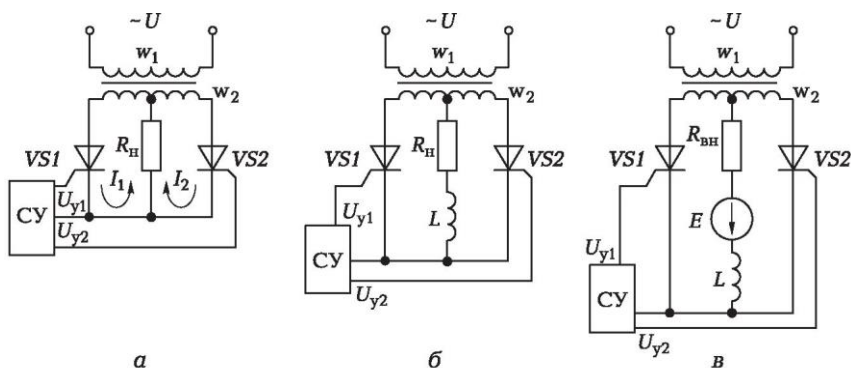
Фазалардағы кернеу 120° С жылжып кеткен, түзетілген тоқтар салынады, және шығу орнында пульсы аз дұрыс кернеу қалыптасады.

Осыған ұқсас түзеткіштердің трансформаторлық сызбаларын түзетілген кернеуді бір уақытта төмендету немесе жоғарылату керек болғанда пайдаланады. \

4.4-суретте, **б** бестрансформаторлық түзеткіштің көпірлі сызбасы көрсетілген. Мұндай сызбада нөлдік шығару керек емес, өйткені дұрыс фазалардың бір жартылай кезеңдігі қайта қосылған басқа екі фазаның диодтары арқылы қосылады. Осындай түзеткіштің түзетілген кернеуінің максималдық мағынасы $0,7U_{\max}$ құрайды (онда $U_{\max}$ — жолақты фазааралық кернеу амплитудасы).

Көп фазалы басқарылмайтын түзеткіштерді орта және үлкен қуаттылық жүктемесі кезінде қолданады (жүздеген шақырымдағы токтар кезінде жүздеген киловаттқа дейін). Басқарылмайтын түзеткіштердің КПД 98 % жетеді.

Басқарылатын түзеткіштер. Жиі электр құрылғыларының жұмысы үшін жүктеменің жұмыс режиміне байланысты кернеуді немесе тоқты өзгерту талап етіледі. Ол үшін қуатты транзисторлар және тиристорлар түріндегі басқару құрылғылары бар тоқ реттеушісін пайдаланады (4.5-сурет). Тиристорлық сызбалар әсерлірек, өйткені олар бір элементте бір уақытта түзегуді және басқаруды қамтамасыз етеді. Сонымен қатар түзеткіштердің оптоэлектрондық сызбалары қолданылады, онда басқару жарықпен жүзеге асырылады.



4.5-сурет. Тристорлармен басқарылатын түзеткіштердің электр сызбалары: *а* — екі жартылай кезеңділік; *б* — тегістеуші сүзгішпен; *в* — аккумуляторларды зарядтау үшін пайдаланылатын

Басқарылатын түзеткіштерде басқарылмайтындағы сол сызбалар пайдаланылады, бірақ диодтарды тиристорлармен ауыстырады (басқару желдеткіштерімен). Тиристорларды қосу бағдарламасы басқару жүйесімен (СУ) кернеумен немесе токпен беріледі.

4.2. ТЕГІСТЕУШІ СҮЗГІЛЕР

Тегістеуші сүзгілер түзеткіш жүктемесінде кернеудің пульсін азайту үшін қызмет етеді. Сонымен бірге олар үнемі тоқ құрамдасының өтуін төмендетпеуі керек, өйткені ол жылуды жоғалтуға қосылу көзі КПД төмендетуге әкеледі.

Маңызды сипаттама сүзгі шығу орнындағы кернеу пульстеуінің коэффициенті болып табылады, ол U_0 : $K_{\Pi} = U/U_0$ шығу кернеуін орташа тұрақты құрастырушысына шығу кернеуінің бірінші гармоникасы U_T амплитуда қатынасы ретінде белгіленеді.

Тегістеуші сүзгі болмаған кезде үлкен белсенді жүктеме кезінде (яғни жүктеменің төмен тойтарыс беруі) тегістеуші фильтр жоқ болғанда пульстеу коэффициенті көп белгілерді білдіреді. Жақсы сүзгі қосып қойғанда пульстеу коэффициенті 0,001 белгіге дейін түседі, яғни кернеу тербелісі түзеткішке сүзгімен шығу орнында 0,1% болады.

Сүзгі жұмысының әсерлілігін тегістеу коэффициентімен бағалайды:

$$K_{\Pi B} = K_{B, \text{шығ}} / K_{\Pi H} \quad (4.1)$$

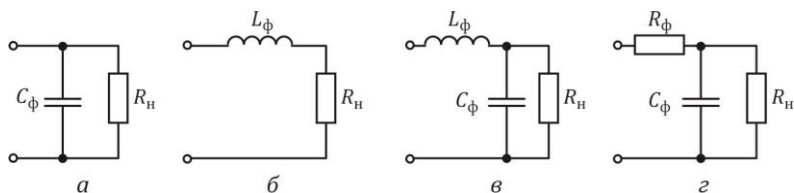
онда $K_{\Pi, \text{вых}}$ и $K_{\Pi H}$ — түзеткіштің шығу орнында және жүктемеде кернеу пульсінің коэффициенті (яғни сүзгінің кіру және шығу орындарында).

Пульстеу коэффициентін және сапалы сүзгінің тұрақты құраушылары өзгермейтіндігін анықтау үшін тегістеу коэффициентін келесі түрде жазуға болады:

$$K_{\text{сф}} = U_{T, \text{вых}} / U_{T, H}. \quad (4.2)$$

онда $U_j^{\wedge} j_x$ и $U_{Tn i}$ — тегістеуші шығу орны мен жүктемеде бірінші гармоникалық кернеу амплитудасы (яғни сүзгіге кіру және шығу орнында).

Сыйымдылықты және индуктивті сүзгілер. Қарапайым сыймдылық сүзгісінің сызбасы 4.6-суретте, **a** келтірілген. Сүзгіні тегістей коэффициенті түзетілетін жиіліктер, сүзгі сыйымдылығы және жүктеме тойтарыс беруі өскен кезде артады:



4.6-сурет. Сүзгілердің электр сызбалары:

а — сыйымдылықты; **б** — индуктивті; **в** — Г-түріндегі LC; **з** — Г-түріндегі RC

$K_{с.ф} = \gamma C_{\phi} L_H$, онда γ — жиілік; C_{ϕ} — конденсатор сыйымдылығы; I_H — жүктеменің тойтарыс беруі.

Бұл сүзгі аз тұтыну қуаттылығында және үлкен тойтарыс беру жүктемесінде әсерлі.

Қарапайым индуктивті сүзгінің электр сызбасы 4.6-суретте, б келтірілген. Сызбада сүзгі индуктивтігі мыс сымынан шарғы түрінде жүктемемен кезектеліе қосылған. Кейде бітеу темір немесе бақа ферромагниттік өзегінде жабық шарғы (дроссель) пайдаланылады. Тұрақты ток үшін бұл шарғының тойтарыс беруі аз, сондықтан тұрақты ток ол арқылы ештеңені жоғалтпай өтеді. $K_{с.ф}$ сүзгісін тегістеу жоғары коэффициентін алу үшін бірінші гармоника үшін импеданс құраушы ауыспалы бойынша тойтарыс беру үлкен болуы керек. Индуктивті сүзгіні тегістеу коэффициентін $K_{н.ф} \sim \gamma L_H$ түрінде аламыз, онда **бф** — сүзгі шарғысының индуктивтігі.

Осы мағынаға сәйкес индуктивті сүзгі үлкен жиіліктерде, үлкен индуктивтікте және жүктеменің аз тойтарыс берулерінде әсерлі. Түзетілетін кернеу жиілігі γ қаншалықты көп болса, шарғының немесе дроссельдің талап етілетін индукциясы B_{ϕ} аз болады. Сәйкесінше олардың массасы мен габариттік өлшемдері кіші болады. Сондықтан ұшақтарда, тікұшақтарда және басқа ұшу аппараттарында 400 Гц желілік жиілігі пайдаланылады. Осындай желілік жиілікте 50 Гц тұрмыстық желісінің стандарттық жиілігінде жұмыс істейтін эквивалентті қуаттылықтағы ұқсас құрылғылармен салыстыру бойынша трансформаторлар және қозғаушылар пайдаланылатындардың барлығының массасы және габариттік өлшемдері аз. 400 Гц жиілігін пайдаланудың жетіспеушілігі дроссельдерден және трансформаторлардан шығатын үнемі қатты дыбыс болып табылады.

Г-тәрізді, П-тәрізді және белсенді тегістеуші сүзгілер. **Сыйымдылығы бар** Г-тәрізді индуктивті сүзгінің электр сызбасы (бс-сүзгі) 4.6-суретте келтірілген. Бұл сүзгі екі сүзгіні кезектеп біріктіру түрінде орындалған: 4.6 суретте көрсетілген.

Осы екі сүзгілердің нәтижелі келісуінің сипаттамасы Г-тәрізді LC-сүзгішке тегістеудің үлкен коэффициентін қамтамасыз етеді:

$$K_{г.ф.} = K_{и.ф.} K_{с.ф.}$$

онда $K_{и.ф.}$, $K_{с.ф.}$ — индуктивті және сыйымдылықты сүзгілерді тегістеу коэффициенті сәйкесінше.

Осы формулаға C- және L-сүзгілеріне арналған белгіні қойып мынаны аламыз

$$K_{г.ф.} = \omega^2 L_{ф} C_{ф}$$

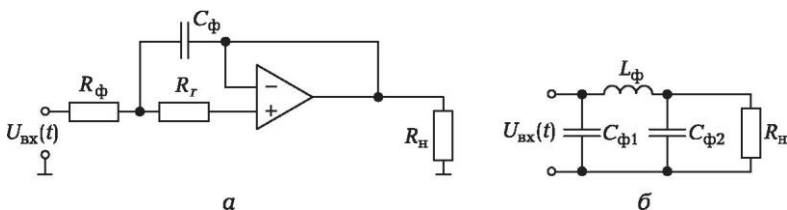
Алынған белгіден Г-тәрізді сүзгіні тегістеу коэффициенті жүктеменің тойтарыс беруіне байланысты емес екенін білеміз. Бұл қуаттылығы, сәйкесінше, ішкі тойтарыс беруі кең шектерде өзгере алатын көптеген құрылғылар (күшейткіштер, генераторлар және реттеушілер) үшін маңызды.

Соңғы формулада тегістеуші тізбек параметрлері үшін белгіні табамыз: $L_{ф} C_{ф} = K_{г.ф.} / \omega^2$.

Г-тәрізді сүзгілер жүктеменің үлкен тоқтарында пайдаланылады, өйткені маңызды үнемі тоқ кезінде де дроссельдегі жоғалтулар маңызды емес.

Жүктеменің тоғы аз кезінде көбіне Г-тәрізді RC-сүзгісін пайдаланады, оның сызбасы 4.6-суретте, 2 келтірілген. Г-тәрізді RC-сүзгілерімен салыстырғанда Г-тәрізді сүзгілерде габариттік өлшемдер мен масса аз. Бірақ үлкен тоқ кезінде мұндай сүзгі резисторда үлкен шығындар береді. Г-тәрізді RC-сүзгісінің тегістеу коэффициентін арттыру үшін өзіне операциялық күшейткіш түріндегі белсенді элементті қосатын белсенді сүзгілерді пайдаланады.

Операциялық күшейткішпен белсенді RC-сүзгісінің сызбасы 4.7-суретте, а келтірілген. Мұндай сүзгі төменгі жиіліктерді тегістеу кезінде әсерлі. Бұл сүзгіні тегістеу коэффициенті K рет интеграциялау тізбегінің әсерлі сыйымдылығын арттыру есебінен артады (мұнда K — ОУ күшейткішінің күшейткішіне коэффициент).



4.7-сурет. Белсенді (а) және П-тәрізді (б) сүзгілердің электр сызбалары

Өйткені K әдетте 10-нан 100-ге дейін құрайды, әсерлі сыйымдылық және тегісей коэффициенті $K_{исф}$ сол ретке дейін өседі.

Тегістеу коэффициентін арттыру үшін П-тәрізді (4.7-сурет, б) және көп тізбекті сүзгілерді пайдаланады.

4.3. КЕРНЕУДІҢ ЖӘНЕ ТОҚТЫҢ СТАБИЛИЗАТОРЛАРЫ

Радиоэлектрондық құрылғылардың және байланыс-өлшеу аппаратурасының көбі қосылудың тұрақты үнемі кернеуін талап етеді.

Кернеу стабилизаторларының сипаттамасы. Кернеу тұрақтылығына талап тұрақсыздық коэффициентімен беріледі:

$$K_{нс} = \Delta U_n / U_n,$$

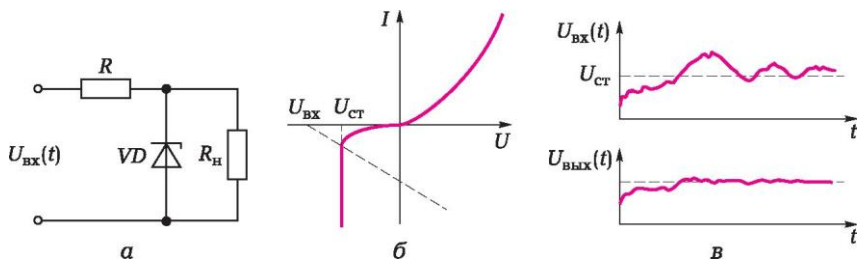
онда ΔU_n — қосылу кернеуін талап етілетін кернеуден U_n алшақтау.

Кейбір жағдайларда тұрақсыздық коэффициенті 0,01 % аспауы керек. Бұл шартты тегістеуші сүзгінің көмегімен орындауды қамтамасыз ету желідегі кернеудің тұрақсыздығының салдарынан қиын. Сүзгілерге қойылатын жоғары талаптар олардың массасының және габариттік өлшемдерінің өсуіне, КПД төмендетуге, құнын арттыруға келтіреді. Сондықтан, әдеттегідей, қосылу көзінің сызбасына оптималдық конструкцияны сүзгеннен кейін кернеудің тұрақты стабилизаторын қосады.

Кернеу стабилизаторының жұмысын сипаттайтын негізгі параметр шығу кернеуінің пульстеуінің коэффициенті болып табылады. Мәні бойынша ол пайыздарда көрсетілген кернеудің тез өзгерістеріне қатысты тұрақсыздық коэффициентін ұсынады. (Пульстеу — бұл кернеу стабилизаторы шығу орнында кернеудің тез өзгеруі).

Жалпы жағдайда тұрақты ток стабилизаторының жалпы жағдайында келесі параметрлерді сипаттайды:

- пульстеу коэффициенті, %, $K_{п} = 100K_{нс} = 100\Delta U_n / U_n$;
- тұрақты жүктеме кезінде шығу кернеуін тұрақтандыру коэффициенті (при $J_n = \text{const}$);
- стабилизатордың шығу орнында тойтарыс беруі $I_{вх} = \text{const}$) $\Delta U_{вх} = \Delta U_n / \Delta I_n$;



4.8-сурет. Стабилитрон негізінде параметрлік стабилизатора: *а* — электр сызбасы; *б* — стабилитрон BAX; *в* — кернеу диаграммасы

■ стабилизатордың пайдалы әрекетінің коэффициенті $\eta = P_H / P_{BX} = U_H 4 / (U_{BX} 4_X)$.

Тұрақты кернеудегі параметрлік тұрақтандырғыш. Қарапайы стабилизатор стабилитрон негізінде кернеудің параметрлік стабилизаторы, оның сызбасы 4.8, а суретте келтірілген.

Стабилизаторлар сипаттамасы жолақтық емес элемент параметрлеріне – стабилитронға байланысты. BAX стабилитронның ерекшелігі (4.8-сурет, б) кернеу тоққа байланысты болмайтын жерде теріс кернеулер саласындағы стабилитрон учаскесінің болуы болып табылады. Әр стабилитронның өзінің белгілі кернеуі бар стабилизация кернеуі U_{CT} белгілейді: $U_{CT} \gg U_{пр}$. Стабилитрон кезеңмен сөнетін тойтарыс берумен R және параллельді жүктемеге қатысты қосылады (4.8-сурет, а). Әдетте стабилизатордың кір орнындағы кернеу стабилитрон кернеуінен артық $U_{пр}$ (кернеуі U_{CT}), сондықтан стабилитронда жүктемедегі тоққа параллельді әлсіз тоқ өтеді. Бұл тоқтар кернеудің AUR R тойтарыс беруінде түсуін жасайды. Ол кезде жүктемедегі кернеу U_{CT} стабилизатордың кіру кернеуінен U_{BX} төмен болады. Егер стабилизатордың кіру орнында ұлғайса, онда стабилитрон арасынан өтетін тоқ сәйкесінше ұлғаяды, ол кернеудің R тойтарыс беруіне төмендеуді және артық кернеуді жоюды көбейтуге әкеледі (4.8-сурет, в). Егер табилизатор кіру орнында азаятын болса, онда стабилитрондағы тоқ та, және сәйкесінше R тойтарыс беруде кернеудің төмендеуі азаяды. Нәтижесінде жүктемедегі кернеу тұрақталады.

Жүктемедегі тоқты өзгерту кезінде стабилизатор тоғының бөлігі жүктемеге ауысады, ол кезде жүктемедегі (және стабилитрондағы) кернеу стабилитрон учаскесіндегі кернеудің тоққа байланысты болмауының арқасында тұрақты болып қалады.

Сөніп жатқан тойтарыс берудің R мағынасы стабилизация коэффициентінен және жүктеме қуаттылығынан талап етілетін (әдетте 6-дан бастап 120 Ом дейін) тұрақтандыру кернеуінің мағынасына

байланысты таңдалады. Тойтарыс беру R қаншалықты көп болса, $K_{ст}$ да жоғары, бірақ ол кезде стабилизатордың шығу кернеуі түседі. Әсіресе ток жүктемесі артқан кезде $I_{вых}$ қатты т.седі.

Стабилитрон параметрлері де талап етілетін кернеуді стабилизатор шығу орнында және жүктеменің рұқсат етілген токтарын ескерумен іріктелуі керек. Көптеген компенсациялық токтарда стабилизатордың КПД оны қыздыру салдарынан құлайды, сондықтан жылуды жіберу үшін радиатор керек; аз токтарда кернеу тербелістерінің стабилизациясының диапазоны шектеледі. .

Барлық айтылғандардан параметрлік стабилизаторлар сызбасы тек осал тізбектер (аз қуаттылық құралдары) үшін пайдаланыла алады.

Стабилитронда параметрлік стабилизаторлардың коэффициенті 50 аспайды. Параметрлік стабилизаторлардың жетіспеушілігі шығу кернеуін қалыппен реттеу мүмкіндігінің болмауы және кірң кернеуіне қатты байлау болып табылады.

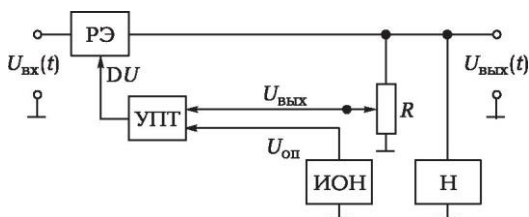
Сонымен бірге параметрлік стабилизаторлар орындауда қарапайым және сенімді. Олар тұрмыстық аппаратурада жиі қолданылады.

Тұрақты кернеудегі компенсациялық стабилизаторлар. Стабилизацияның жоғары коэффициентін қамтамасыз ету үшін ($K_{ст} > 1000$) компенсациялық стабилизаторды пайдаланады. Мұндай стабилизатор кері байланспен автоматты реттеудің жабық жүйесін ұсынады, онда шығу кернеуі эталондық тірек кернеуімен салыстырылады.

Реттеу элементінің қосылу тәсіліне байланысты кезеңдік және параллельдік түрлердегі компенсациялық стабилизаторлар деп бөледі.

Кернеудің компенсациялық стабилизаторының кезеңдік түрдегі құрылымдық сызбасы 4.9-суретте келтірілген. Бұл сызба келесі түрде жұмыс істейді. Шығу кернеуінің мағынасы $I_{вых}$ мұнда тірек кернеуінің көзінің (ИОН) эталондық тірек кернеуімен $U_{он}$ салыстырылады. Келісуден бас тарту дабылы $AU = I_{вых} \cdot R - I_{оп}$ тұрақты токтың (УПТ) күшейткішімен күшейтіледі және реттеуші элементке (РЭ) әсер етеді, ол үшін әдетте транзистор пайдаланылады. Реттеу элементінің ішкі тойтарыс беруі дабыл әсерінен өзгереді және оның мағынасын тірек кернеуінің мағынасына жақындай отырып шығу кернеуін реттейді.

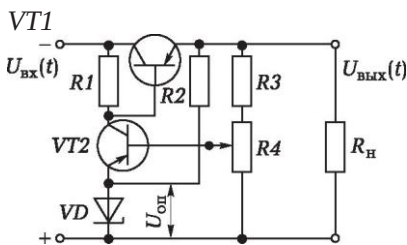
4.9-сурет. Кезеңдік типтегі кернеуді компенсациялық стабилизатордың құрылымдық сызбасы



Тірек кернеуі шығу орнымен салыстырғанда төменірек болуы мүмкін. Бұл жағдайда потенциометр R орнатылады, оның көмегімен шығу кернеуі салыстыруды орындау үшін төмендейді. Ол потенциометр жүктемеге (H) берілетін тұрақты кернеуді байыппен реттеу үшін пайдаланыла алады.

Компенсациялық стабилизатордың екі транзистордағы кезеңділік түрдегі электрлік сызбасы 4.10-суретінде келтірілген. Мұнда транзистор $VT1$ реттеу элементінің рөлін ойнайды. Транзистор $VT2$ келістірмеу дабылын күшейткіш болып табылады. Салыстыру үшін қызмет көрсету кернеуін тірек кернеуімен бөлуші $R3, R4$ резисторларында құрылады. Ол стабилизатордың шығу орнында кернеуді байыппен реттеуді қамтамасыз етеді. Әдетте компенсациялық стабилизаторларда тірек кернеуінің көзі болып $VT2$ транзисторы үшін қосылу көзі болып табылатын қосымша шығу көзі қызмет етеді. Бірақ бұл сызбада салыстыруға арналған кернеу база мен эмиттер арасындағы кернеудің құлауы есебінен қалыптастырылады, ол стабилитрон VD берген тірек кернеуімен $U_{оп}$ теңестіріледі.

Сызба келесі түрде жұмыс істейді. Кіру орнындағы кернеу ұлғайтылсын және $I_{вх} + A_{и_{вх}}$ құрасын. Ол кезде $VT1$ транзисторы арқылы ток транзистор арқылы өсе бастайды, сәйкесінше, $VT2$ транзисторы базасындағы кернеу де өседі, ол $VT1$ транзисторының базасында бекітпелі дұрыс әлеуеттің ұлғаына әкеледі.



4.10-сурет. Кезеңдік типтегі компенсациялық стабилизатордың электр сызбасы

Ондағы тоқ кіру кернеуін толықтыра отырып азая бастайды. Нәтижесінде транзистордың ішкі тойтарыс беруі **VT1** көтеріледі және шығу орнындағы кернеу тұрақталады.

Кіру кернеуін азайтқан кезде сызба жұмысы кері бағытта жүргізіледі. Ол жағдайда транзистор **VT1** соңғы кезекте ашығырақ жағдайға ауысады, ол кіру орнындағы кернеудің түсуінің орнын толтырады және жүктемеде берілген тұрақты кернеуді қамтамасыз етеді.

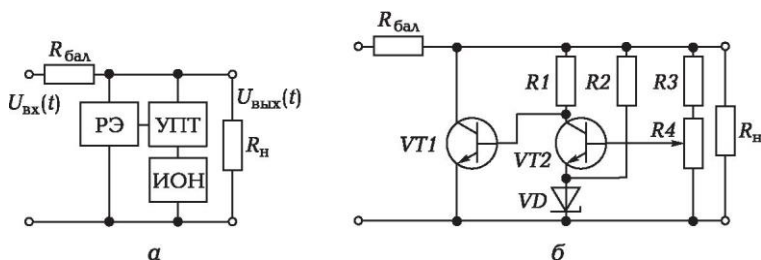
Соған ұқсас жүктеме тоғын азайту немесе көбейту кезінде шығу орнындағы кернеу компенсациясының сызбасы жұмыс істейді. Жүктеме тоғы төмендегенде транзистордың **VT2** коллекторлық әлеуетінің әрекет етуімен оның ішкі тойтарыс беруін ұлғайту есебінен транзистордың **VT1** тоғының төмендеуіне әкеледі, жүктемедегі кернеу тұрақты болып қалады. Жүктеме тоғының ұлғаюы транзистор **VT1** тоғын кері байланыс есебінен транзистор **VT2** арқылы қлғайтуға әкеледі және жүктемеді кернеудің төмендеуінің орнын толтырады. Сәйкесінше, кернеудегі жүктеме тағы да тұрақты болып қалады.

Транзистор **VT1** тоғы бойынша күшейткіш коэффициентін күшейту кернеудің тұрақтану коэффициентінің ұлғаюын қамтамасыз етеді. Бірақ үлкен күшейткіш коэффициенті кезінде сызба өздігінен қозуы мүмкін.

Тоқ бойынша күшейткіш коэффициентін күшейту үшін транзисторды **VT1** құрамдаспен ауыстыруға болады, яғни күшейту коэффициенттері p_1 және p_2 болатын екі транзистордан тұратынымен. Құрамдам транзисторының күшейткіш коэффициенті $p_c = p_1 p_2$. Құрамдас транзисторды пайдалану кернеу тұрақтандырғыштарын бірнеше мыңға тұрақтандыру коэффициенттерімен пайдалануға болады.

Компенсациялық стабилизатордың параллельдік типтегі құрылымдық сызбасы 4.11-суретінде, **а** көрсетілген. Бұл сызбада келісімдеу дабылының күшейткішімен тірек кернеуінің көзі және салыстыру құрылғысы бар, бірақ кезендік типтегі сызбаға қарағанда реттеуші элемент параллельдік жүктемеге қосылған. Сызба шамамен стабилитрон негізінде жұмыс істейтін сызбадағыдай жұмыс істейді: келіспеу дабылы күшейткіштің кіру орнына, одан кейін стабилизатордың шығу кернеуі тірек кернеуімен теңестірілмегенге дейін тоқты көбейте немесе азайта отырып реттеуші элементке түседі.

Компенсацияланған стабилизатордың параллельді түрндегі электр сызбасы екі транзисторда 4.11-суретте, **б** келтірілген.



4.11-сурет. Параллельді түрдегі кернеу компенсациялық стабилизаторының құрылымдық (а) және электрлік (б) сызбалары:
 $R_{бал}$ — балласттық тойтарыс беру

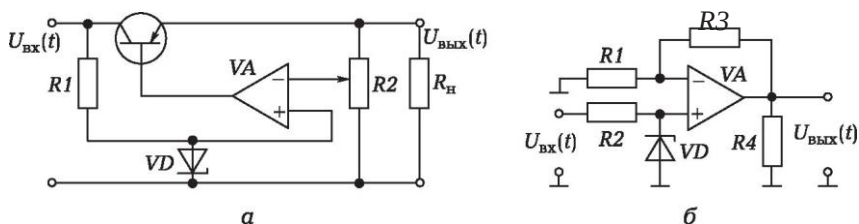
Сызба келесі түрде жұмыс істейді. Мысалы, кіру орнындағы кернеу ұлғайды. Сәйкесінше, потенциометрдегі кернеу де ұлғая бастайды, ол транзистордың $VT2$ базасында кернеудің ұлғаюына әкеледі, яғни, оның коллекторлық тоғының, және транзистордың $VT1$ коллекторлық тоғының, ол, өз кезегінде, стабилизаторға және жүктемеге шығудағы кернеудің тұрақтануын қамтамасыз етеді. Кернеудің кіру орнында азаюы транзистор $VT2$ тізбегіндегі колекторлық токтың, сәйкесінше транзистордың $VT1$ коллекторлық тоғының азаюына әкеледі. Сәйкесінше, шығу орындағы кернеу тұрақтанады.

Стабилизатор жүктеме тоғының азайған немесе үлкейген кезінде шығу кернеуін тұрақтандыра отырып кернеудің түсуіне осылай әсер етеді.

Кезеңдік және параллельді типтердегі стабилизаторларды салыстыра отырып, соңғысы шамалы үнемді екенін атауға болады, өйткені оларда орнын толтыратын токпен параллельді жүктемемен қолданылмайтын және оларда КПД аз болатын тізбек бар. Бірақ параллельді типтегі стабилизаторлар жүктеменің қысқаша тоғысуының әсеріне берік.

Жүктемемен кезеңді орналасқан реттеушісі бар стабилизаторларда қысқаша тоғысу кезінде жүктемеде реттеу жлементінде үлкен тоқтар бар, және соңғысы бұзылады. Бірақ бұл сызба жүктеменің үлкен тоқтарында дұрысырақ, өйткені параллельді түрдегі сызбада осыншама компенсациялық токтың болуы қажет. Сонымен қатар кезеңдік сызбада жүктемедегі қысқаша тоғысудан қорғау бойынша қосымша шаралар қабылдау керек.

Операциялық күшейткіштерді және микросызбаларды пайдаланумен кернеулерді стабилизаторлары. Компенсациялық типтегі сызбаларда



4.12-сурет. ОУ және транзисторды (а) пайдаланып және ОУ тікелей қосумен (б) кернеу стабилизаторларының электрлік сызбалары

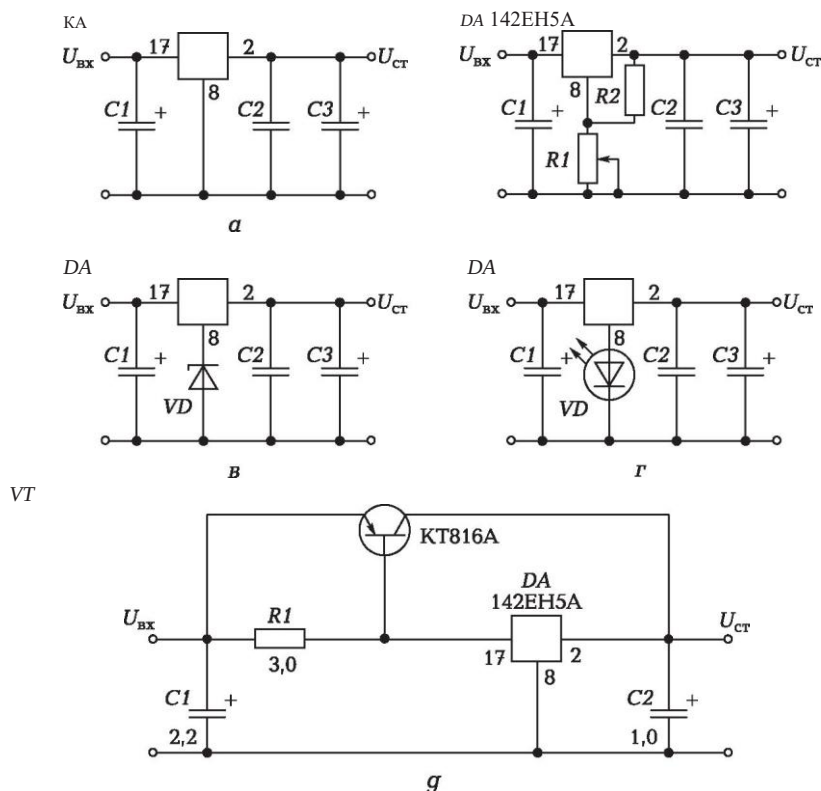
салыстыру және келіспеу дабылын күшейту құрылғысы ретінде ОУ пайдалануға болады, өйткені ол тұрақты тоқты күшейткіш болып табылады және осы функцияларды орындау үшін жақсы келеді. Кернеуді стабилизаторлардың ОУ пайдаланумен екі электрлік сызбалары 4.12-суретте келтірілген.

4.1-кесте.Стабилизаторлар негізгі микросызбаларының параметрлері

Маркасы, түрі	Параметрлері	Шетел аналогтары
КР142ЕН1 (А-Г)	$U_{CT} = 12 \dots 30 \text{ В}; I_{max} = 0,05 \text{ А}$	LA723C
КР142ЕН2 (А-Г)	$U_{CT} = 12.30 \text{ В}; I_{max} = 0,05 \text{ А}$	LA723C
К142ЕН3 (А, Б)	$U_{CT} = 12.30 \text{ В}; I_{max} = 1 \text{ А}$	M300
К142ЕН4 (А, Б)	$U_{CT} = 12.30 \text{ В}; I_{max} = 1 \text{ А}$	M300
К142ЕН5А	$U_{CT} = 5 \text{ В}; W = 2 \text{ А}$	—
142ЕН6 (А, Б)	$U_{CT} = \pm (5.25) \text{ В}; I_{max} = 0,2 \text{ А}$	SG150I
142ЕН8 (А-В)	$U_{CT} = 9(А), 12(Б), 15(В) \text{ В}; I_{max} = 1,5 \text{ А}$	SG7808 (7812, 7815)
142ЕН9 (А-В)	$Ua = 20(А), 24(Б), 27(В), \text{ В}; I_{max} = 1.5 \text{ А}$	SG7818 (7824)

Орташа қуаттылықтағы электрондық құрылғыларды қосуды транзисторы бар сызба бойынша жүзеге асыруға болады (4.12-сурет, а). Бұл сызбада транзистордың **VT1** негізінде эмитерлік қайталаушысы және оепарциялық күшейткіш **VA** арқылы күшейте отырып теріс кері байланыстың потенциометрі **R2** пайдаланылған. Потенциометрді шығу стабилизаторлық кернеудің деңгейін реттеу үшін қолдануға болады. Сызбадағы тірек кернеуі жоғары омды тойтарыс берумен **R1** кезеңдік қосылған стаблитронымен **VD** беріледі.

4.12-суретте, **б** теріс кері байланысы бар операциялық күшейткіш шығуында кернеуді тұрақтандыру сызбасы келтірілген. Мұндай сызба



4.13-сурет. 142EH5A кернеуіндегі стабилизатор микросызбасын қосу сызбалары:

а — стандарттық; **б** — кернеу бөлгішін пайдаланумен; **в** — стабилитронды пайдаланумен; **г** — жарық диодын пайдаланумен; **д** — транзисторды параллельді қосумен

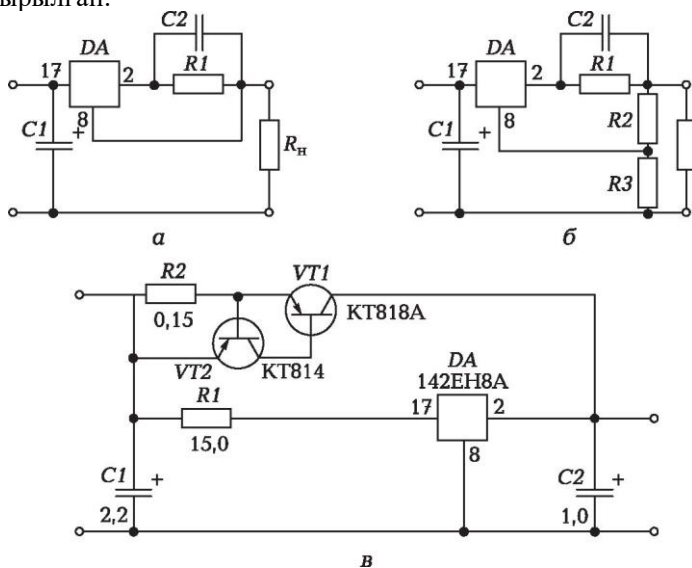
шамалы тоқты тізбектерді қосу үшін немесе тірек кернеуінің көзі ретінде ғана пайдаланыла алады. 142, K142, KP142 серияларының

кернеуін тұрақтандырулар микросызбалары.

Төмен вольтты, аз қуатты бір- және екі полярлы қосылу көздері әзірленген және планарлық технология бойынша орындалатын кернеу стабилизаторларының интегралдық микросызбалары кеңінен қолданылады. Стабилизатордың шығу кернеуі оң, теріс, екі полярлы, белгіленген немесе реттелетін бола алады. Белгіленген кернеу $+5\text{ В}$ ТТЛ-логикасы бар құрылғыларда пайдаланылады, ал екі полярлы $\pm 15\text{ В}$ — операциялық күшейткіштері бар ұқсас микросызбаларда.

Шығарылатын стабилизаторлардың микросызбалары тағайындалуы, шығу кернеуі, реттеу мүмкіндігі, тұрқтануға рұқсат берілетін тоғы бойынша бөлінеді. Үлкен ток жүктемелері бар микросызбаларда (бірнеше ампер) радиаторға күш транзисторлары сияқты бекітуге арналған құрылғылары бар. Олар да қуатты транзисторлардың параллельді бірігуіне жол береді. Стабилизаторлар микросызбаларының негізгі түрлері және олардың параметрлері 4.1-кестеде келтірілген.

142-сериялы микросызбаларды қосудың негізгі типтік сызбалары кернеу стабилизаторлары ретінде 4.13-суретте көрсетілген. 4.13 суреттегі *а* сызда стандарттық қосылу көрсетілген. 4.13-суреттегі *б*, *в* сызбаларда кернеу бөлгіштерін, стабилитроинді және жарық диодын пайдалану есебінен сәйкес шығу кернеуінің тұрақтылығын арттыру қарастырылған.



4.14-сурет. 142EH8A кернеудегі стабилизаторды тоқты (а), тоқты және кернеуді (б) тұрақтандыру және қайта жүктеулерден қорғау (в) үшін микросызбаны қосу сызбалары

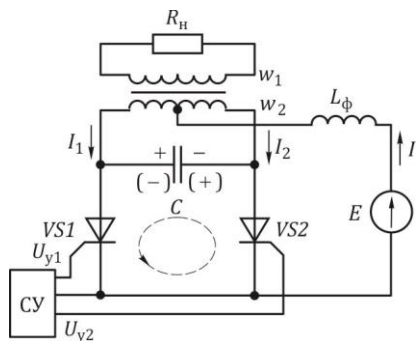
4.13-суреттегі, z сызбада жарық диоды кернеу индикаторының рөлін ойнайды және біруақытта басқару кернеуін ығыстырады. 4.13-суреттегі, ∂ сызбада негізгі тоқ жүктемесін қабылдаушы сыртқы транзистормен КР142ЕН5 микросызбаларын пайдалану көрсетілген.

Кернеу стабилизаторларының микросызбалары тоқ (4.14-сурет, а) және кернеу (4.14-сурет, б) комбинирленген стабилизаторларында пайдаланыла алады. Қосу блогын көп жүктемеден қорғау үшін 4.14-суретте, в келтірілген сызбаны пайдалануға болады, онда транзистор $VT1$ тоғы транзистормен $VT2$ қайта жүктеу кезінде жабылады.

Қазіргі уақытта микросызбалары бар стабилизаторлар жоғары қуатты қосылу көздеріндегідей, сонымен қатар эталондық және тірек кернеулерін құру үшін, оның ншңнде батареядан және аккумулятордан қосыла отырып аз габаритті тасымалданбалы электр құрылғыларында кеңінен пайдаланылады.

4.4. КЕРНЕУДІҢ ЖӘНЕ ЖИІЛІГІНІҢ ИНВЕРТОРЛАРЫ, ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРІ

Инвертірлеу кері түзету үрдісі болып аталатын, сонымен қатар үнемі тоқ ауыспалы тогіне қайта жасалуы. Инверторлар автономдық және құлды жүйелерге бөлінеді. Автономдық инверторлар энергияны тапсырылған жиілігімен ауыспалы токпен жүйесіне тапсыруға үшін қызмет етеді, ал инверторлар, құлды жүйесінің, - автономдық қабылдағыштар немесе жүйелерді қосылуға үшін. Қайта жасалу жиілігі оларда инвертордың басқару жүйесімен тапсырылады. Автономдық инверторлар.



Тоқ пен кернеудің автономдық инверторларын атайды. Тоқ инверторлары **Бф** үлкен индукциямен тегісті филтрмен пайдаланады. (4.15 сур.), кернеу инверторлары тікелей E қосылу бұлағына қосады.

4.15. сур. Автономдық инвертордың электрлі сызбасы.

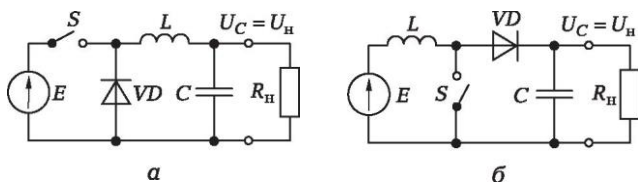
Автономдық инвентормен жүргізілген жүйенің инвенторы секілді жұмыс істейді, бірақ оның жұмысы толығымен басқару жүйесінің іске қосылатын импульстарымен анықталады БЖ.

Жүргізілген жүйенің инвенторлары. Егер 4.5, б сур. сызбада жүктеменің орнына Е аккумуляторын орнатса және L индукцияны, 4.15 сур. көрсетілгендей оларды қосып, аккумулятор ауыспалы кернеудің трансформатор арқылы сыртқы тізгегін нәрлендіруі мүмкін. Тиристор қайта қосу үрдісі түзеткіште қайта қосу үрдісіне сай. Мысалы, $t = 0$ уақытына тиристор VS2 ашық болған, ал тиристор VS1 — жабық. Тиристорлар қайта қосылуы екі дәйекті басқару импульстарымен тапсырылады және T қайталау мезгілімен, жарты мезгіліне жылжытылған. Басқарудың бірінші импульсы u_{y1} , VS1 тристоры ашылды, оның катоды мен аноды арасындағы кернеу нөлге теңдес болады, және трансформатордың сол жағындағы тізгегінде тоқ пайда болады. Басқа сызық шығуында қайталама өндеуден кейін екінші импульс трансформатор u_{y2} жағымсыз кернеу болады, VS2 тиристорды жабуымен. Ерте жабылған тоқ өткізетін тиристор трансформатордың алғашқы өндеудің ауыспалы тоқ әсерінен болуы мүмкін және ерте болуы мүмкін, ол инвентордың атауын құлды жүйесі болып анықтайды.

Мезгілінің жартысынан кейін жүйе кернеудің әсерінен VS1 тристоры жабылады, ал тиристор VS2 басқарудың екінші импульс әсерінен ашылады. Осылайша, тиристордың қайта қосу үрдісі қайтадан қайталаанады. Бұнда, сонымен қатар, тарнсформаторды екінші қайталама өндеген кезде пайда болатын тоқ импульстері аккумулятордан кернеуді ауыспалы қысым тізбегіне жібере отырып, ЭДС алғашқы өндеуіне жеткізеді.

Инвенторлар жиі кезде ауыспалы тоқ жүйесінен үнемі ток қозғалтқыштарын қосуына үшін пайдаланады. Осындай қозғалтқыштар автокөліктер генераторлар секілді, сондай – ақ қондырғы пайдалнудың. Бұл қондырғы түзеткіш ретінде қызмет етуі мүмкін, көліктің көтерілуіне қозғалысы қозғалтқыштың қосылуына үшін, және инвенторлық энергияны пайдалануына үшін, түсіруде көліктің қозғалысы кезінде электрқозғалтқышпен генерирленген. Осындай инвенторлар қуаты 100 кВт жоғары болуы мүмкін.

Кернеу түрлендірушілері. Үнемі тоқ түрлендірушілері (конвенторлар) үнемі кернеудің басқа деңгейлі бір деңгейді үнемі кернеу қондырғылар болып табылады. Конверторлар минималды жоғалтуларсыз қайта құрылуына рұқсат ететін импульстық қондырғыларда негізделген.



4.16. сур. Электрондық кілттерін дәйекті (а) және параллельді (б) қосылуымен үнемі кернеу түрлендірушілер сызбалары.

Түрлендірушілер сызбалары, кернеу төмендеуімен жұмыс істейтін, 4.16 сур. көрсетілген. 4.16, **а** сур. көрсетілген сызбада, ЭДС E кернеумен қосылу бұлағы пайдаланады, электрондық кілт S , диод VD , индукциялық элемент (дроссель) L және үлкен теңдігімен конденсатор. Кілт $t_{и}$ импульс ұзақтылығы уақытына қосылады, мезгілімен және f үнемі жиілігімен T . Осы уақытта конденсатор $U_c = U_{н}$ кернеуге дейін зарядталады. Импульс болмаған соңі конденсатор $L_{н}$ жүктеме қарсылығы арқылы разрядталады. Уақыттың үнемі $CR_{н} \gg T$, ал индукциялық конденсаторымен LC-фильтр жасалады, түрлендіргіштің шығыс кернеуі аз өзгеріледі және $U_{н}$ жүктеме кернеуін санауға болады, жүктеме тізгегінде де үнемі ток секілді. Шығыста түзеткіштер кернеу реттеуі импульстың $t_{и}$ ұзақтылығы өзгеруімен жасалады, S кілтіне берілетін. Түзеткіш шығыста кернеуі қатынасымен анықталады: $U_{н} = E t_{и} / T$.

Сызбада (4.16, **б**), ЭДС E кернеумен қосылу бұлағынан, электрондық кілтін S ұзақтық импульстарын қосады $t_{и}$, (дроссельмен) L үнемі жиілігімен f индуктивті элементімен. $t_{и}$ уақытында L дроссельде электромагниттік энергия жиналады. Үлкен теңдігімен конденсатор кілтін сөндіру кезінде C зарядталады VD диод арқылы, L дроссельден индукция кернеуімен. Түзеткіш шығуында кернеу болған кезінде $U_{н} = E / (1 - t_{и} / T)$ анықталады.

Аз және үлкен қуатымен түзеткіштерде (1 кВт дейін) кілт ретінде биполярлық және өрісті транзисторларды пайдаланады, ал үлкен қуатымен түрлендіруштерде – тиристорларды.

Жиілік түрлендірушілері. Осы қондырғылар бір жақты кернеуін басқа жақ жиілік кернеуін қайта қалыптасады. Жиі кезде осындай түрлендірушілер алғашқы кернеуін түзету арлықы орындалған болатын оның әрі қарай басқа жиілігінің ауыспалы кернеуге импульстық әдіспен инвентірлеуімен және бір жиілігімен электрондық кілтінің қосылуын пайдалана отырып жасалады.

Көп жағдайда электрондық аппаратура жүйелінің күшті кернеудің толқындары кезінде және пайдаланатын қуаттылығының үлкен өзгерістері кезінде осындай сәттерде жұмыс істейді. Осы сәттерде компенсациялық тұрақтандырғыштар белсенді емес немесе төмен КПД бар. Соңғы кезде кең пайдалануын ең белсенді кернеудің импульстық тұрақтандырғыштар орын алды.

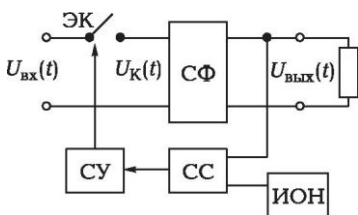
Кернеудің импульстық тұрақтандырғыштың құрылым сызбасы 4.17, **а**, сур. көрсетілген, ал түсіндірілетін шығыста кернеу диаграммалары, кілттің шығыс пен кіруінде фильтр түзететін – 4.17, **б** сур.

Электрондық кілт импульстық басқару сызбамен қосылады импульстардың анықталған жиілігімен, фильтр шығуында кернеу негізгі деңгейге жетпеген болса, осында салыстыру сызбада көрсетілген. Осы кернеу тапсырылған деңгейге жеткен болса, басқару сызбасы импульстар тереңділігін реттеуін басталады, фильтр шығуында кернеуін өзгерте отырып.

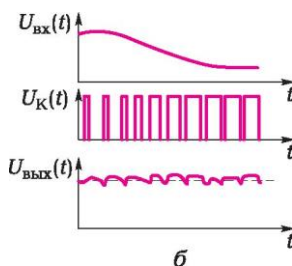
Басқару сызбасында пайдаланады:

- кең – импульстық модуляция – үнемі жиілік кезінде импульс енінің өзгерілуі;
- жиілік – импульстық модуляция – үнемі ұзақтығы кезінде импульстар жиілігінің өзгерілуі;

үнемі құрама кернеуін бекіту үшін электрондық кілттен кейін LC-фильтр орнатылады. Импульстар жиілігі жиі кезде аса биік (он килогерц),



А

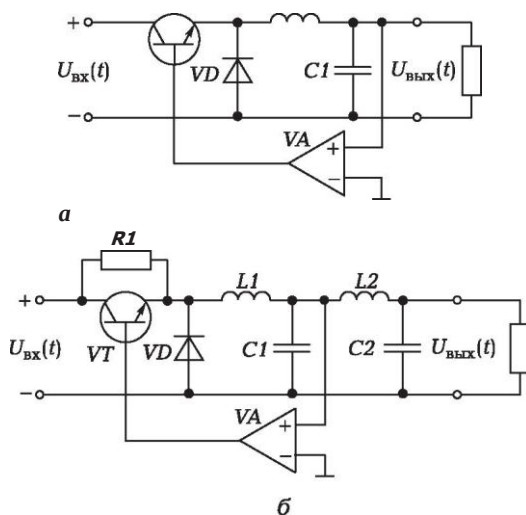


Б

4.17. сур. Импульстық кернеу тұрақтандырғыштың (а) құрылымды сызбасы мен анықталатын кернеу диаграммалары (б):

ЭК — электрондық кілт;

СУ — электрондық кілтпен басқару жүйесі; СС — салыстыру сызбасы; СФ — реттелетін фильтр сызбасы



4.18. сур. Тік жүктеме қосылуымен (а) және қосымша филтрмен (б) кәдімгі импульстық тұрақтандырғыштың электрлі сызбалары

катушка индукциялығы мен конденсатор теңдігі өзара үлкен емес, яғни пайдаланатын LC-филтрлерде 50 Гц жүйелі жиілігіне филтрлармен салыстыра отырып аз салмағы мен көлемі бар.

Кәдімгі импульстық кернеу тұрақтандырғыштың электрлі сызбасы 4.18, а, сур. көрсетілген. Сызба келесі тәсілмен жұмыс істейді. Кәдімгі жағдайда электрондық кілт (транзистор VT) тоқты өткізеді. Егер шығыс кернеу тапсырылған деңгейден жоғары болса, VA компараторы импульсты береді, VT транзисторын жабады. Өз – өзімен индукциялық катушка кернеуі L , VD диодпен жабылады. $C1$ конденсатор жүктеме арқылы разряды шыға бастайды, және онда кернеу линейлік заңы бойынша төмендемейді, бірақ ол алдыңғы жолынан төмени болса, VA компараторы қайта қосылады және VT транзистор ашылады. Сонымен қатар $C1$ конденсаторы кернеуінде жаңадан өседі. Осылайша, импульстық тұрақтандырғыш шығуында кернеу орнатылады, алдыңғы жолының жаңында жеңіл толқынданатын, компараторда орнатылған. Кернеу толқындар $C1$ конденсаторында, транзистор қосылуымен және сөндірілуімен байланысты, қосымша реттелетін филтрмен жоюға болады $L2$, $C2$ (4.18, б сур).

Импульстық тұрақтандырғыштың басқа тұрақтандырғыштар алдындағы артықшылығы жоғары динамикалық кернеулік толқындар жүктемесіне қарсылығында болып табылады. Онда жоғары КПД бар, счонымен қатар транзистор импульстық тәртібінде кіші жылыту жоғалтуларымен жұмыс істейді.

Импульстық тұрақтандырғыш жетіспеушілігі тоқтың жоғары толқындар деңгейі болып табылады. Тізгектегі трансформатор қанықтыратын тоқ секірулері, транзистордың импульстық қайт қосылуымен байланысты, электрондық аппаратураның электрондық тізгектерде кедергілерді шақырады.

Көрсетілген жетіспеушілікті жоюға сызбаны (4.18, а сур. қар), өзгереді (4.18, б сур. қар.): дәйекті түрде VT транзисторына орнатады және қарсылығымен $R1$ транзисторын 10...50 Ом, ал LC-фильтрді екі звеномен жасайды. Сонымен қатар үнемі уақыт бірінші звеноның екіншіден екі ретке төмен болуы тиісті, ал кернеу компараторға бірінші звенодан кейін апарылады. Нәтижесінде тоқ секірулері транзистор қайта қосылуынан кейін төмендейді, ал пульсация, кернеу реттеуімен байланысты, екінші звеномен жасалады. Кейбір жағдайларда, қорғаныш сызбаларын автоматты түрде қайталма қосылулардың қысқа тұйықталуы әсерінен жүктемелерде қорғаныш сызбалары пайдаланылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАР МЕН ЖАТТЫҒУЛАР

1. Алғашқы және қайталама қосылу бұлақтары қандай?
2. Қайталама қосылудың қандай құрама сызбасы? Оның әр құрама блогының тағайындауын түсіндіріңіз.
3. Қандай тұрақтандырғыш сызбаларын білесіз? Көпірлік сызбасын сызып қойыңыз және оның артықшыларын түсіндіріңіз.
4. ЯС-фильтрдің мысалында тегістейтін фильтрдің рөлі қандай?
5. Г-тәрізді ЯС-және LC-фильтрлер сызбаларын сызып қойыңыз, олардың жұмысын түсіндіріңіз.
6. Белсенді фильтр дегеніміз не? Оның сызбасын сызып қойыңыз, оның жұмысын түсіндіріңіз және оның артықшылары туралы айтып беріңіз.
7. Кернеу тұрақтандырғыштар не үшін қажет, қандай параметрлермен олардың жұмысы бағалайды?
8. Кәдімгі тұрақтандырғыш сызбасын стабилитрон негізінде сызып қойыңыз және оның жұмысын

түсіндіріңіз.

9. Дәйекті түрдегі коомпенсациялық тұрақтандырғыштың құрылымды сызбасын сызып қойыңыз.
10. Импульстық кернеудің тұрақтандырғыштың электрлі сызбасын сызып қойыңыз, оның жұмыс істеу принципін атаңыз, жетістіктері мен жеткіліксіздігі туралы айтып беріңіз.

АҚПАРАТТЫҢ ОПТОЭЛЕКТРОНДЫҚ ПРИБОРЛАР МЕН САЛЫСТЫРУ ПРИБОРЛАРЫ

5.1. ФОТОСЕЗІМТАЛ ПРИБОРЛАР

Соңғы кезде мақталы – оптикалық байланыс жүйелерінің ақпаратты жинау жүйелері мен автоматика жүйелері кең таралуын әр түрлі оптоэлектрондық қондырғылар мен электрондық сызбалар оптикалық қондырғыларымен дамуымен, сонымен қатар импульстық және кілтті сызбалар, импульстар әсерлерімен басқарылады. Көбінесе осындай қондырғылар өз параметрлерімен жұмыс істейді электрондық немесе бір қатар артықшылары бар. Көбінесе, сәулелі жарық жоғары вольтты және төмен вольтты аппаратураның бөлігін «арашалауға» рұқсат береді, төмен вольтты приборларды сәтсіз жоғары кернеудің келтіру бұзуынан алдын алады. Сәулелі импульс күшті нақты жоғары вольтты сөндіргіштерді атауға болады және жоғары вольтты электрлік сызбаның проводына бекітілген мақталы кабельдері бойынша телеметриялық ақпаратты қосуға болады.

Қазір мақталы – оптикалық сызықтар тапсыру ұзақтығы бойынша өткізгіштерден жоғары болады, ақпараттық – өткізгіш тәсілі мен кең сызықты. Мақталы – оптикалық кабельдері бойынша сәулелі басқарушы импульстарын тапсыруы мүмкін және датчиктерден ақпаратты алуға болады. Оптомақталы байланыс пен ақпаратты тапсыру телеметриялық жүйелер мен ерекше бір аппаратурадан екіншіге электромагниттік үйлесімділігін қамтамасыз етуге қажетті, күшті электромагниттік кедергілер кезінде немесе жарық және өрт қауіпсіздігін сақтау талаптарын сақтау. Осылайша, оптоэлектроника ең болашақты болып табылады және көп электроника аумақтарында дамиы.

Фотосезімтел приборлар оптикалық, көрінетін, инфрақызыл мен ультрафиолеттік аумақтарында сәулесіне әсер етеді.

Олардың негізінде көрінетін қоршаған әлем мен көрінбейтін сәулелерін қабылдайтын приборлар жасалады. Қазіргі оптоэлектрондық приборлар көрінетін ультрафиолеттік (УФ) және инфрақызыл (ИК) сәуленулерді көруге рұқсат береді, сонымен қатар

тез арада өтетін импульстық процесстерін анықтауға рұқсат етеді, олар көзбен қабылданбайды.

Фотосезімтал приборлар – әр түрлі оптико – электрондық қондырғының маңызды элементтері. Олар негізінде фотосезімтал элементтен құралады (корпус, терезе, контактты шығулар, қондырылған күшейткіштер), олар оптикалық және радиотехникалық жүйелерін нақты аппаратурада байлануға рұқсат етеді.

Фотосезімтал приборлар сыртқы және ішкі фото әсері бар приборларға бөлінеді. Сыртқы фото әсері бар приборларға вакуумды фотоэлементтер мен фотокөбейткіштер жатады. Олар вакуумдағы темір немесе оксидтер бетінен электрондарды фотонмен «жылжыту» әдісіне негізделген. Өте әлсіз дыбыстарды қабылдауға, оларды арттыруға және көрінетін жарыққа түрлендіру қабілетті фотосезімтал элементтер бар болып табылады (электронды-оптикалық түрлендіргіштер). Сондықтан олар тек ультракүлгін және көрінетін облыстарда жұмыс атқарады және негізінен ғылыми-зерттеу құрылғыларында қолданылады. Көбінесе қазіргі фотосезімтал элементтер ішкі фото әсерінде негізделген, ерекше жартылай өткізгіш тәсілінде жарық әсерімен қарсылығын өзгерту (фоторезисторлар, фотодиодтар) немесе электрлік потенциалдарының айырмашылығын жасау (фото ЭДС).

Фотосезімтал приборлар мен кілттер үздік түрімен станоктар мен механизммен автоматты басқару жүйелерінде пайдаланады. Қосылудың және сөндірудің оптикалық қондырғылар әр түрлі орындаушы қондырғыларда жеңілмен заттар есептеу үрдістерін автоматты түрде конвейрда өлшемде, нысанмен, түспен, сапасынан, өндеуден, химиялық құрамынан және т.б. өндеуге болады. осы приборлар үздікпен физикалық биіктігін реттеу мен бақылауға үшін пайдаланады: заттардың геометриялық өлшемдері, температурасы, түсі, сонымен қатар сапалы және саналы талдауына қатты, сұйық пен газ секілді орталарын таладуына арналған. Әр түрлі датчиктер фотоприборларын пайдалануымен экологиялық жағдайын бақылайтын қондырғыларын жасауға үшін жарамды, сонымен қатар өрттік жағдайы туралы, аса ластанған ортасы туралы, сонымен қатар атмосфераның ластанғаны мен судың зиян қоспалармен ластанғаны туралы хабар етеді және т.б..

Фотосезімтал приборлар бірнеше тұрмыстық радиоэлектрондық жүйелер мен қондырғыларда пайдаланады (мысалы, лазерлік цифрлық дискілер проигрывательдерде, магнитофондар мен теледидарлардың, күзеттік және өрттік қауіпсіздігі туралы жүйелерінде, ойыншықтар мен модельдермен басқару қондырғыларында дистанциялық басқару жүйелерінде). Инфрақызыл сәуленуде сигналдардың тапсырудың қондырғы пайдалануы байланыс жүйелерін жеңілдетеді (радиотехникалық заттар негізінде құрастырылған байланыс

жүйелерден гөрі), олар ең экономикалық және аз габариттік өлшемімен.

Әр түрлі фотоприборлар түрлері өндіріспен шығарылатын, толығымен электромагниттік сәуленің спектрдің оптикалық аумағын толығымен қамтиды, өзінде үш бөлігі бар: ультрамиолеттік, ұзын толқындарымен мкм; көрінетін, толқындар ұзындығымен 0,38...0,78 мкм; инфрақызыл, толқындар ұзындығымен 0,78.100 мкм.

Фоторезисторлар. Фоторезистор — бұл фотоэлектрлік жартылай өткізгішті сәуле қабылдауышы, диэлектрикалық үстінгісінің жартылай өткізгіш қабығымен оның қызмет ету принципә фотоөткізгіш әсерінде негізделген. Сәулемен сәулендіруі болмаған кезде прибор арқылы өтетін ток (қараңғы ток) 10.20 потенциалдар айырмашылығында. Жиі кезде 1 мкА жоғары болмайды, фоторезистордың фотосезімтал үстіне оптикалық сәулеленуі кезінде оның өткізгіштігі мың ретке өседі, ал ток бірнеше жүз миллиамперге өсуі мүмкін.

Оптикалық диапазонның көрінетін аумағына фоторезистордың сезімтал элементінің материал секілді кадмий сульфидын пайдаланады (CdS) және кадмий селенидын (CdSe). 1.5 мкм толқынның ұзындығына (ИК-аумағы) сульфид (PbS) сульфидын және қорғасын селенид (PbSe) пайдаланады.

Фоторезистордың қараңғы ток жиі кезде температураға сай өседі, бұл қараңғы ток көбеюіне, нөл жылжытуы мен приборлар нақтылығы нашарлауына әкеледі, сонымен қатар температура көтерілуі зарядтар ұстағыштар санын көбейтеді.

Фотодиодтар. Фотодиод фотосезімтал жартылай өткізгіш ауысуымен p — n -диодын ұсынады (мекі жартылай өткізгіш түрлері мен жартылай өткізгіш мен темір арасындағы). p — n - диоды кезінде ауысуында онда электрондық — тесік жұптар пайда болады. Осы зарядтардың ток бағыты ауысуының айналма ток бағытымен байланысты.

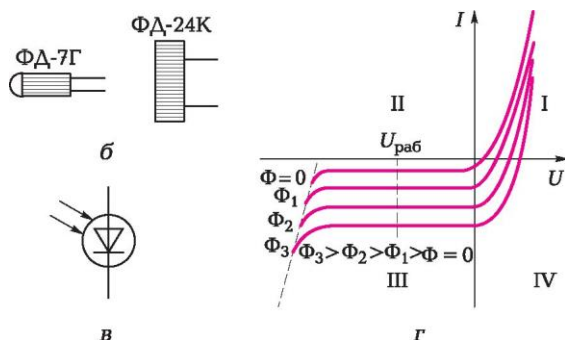
Фотодиодтар құрылымының жартылай өткізгіш p — n -ауысуымен (5.1, *а*, сур. көрсетілген, германий мен (ФД-7Г) және кремний (ФД-24К) фотодиодтар түрлері - 5.1, *б* сур. көрсетілген, ал бір диодты УГО — 5.1, *в* сур.

Фотодиодтың фото сезімтал үстіне жаоық түскен кезінде жарық жартылай азаяды (белгіленеді, азаяды) және жартылай осы үстінінен таратылады. Фотосезімтал жартылай өткізгішпен оптикалық сәуленуін жұтқан кезінде онда заряд ұстағыштар пайда болады — электрондар мен тесіктер, бұл электр өткізгіштігіне әкеледі, ол фотоөткізгіш болып аталады. Фотоөткізгіш маңызы фотондармен материалдарын коэффициентінен тыс тәуелді, сонымен қатар квантты шығуында электрон-тесікті жұптар санынан (фотоионизация), бір квант сәулену әсерімен жасалатын. Электрон-тесікті жұптар қозғалысы заряд

ұстағыштар генерация жылдамдығы негізделеді, және себебі, фотодиодтар тез әсерленуі.

Фотодиодтар ВАХ ұясы (ФД-24К) әр түрлі сәулелі пототкар кезінде Φ_r - 5.1, 2 сур. көрсетілген.

Фотодиодтар фотодиодты және фотогальваникалық тәртіптерінде пайдаланады. Бірінші жағдайда диодка кері кернеу беріледі және фототок, жарық болған кезінде, жарық ағын қуат құндылығы болып табылады. Осындай тәртіп 5.1, 2 сур. көрсетілген, сол жағында



5.1. сур. Фотодиодтар құрылымы (а), түрлері (б), УГО (в) және әр түрлі сәулелі пототкарда ВАХ ұясы (г):

1 — л-өткізгішімен жартылай өткізгіш қатары; 2 — р-өткізгішімен жартылай өткізгіш қатары; 3 — темір контактілер: Φ — сәулелі пототк; I—IV — квадранттар.

төменгі квадрантта әр түрлі сәуленуі кезінде Φ . Екінші жағдайда прибор генерация тәтібінде жұмыс істейді фотоЭДС, яғни p — n -ауысуы кезінде фотодиод шығуында сәуле пототк қуаттылығына сай кернеу пайда болады. Осы сәтте фотодиод күн батарея ретінде жұмыс істейді. Осы фотогальваникалық тәртіп он жақты төмен квадрантта 5.1, 2 сур. көрсетілген,.

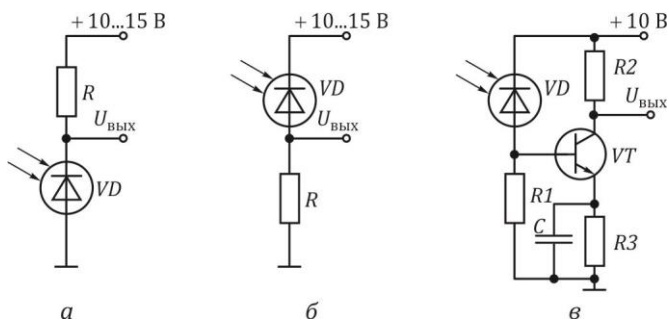
Фотодиодтты тәртіп фотогальваникалық жоғары тез әсер ететін және сезімтал фотодиодтан гөрі бір құтар артықшылары бар: жоғары шұғыл жылдамдылық және диод сезімталдығы оптикалық спектрдің ұзақ толқынды бөлігіне, сонымен қатар кең динамикалық диапазон линейлі сипатымен.

Фотодиодтар қосу сызбалары фотодиодты тәртібінде 5.2 сур. көрсетілген.

Фотодиод тәртібінің негізгі жетіспеушілігі — кедергі тоқ болуы, жүктемеден өтетін, сондықтан қажеттілігіне сай бір қатарда фотокаблдағыштың төмен шу деңгейін қамтамасыз етуіне фотогальваникалық тәртіп ең тиімді болуы мүмкін, фотодиодтан гөрі.

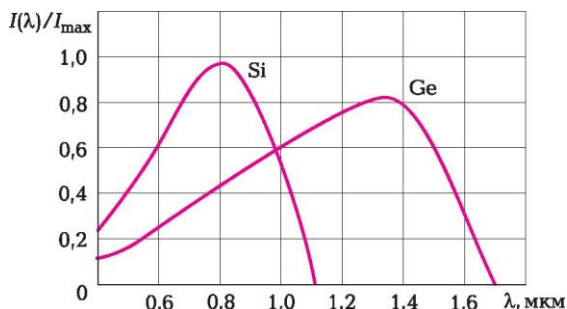
Шу тогін төмендетуіне үшін фотодиодтар салқындатуын пайдаланады -10°C дейін жартылай өткізгішті тоңазытқыштар көмегімен. Пельтье.

Люкс-амперлік сипаттамалар (ЛАС) кремний фотодиодтар линейлі жарықтандыру қарқындылығына сай, бірнеше ваттан жоғары болатын (жүз мың люкстар). Фотодиод қанығуы мен ЛАС линейлі емес аумағы фотогальваникалық тәртібінде аз деңгей жарықтануында келіп түседі, фотодиодтан тыс. Фотодиодты тәртібінде германий фотодиод қанығуы бірнеше ватт сәулелі қуаты кезінде жасалады.



5.2.сур. Фотодиодты тәртібінде фотодиодтар қосылу сызбалары:

а, б — фоторезистор секілді; *в* — күшейткіш – транзисторлық каскадта

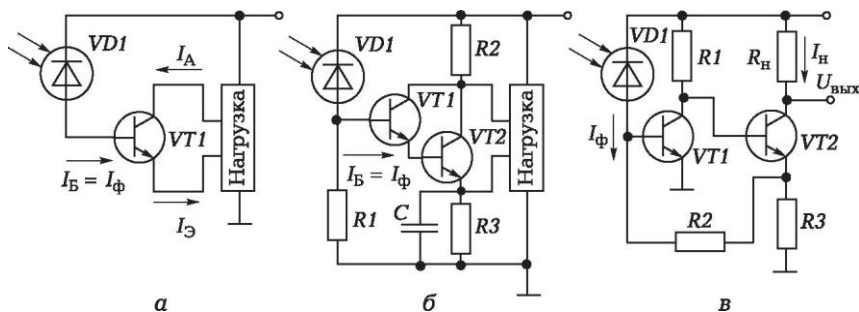


5.3. сур. Кремний мен германий фотодиодтардың шығыс токтардың спектральді сипаттамалар

Фотосезімтал мен төменгі шекті фотодиод мүмкіндігі, өзінің шу деңгейінің қараңғы шегінің көбеюінен жоғары болғандықтан, прибор температурасы көтерілуімен төмендейді. Қоршаған ортаның температурасында қарама – қарсы өзгерісте бар: жоғары сезімталдық, шулар төмендеуі, спектральді диапазонының кеңеюі. Сондықтан жұмыстың жақсартуына үшін Пельтье әсері негізінде жартылай өткізгіштің тоңазытқыштар фотодиодтар салқиндатады.

Фотодиодтар паспортында келесі негізгі параметрлері көрсетілген: B_m тоқ сезімталдығы, фототок импульсы сәулелі модуляцияның шектес жиілігі кезінде T_n үнемі өсу уақыттары мен $T_{сп}$ толқынның жұмыс ұзындығы немесе толқындар ұзындылығының жұмыс интервалымен төмендейді. Кремний және германий фотодиодтардың спектральді сипаттамалары 5.3. сур. көрсетілген. Шығу токтар тәуелділігі $I(X)$ толқын ұзындығынан X мөлшерленген тәртібінде, маңызына қарай аралығы тоғінің I_{max} максималды сезімталдығымен толқын ұзындығына X_{max} кремний диодына арналып бейнеленген. Кремний диод сезімтал максимумы толқын ұзындығы шегінде 0,80... 0,95 мкм болса, ал ұзын толқынды жақ сезімталдығы — 1,1 мкм құрайды. Германий фотодиодтар сезімтал максимумы ең ұзын толқындар жағына келген кезінде (1,3.1,4 мкм) болса, ал ұзын толқынды жақ сезімталдығы — 1,7 мкм құрайды. 5.4. сур. күшейткіштің транзисторлық каскадтарды кері қосуында және транзистор базасын тоқ басқаруымен фотодиодтар қосылу сызбалары көрсетілген.

5.4. сур. көрсетілген кілтті каскадтар күшті сәулелі ағымдар мен аз жүктеме қуатында, сондай-ақ және фоторезисторларымен, фотодиодтар кілтті каскадтарын жасау үшін пайдалану мүмкіндігімен жұмыс істеуіге болады



5.4. сур. Күшейткіштің транзисторлық фотодиодтарының (а--в) қосу сызбалары

Арнайы көп нақты фотодиодтарды өзара фоткілттер секілді, сондай-ақ оптожұп светодиода – фотодиод құрамына кілттерді пайдаланады. Төмен сәулелі пототар мен маңызды жүктемелерде қосымша кілтті немесе күшейткіш каскадтарды пайдалануға қажет.

Ақпарат тапсыруының цифрлық жүйелерінде жоғары жылдамдылық пен кіші инверциялықпен фотодиодтар талап етіледі. Инверциялық фотогенерация ұстағыштарының элетронды-тесікті жұптар бөлінуінің үрдіс уақытша сипаттамалардан тәуелді, p —п-ауысуының, сонымен қатар жүктеме қарсылығы. Нақты фотодиодтың тез арада жылдамдығы шектес жиілігімен сипаттауға мүмкін /гр, сәйкесті жарық ағынының модуляция максималды жиілілігіне сәйкесті, онда модуляцияның төмен жиілілігіне сәйкесті болады. кремний және германий фотодиодтарына аз және жұмыс аумағымен ($S * 1 \text{ мм}^2$) шектес биіктігі /гр * 1 ГГц.

Фотодиодтардың жылдам параметрлері (немесе инверциялық) сонымен қатар үнемі осу уақыты болып табылады T_n және төмендеуі $T_{сп}$ фототок, уақыт аралығын растайтын, олардың ішінде фототок 2,7 ретке өзгеріледі $\Phi = \text{const}$ орнатылған маңызынан, сәйкесінше сәуле пототың қосылған және сөндірілгеннен кейін. Кремний және германий аз габариттік фотодиодтарына осы биіктігі маңызы 1 ...2 нс құрайды.

Пин-и лавинді фотодиодтар. Фотодиодтардың ерекше тобы, аз инверциялықпен және жоғары сезімталдығымен өзгешеленетін, $p-i$ —л-фотодиодтар болып табылады (пин-фотодиодтар) және көшкінді.

Фотодиодтан мақталы – оптикалық байланыс сызықтарында жоғары сезімтал және жылдам талап етіледі (қайта қосу уақыты наносекундатыран кем емес). Осындай фотодиодтар цифрлық теледидарлық жүйелерінде, жазылым жүйелерінде және дыбыс қайта қосылуында диск-жинағынан және т.б. қажетті. Осы қондырғыларда $p-i$ —л-фотодиодтар мен көшкінді пайдаланады.

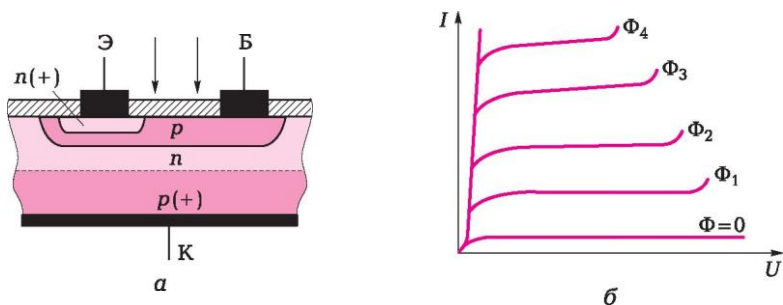
$P-i$ —л- фотодиод құрылымы кәдімгі диод құрылымынан өзгеше. І-жақ таза (легацияламаған) жартылай өткізгішті ең төмен өзара өткізгішімен және $p(+)$ өткізгішімен, 0,3 мкм дейін қалыңдығымен жақ, тұрақпен л(+) p өткізгішімен анықталады. Жылжытудың кері кернеу берілген кезінде барлық і-жақ жіңішке болып қалады. Нәтижесінде ауысу теңдігі төменделіп, құлайтын сәулелі аумағы кеңейіп, прибор сезімталдығы көтеріледі. Пин-фотодиодтарының 10 нВт қуат сәуленуінен тіркелуі мүмкін.

Жүктеме қарсылығы оларға 50 Ом теңдес таңдайды, ол үнемі уақытын алуға көмектеседі $9 = 0,05... 0,1 \text{ нс}$ және сәйкесінше 20 мен 10 ГГц жиілілігімен қабылдауға қажет.

Лавинді фотодиодта сәуленуі онымен қатар жіңішке жағында жұтылады $p^{(-)}$. Соққы ионизация жасау үшін зарядтар фотокүшейтгі ұстағыштарына p — n -ауысуы төмен легинерленген аумағын қалыптастырады $p^{(-)}$ электрлі аумағының жоғары кернеуімен (10^5 В/см кем). Сәуле әсерінен онда электрондар мен тесіктер қозғалған. Электрондар электрлі аумағымен жалғастырылады, жартылай өткізгіш атомдарымен соғылады, және зарядтардың көшкін ұстағыш көбеюі пайда болады. Көбейту коэффициенті жылжыту кернеуі кезінде пробой кернеуіне жакын, 1 000 жетуі мүмкін, көшкінді фотодиодтың көмегімен 1 нВт жаңында қуаттылық сигналдарын тіркеуге рұқсат етеді. көбейту мен кернеу коэффициент маңызы бұзылу температурадан тәуелді. Тендесте 0,3 нс айтылады, ол 3 ГГц дейін жиілігімен жұкмыс істеуге рұқсат етеді.

Бейне көбейтуіне үшін сәуленің үсті терезе фотодидтарында жаркын қабыкпен жабады. Периметр бойынша жұмыс үстінде темір сақина жасайды, ол тікелей электрлі аумағының таралуын жасайды. Көшкінді лавин жетіспеушілігі жұмыс қажеттілігі болып табылады үлкен кернеуде тұрған (және 100 в), арнайы қосылу көзі талап етеді.

Фототранзисторлар. Жартылай өткізгішті қабылдағыштар құрылымы бойынша транзисторға жакын (биполярылық немесе өрісті), ішкі сигнал күшеюін қамтамасыз етеді.



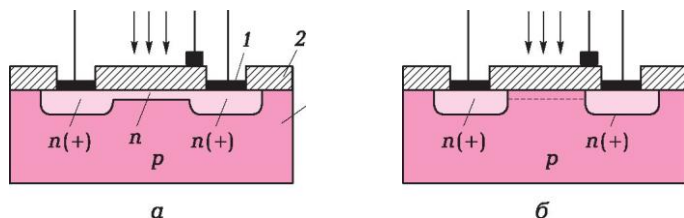
5.5. сур. Әр түрлі сәулелі ағымдарда (б) оның ВАХ пен фототранзистор құрылымы (а)

Биполярылық фототранзистордың жартылай өткізгішті құрылымы 5.5, а, сурете көрсетілген, ал оның ВАХ өз ағынынан тыс Φ 5.5, б көрсетілген. Прибор корпусында көрінетін терезе қарастырылған, транзистор базасы аумағына жарық ағыны арқылы өтеді. Сонымен қатар база қосылмауы мүмкін.

Базада жарықтандыру кезінде зарядтар ұстағыштары пайда болады (электронды – тесікті жұптар). Сонымен қатар, фотодиодтарда болған жұптар коллекторлық ауысуы диффузия нәтижесінде келтірілген,

ауысу аумағымен бөлінеді: тесіктер ($p-n-p$ -транзисторда) коллекторға жылжыйды, оның тоғын жоғары етіп, оның потенциалын төмендетіп. Эмиттерлік ауысуында қосымша тік кернеу жасалады, ол базаға эмиттерден тесіктер инжекциясын шақырады және коллектор тоғын сәйкесті көбеюі.

Фототранзисторлар өрісті МДП- немесе МОП-құрылымдарында болуы мүмкін. 5.6 сур. фототранзисторлардың МДП-құрылымдарының екі түрі көрсетілге: енгізілген және индукцияланған каналдарымен.



5.6. сур. Енгізілген (а) және индукцияланған (б) өткізгіш каналдарымен МПД-транзисторлар құрылымы:

1 — темір; 2 — диэлектрик; 3 — жартылай өткізгіш.

МДП – транзистор енгізілген каналымен (5.6, а сур. қар.) жартылай өткізгішті материалымен p -өткізгішімен ұстағышта жасалады, онда n каналы жасалады және екі аймақ $p^{(+)}$, вток алынғыш функцияларын орындалатын. Аумақтардың біреуі шығу тегі болып аталады, басқасы – кіріс тегі. Содан кейін құрылымды диэлектрик жағымен жабады. Диэлектрикке n -каналымен темірлі электрод жабады – жапқыш. Жапқышта ағымсыз кернеу пайда болады n -канал электрондармен бірігеді және оның қарсылығы төмендейді, сәйкесінше шығу және кіріс тегінің арасындағы тоқ өзгереді.

МДП-фототранзисторында екінші түрінің (5.6, б сур. қар.) өткізгіш каналын енгізілмейді. Затворда болған нөлге жақын кернеу кезінде p (+) біріккен аумағымен арашаланған p өткізгішімен және олардың арасында тоқ өтпейді. Затворда жағымды кернеу кезінде тесіктер үстінде концентрациясы төмендейді, қайталама үстінгі жағында электрондар саны көп болады, тесіктер санына тыс. Сонымен қатар жартылай өткізгіште қажеттілік бар, яғни n -түріндегі өткізгіш индукцияланған каналы жасалады. Енгізілген каналымен транзистордан қарамастан осындай транзистор затворда болған жағымды кернеу болған кезде ғана жұмыс істейді. Канал сәуленуі оның өткізгіштігінің көбеюіне фотоиндуцирленген заряд тасымалдағыштарда әкеледі. Жарығы кезінде ток тәуелділігі тоқтан төмендейді затворва максималды, одан кейін ток түседі.

Фототранзисторларды көрнекті жақын спектрінің ИК-аумақтарына кілттер секілді пайдаланады, сонымен қатар оптожұптарда (тиристорлар, мультивибраторлар қосу байланыстары, толқындар қиын нсында генераторларында және т.б.)

Белгілеу қажет, фототранзисторларда ережеге сай, әлсіз нақты орындаушылық бар, яғни олардан жоғары жылдам қызмет етуі мен әлсіз сәулелі ағыстың тіркеу талап етіледі. Себебі, олар күшейткіш немесе кілтті каскадтармен бірге пайдаланады.

Фототранзисторлар жақсы түрде логикалық элементтерімен бірігеді. Фототранзисторлар мен өрсіті транзистор арасындағы кіріс қарсылығы аса биік, күшейткіш тоқты пайдаланбайды, және фотоқабылдағышта кернеу өзгерісіне реттейді.

Фототиристорлар. Фототиристор өзімен жартылай қабылдағыш, төрт жақты тиристор құрылымын ұсынады $p-n-p$ - (1.8 бөл. қар.), ол прибордың қайта қосылуын қамтамсыз етеді.

Жартылай өткізгішті төрт қатарлы фототиристор құрылымы $p-n-p$ -фототиристор құрылымында үш p - n -пауысуы бар, олардың бірі тік бағытта жылжытылған, ал екіншісі — кері. Сонымен қатар осындай ауысымдардың қосылуы кезінде фототиристорды екі дәйекті қосылған транзисторлар секілді $p-n-p$ и $n-p-n$ ұсынуы мүмкін жалпы коллектор арқылы жағымды кері байланыспен. Күшті жағымды кері байланыс фототиристордың ВАХ учаскілерінде жағымсыз динамикалық қарсылығына әкеледі.

Фототиристор екі тұрақты жағдайының бірінде орналасуы мүмкін, жұиыс нүктенің сәйкесті жағдайына: немесе кесу тогіның тік төмен 1_{cp} (фототиристор жабық), немесе одан жоғары (фототиристор ашық). Бір тұрақты жағдайынан ауысуы басқаға секірумен жасалады, кернеу басқарушы электродта (БЭ) немесе жарық бірнеше кіріс маңызына жоғары болса. Сонымен қатар фототиристор қарсылығы мен тоқ ауысуы ол арқылы өзгереді $10^6 \dots 10^7$ ретке. Қараңғы қарсылығы кезінде 10^7 Ом бастап, жабық түрінде тоқ фототиристордың 10^{-6} А шамасында. Фототиристор тогі ашық сәтінде 0,1 .1,0 А теңдес. Осылайша, фототиристорда, ең биік күшейту коэффициенттері болса тоқ пен қуаты бойынша, жақсы кілтті қондырғы болуы мүмкін.

Фототиристорларды қуатты электрлі қондырғылардың тік оптикалық басқаруына үнемі және ауыспалы тоқ тізгектерде оптоэлектрондық кілттер ретінде.

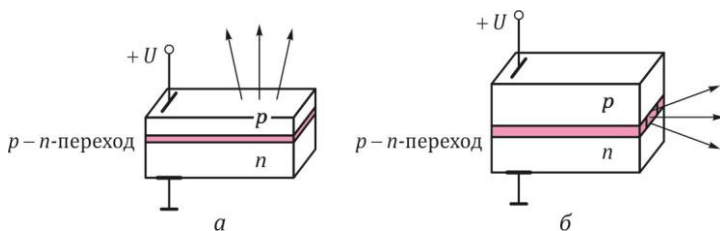
5.2. ЖАРЫҚ ДИОДТАР ЖӘНЕ ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ЛАЗЕРЛЕР

Фотокабылдағыш қондырғылар жиі кезде жарық бұлағымен бірге пайдаланады. Жарық бұлағы ретінде қыздыру шамдары, газ разрядтау шамдары, жарық диодтар мен жартылай өткізгіш лазерлер пайдалануы мүмкін. Ең үйлесімді ТТЛ-технологиясымен элементтерімен қуаты бойынша, КПД жылдамдығы жарық диодтар және жартылай өткізгіш лазерлер болып табылады.

Жарық диодтардың құрылымы мен жартылай өткізгіш лазерлер сызбалы түрде 5.7. сур. ұсынылған. Жарық диодтарда сондай жартылай өткізгіш құрылымы бар, ол кәдімгі диодтар немесе фотодиодтар. Олардың тік қосылуы кезінде электрондар p — n -ауысым арқылы өтеді және рекомбинирлейді тесіктермен (бірігеді). Сонымен қатар жарық энергия нақты жиілік диапазонында сәулелендіріледі. Егер жартылай өткізгіш материал осы диапазонға мөлдір болса, жарық рекомбинация аумағынан шығады сыртқа және жарық диод жарықты үстінен сәулелендіреді (5.7, а сур.). Қазіргі жарық диодтар жоғары өрісті қызмет етудің жоғары коэффициентімен (ӨКК) электрлі тізбектің жарыққа пайда болуы («35 %») галлий арсенидінің жартылай өткізгіш құрылымдарында жасалады (GaAs). Санына тыс және түрлерінен отырғыштардан жарық диодтарды қарқынды сәуленуімен толқындар ұзындығында 0,6 бастап 1,7 мкм дейін диапазонда алады, сонымен қатар жарық диодтың нақты сәулелі спектральді еңі 5... 10 нм құрайды.

Жарық диодтардың құрылымдар ерекшелігі көрнекті диапазонына үшін ол жартылай өткізгіштерден тұратыны қажет жоғары энергиямен заряд тасымалдағыштарда (1,8 эВ жоғары), олар көрнекті жарықпен толқын ұзындығымен 750 нм. Оларға жартылай өткізгіштер: галлий фосфиды (GaP), галлий арсениды (GaAs), арсенид—галлий—алюминий (GaAlAs), кремний карбиды (SiC). Жартылай өткізгіштің түрінің өзгерілуі және қосымша отырғыштар енгізуімен керек жарық түсін алады (ақ, қызыл, сары, жасыл, көк).

Егер жартылай өткізгішті жарық диодтың құрылымын нақты тәсілмен өңделген болса және торларда айналы көрінушілерді жасап отырып (біреуі жартылай мөлдір), сәулелі аумағында оптикалық резонатор қалыптастырылады және жартылай мөлдір айнаның шығыста лазерлік сәулелендіргіш байқалады (5.7, б сур.). бұл сәулелендіргіш ең жоғары жарқынымен, тар спектрінің еңімен толқындар ұзындығымен (және 0,1 нм) және аз бұрыштық айырмашылығымен сипатталады.



5.7. сур. Сызбалы құрылымының ұсынылуы GaAs жарық диодтар (а) мен лазерлік диоды (б)

Жартылай өткізгіш лазерлеріне үшін аз қуат алатындар жақын (0,1-1 Вт) және габариттік өлшемдер, сонымен қатар төмен қосылу кернеуі. Олар жақсы қазіргі кіші габариттік электрондық аппаратураға енгізіледі. Қазір көп жартылай өткізгіш лазерлер түрлері шығарылады көрнекті ИК-диапазондарда сәуленуімен. Ең кең түрде байланыс желілерде, басқару жүйелерінде, ақпаратты жинау жүйелерінде және медицинада пайдаланады.

Қазіргі көп каналды мақталы – оптикалық ақпарат тапсыру жүйелеріне үшін лазерлер линейкасы, қатал түрде енгізілген үлгілердің жиілік торда талап етіледі. Оларды нанотехнологиялар әдістерімен іске асырылады, молекулярлы – сәулелі эпитаксия наноөлшемді гетероқұрылымдар шектеулі тоқ пен мақталы каналымен, 5.7, б сур. көрсетілген. Лазер сәуленуі толқынды каналдан шығады $p-n$ -ауысымда орналасқан.

5.3.

ОПТОПАРЛАР, ОПТРОНДАР МЕН ОПТОЭЛЕКТРОНДЫҚ МИКРОСЫЗБАЛАР

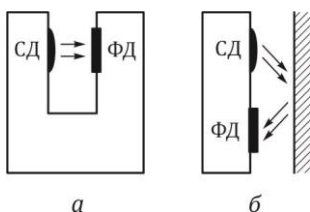
Технологияны егеру жетістіктері жарық диодтар мен фотодиодтар олардың баға сенімділігі мен төмендеуіне әкелді, бұл, өз кезегімен, прибор құрастыруында кең пайдаланды, автоматикада және басқа техника аумақтарында. Ерекше үздік жарық диодтар мен фотодиодтар оптожұптар мен оптрондар түрімен пайдалануы орны алған.

Жиі кезде автоматика сызбаларда бірнеше сәулендіргіш жұптар алынған – фотоқабылдағыш, мысалы, заттарды есептеуге конвейерлер, айналым есептегіштерде бұрыштық есептерді орындауына, яғни сызбаларда, сәулелі жарықты тоқтату принципіне қызмет ететін оның қайта келу жолымен әр түрлі затымен немесе арнайы пердемен (пластинамен) пайдаланып, бірнеше сәулендіргіш ашық каналмен

оптожұптар өзіне жарық диод пен фотодиодты қосады.

Санды сәулелі импульстарды тіркеу үшін немесе оның орналасуына үшін бұрыштық есептерге тесігі (терезелер) бар дисктерді пайдаланады.

Құрылымды шешімдер мысалдары оптожұптарды пайдалану кезінде 5.8 сур. келтірілген. Бірінші сәтте (5.8, а сур.) оптожұп датчик ретінде пайдаланады айналымдар есептесуге арналған немесе маховик айналма жылдамдығын бекітуге үшін жапырағымен, қысқаша түрде фотодиодты жарыққа жабатын әр айналым кезінде. Екінші сәтте (5.8, б сур.) сенсорлық датчки көрсетілген. жеңіл ашылған кезде мембранаға оң жағымен айқын жарық фотодиодқа түспейді және датчик басуын бақылайды.



5.8. сур. Ашық каналымен (а) көрсетілетін каналымен (б) сызбалы суреті

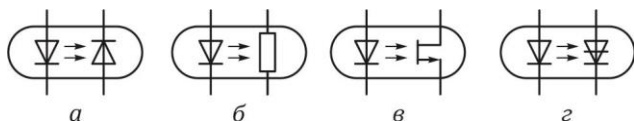
Ашық оптикалық каналмен оптожұптар әр түрлі оптоэлектрлік датчиктерді жасауға рұқсат береді. Олар орта параметрлердің бақылауын жеңілдетеді: температура, қысым, ылғалдылық, сұйықтылықтың деңгейі мен түсі, шаң, зиянды булар, газдардың концентрациясы мен т.б.

Оптожұптар сонымен қатар көп тұрақты және жоғары вольтты контактсыз оптикалық басқару элементтер секілді. Оптожұптар негізінде қуатты тиратрондар, лөстіргіш және релейлік қондырғылар, электрокосу коммутация қондырғылардың ашылуын жасайды және т.б. функционалдық мүмкіндіктердің ойынан оптожұптың мүмкіндіктері сондай себептер шешім шығарылады және жеке алынған жұптар сәулендіргіш-фотоқабылдағыш, бірақ тәжірибеде олар жеңіл және ыңғайлы, себебі оларда тиянақты сәулендіргіш сипаттамасы мен оның өзара орналасуы.

О п т р о н д а р — бұл оптожұптар өзіне сәулендіргіш пен фотоқабылдағыш қосатын жабық микро сызба түрімен орындалған байланыс қондырғысы ретінде пайдаланады. Осы сәттерде оптрон (оптожұп) блоктар арасында ақпаратты тапсырады, электрлі байланыстар жоқ болса. Кәдімгі оптрондардың графикалық суреттері әр түрлі оптожұптарымен 5.9. сур. көрсетілген. Олар оптрондардың әр түрлі құрылымды орындауын айқындалады.

Мысалы, гальваникалық шиеленіс, оптрон арқылы іске

асырылатын, құрылымдарында енгізілген кіріс кондырғылар мен компьютерлерде енгізілген.



5.9. сур. Фотодиодты (а), фоторезисторлы (б), фототранзисторлы (г), фототиристорлық (в) және фототиристорлық (г) оптопарлар (г) оптрондарының кәмідгі графикалық суреттері

ЭЕМ электрондық с ызбамен телефондық кіріс сызығының байланысы. Сызбалар элементтердің сынуынан сақтайды. Осы жағдайда салыстырмалы оптожұптарды пайдалану қолайлы КОД301А, КО- Д303А.

Оптрондарды гальваникалық байланысқа блок аралық электрондық және электротехникалық аппаратурада қажет болады. басқа мысал – екі блок гальваникалық байланыстың, әр түрлі қосу кернеулермен жұмыс істейтін сызбалары. Осы сәтте шығуында сигнал бірінші блоктың екінші блок кіріс сигналына диодты оптожұп арқылы беріледі.

Оптрондар мен оптоэлектрондық микро сызбаларды блоктар арасындағы ақпаратты тапсыру кондырығыларда пайдаланады, жабық электрлік байланыстарда. Оптрондар пайдалануы байланыс каналдарының кедергі тұрақтылығын жоғарылатады, қосылу тізгектер мен жалпы сым бойынша байланыстарда жағымсыз қарым қатынасын жояды.

Оптожұптар пайдалануымен ұштасқан тізгектерін кең түрде есептегіш, өлшегіш техникада және автоматика қондырығыларда пайдаланады, ерекше кезде датчиктер немесе басқа қабылдауыш қондырғылар өрттік- және жарылыс қауіпсіздігі жағдайында жұмыс істейтін, ұшқын қауіпсіздігі талаптарының орындалуы.

Оптрондар блоктары мәселелерін жеңілдетеді, функционалды тағайындауы мен қосылу сипаты (мысалы, орындаушылық механизмдер, ауыспалы ток желіден қосылатын, және басқарушы сигналдар қалыптастыратын тізгектер, төмен вольтты үнемі ток бұлақтарынан қосылатын).

Гальваникалық тыйым салуы жиі кезде тәжірибеде керек, мысалы, медициналық диагностикалық аппаратураны пайдалана отырып, датчик адамның денесіне бекітілген болса, ал өлшегіш приборлар, осы датчиктің күшейтетін және қалпына келтіретін сигналдар, желіге қосылған. Өлшегіш аппаратураның істемегендігі кезінде адамның электрлік тогімен зақымдану қауіпі келуі мүмкін, сондықтан датчик төмен вольтты бұлағынан (батареялар) және өлшегіш блогына

ажыраушы оптрон немесе оптожұптар арқылы қосылады.

Оптрондар мен оптожұптар жоғары қауіпсіздігінің талаптарында қажетті «жерге тигізілмеген» қондырғы кіру жолдары шың қондырғылармен «жерге тигізілген» байланысуға болады.

Мысалы, дисплейге байланысты телетайлық желіні қосылу кезінде, автоматты хатшымен, модеммен, телефондық желіге қосылатын және т.б.

Қазіргі кезде басқа микроэлектрондық элементтері мен оларды қамтамасыз ететін бірнеше оптрондары бар оптоэлектрондық микросызбалар шығарылады.

Функционалды себептер қатарын орындауы импульстық күшейткіштер, кілттер мен цифрлық логикалық элементтер. Оптоэлектрондық микро сызбалар басқа үлгілі функционалды себептер қатары орындауы, импульстық күшейткіштер, кілттер мен цифрлық логикалық элементтер қосылуы. Ережеге сай, оптоэлектрондық микро сызбалар үйлесімділік талаптарына қанағатты басқа үлгілі элементтерімен кіріс, шығыс сигналдар мен коректендіру кернеу деңгейлері бойынша.

Сонымен қатар фотодиодтар мен фототранзисторлардың микросызбалары транзисторлық каскад күшеюімен шығарылады.

5.4. АҚПАРАТ КӨРСЕТУДІҢ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫ

Электрондық қондырғыларда, өлшегіш приборларда, калькуляторлар мен нысанда табло көруге оптималды экрандарында ақпаратты көрінетін қазіргі ақпаратты автоматты жинау мен өндеу жасалуы, цифрлық басқару жүйесі, телеметриялық мен басқа бақылау-өлшегіш пен тіркеуші аппаратура қондырғылардың үлкен классының болуына жасалған.

Дисплейлі экранда байқалатын ақпарат әрбір екі мөлшерлі суретімен осы қондырғылар (ақпаратты көрсету приборлары немесе индикаторлық қондырғылар) әріпті-цифрлық аппаратурада, бірнеше ақпарат әріп пен сан түрінде ұсынылады.

Ақпаратты көрсету приборларда әр түрлі техникалық іске асыруындағы әр түрлі физикалық әрекеттер мен ақпарат ұсынудың нысандары пайдаланады.

Қазіргі кезде әр түрлі көріну нысанды ақпарат суреттері бар: әріпті, цифрлық, әріпті цифрлық, графикалық, символикалық пен т.б. сонымен қатар олардың жұмысы әр түрлі физикалық принциптерінде негізделіп, индикаторлық қондырғылар пайдаланады.

Ең кең түрінде газ разрядты, электролюминесценттік, жарық диодты мен сұйық кристаллды индикаторлық қондырғылар пайдаланады.

Ақпарат теледидар экрандарда және компьютер мониторларда сурет түрімен, электронды-сәулелі трубкалар, сонымен қатар плазмалық, жарық диодты мен сұйық кристаллды панельдерін пайдалануымен орындалуы мүмкін.

Экрандарда себептерден тыс, әр түрлі өлшемдер мен әр түрлі рәсімделуінен тыс (кіші индикаторлардан бастап қол сағаттарда және үлкен ақпараттық-жарнамалық шиттар мен панельдері) пайда болады.

Жақсы қосылу тәсілі болып табылатын ақпаратты көрінудің жүйелеріне ұсынылатын негізгі талабы болып саналады.

Цифрлық ақпаратты көрнекі түрде цифрлық ақпаратты қалпына келтіруге қажетті тез арада болуы, яғни ақпаратты әр түрлі жарықтануы кезінде нақты уақыт масштабында жұмыс істеуі мүмкін. Ақпаратты көрсету қондырғының дамуы ең экономикалық жолымен жасалуы, сенімді және тиянақты сапасына қарай алынған суреттер қосылады.

Тыйым салу мен қарқындылығы, басқарушы сигналы мен жоғары сезімталдығы және аз пайдаланатын қуатымен қазіргі индикаторлық қондырғылар аса және төмен жарығы жағдайында жұмыс істеуі қажет. Олар механикалық жүктемені ұстап отырып, сенімді, ұзақ мерзімді кең диапазонда температурада болуы қажет.

Осы жұмыс электрооптикалық әсерлерінде (ЭОИ), олардың электрооптикалық әсерлерінде жұмысымен (ЭОӘ) негізделген сұйық кристаллдарда (СК), ақпаратты көрсету қондырғылар ортасында аса орында сұйық кристаллды индикаторлар (СКИ) тұр.

Ең экономикалық және тамаша қазіргі электрондық аппаратурамен интегральді микросызбада үйлесімді, барлық талаптарына қанағатты болып, қондырғының ақпараттың суреттеу ортасында болады.

Ең болашақты және экономикалық ақпараттың көрсету амалдары болып табылатын СК негізінде индикаторлық қондырғыларды қарастырамыз.

Жұмыстың физикалық механизмі басқаша болуымен газ разрядты индикаторларда және жарық диодтарда кәдімгідей өтіп, бірақ индикаторлық қондырғыларда сурет қалыптасады.

СК әр түрлі қондырғыларда заттар пайдалануына байланысты бағыты соңғы он жылдықта кең дамуын алды.

СК негізінде индикаторлық қондырғылар және жарық диодтартарында жетістіктер қатары бар: аз алынатын қуат, жақсы өлшем, төмен баға, сонымен қатар тікелей үйлесімділік пен басқарудың МДП-сызбалары.

СК индикаторлық қондырғылар мен жарық диодтарда жасауға рұқсат етеді:

- кең жарқын аралығында индикаторымен көрсеткіштер есептеуі (яғни жарық күн сәулесі, және кеш уақытында да);
- бір түсті және көп түсті индикаторларының іске асырылуы;
- ақпаратты ұзақ сақталуы және жазылымы (сақтау мезгілінде олар электрлі энергияда талап етілмейді);
- ақпаратты жартылай тондарда қайта ашылуы;
- көп түсті индикация;
- тікелей лгикалық тізбектермен басқарылатын панельдер болуы.

СК индикаторлары мен жарық диодтарда төмен пайдаланатын қуаты бар ($0,1 \text{ мВт/см}^2$) және жоғары рұқсат етілетін тәсілі ($400 \text{ сызықтарға дейін } 1 \text{ мм}$).

СК мен жарық диодтар индикаторлардың сипаттама ерекшеліктері:

- механикалық қозғалатын заттар болмауы;
- көрінтін белгілер өлшемдерімен негізінде анықталатын тік құрылымның кіші көлемі;
- үлкен аумақтарда ақпаратты көрсету мүмкіндігі;
- шығыс материалдардың төмен бағасы мен жасалу технологиясының жайлылығы;
- біршама қызмет ету мерзімі ($10\,000 \text{ с. кем}$).

Индикаторлардың жасалу мен тәжірибелі түрде пайдалануы мен мониторлардың қазіргі кезде Ресей, АҚШ, Еуропа, Жапонияның ғылыми орталықтары айналысады. Осылайша, отандық өндірісі ЭЕМ шығарылымы игерілген бесінші болашақты және микрокалькуляторлар СК негізінде индикаторлар. Электрондық сағаттардың сериялық шығарылымы сұйық кристалдармен индикация қондырғыларымен икемделген.

Бірнеше жетістіктеріне қарамастан приборларды оқу мен пайдалануында ақпарат көрсетуінде негізінде жаңа бағыт болып табылады. Қазір қарқынды жолмен қажетті жарқырауымен, түстері мен жылдамдылықпен үлкен теледидарлық және ақпараттық экрандар жасалады.

Сұйық кристаллдар әсері мен СКҚ қондырғысы. Барлық сұйық кристаллдар ұзын нысанды молекулалардан тұрады, олардың қатарласуы әлсіз алыстан әсер ететін күштерімен қамтамасыз етіледі. Молекулалар арасындағы күштер аз, С құрылымы сыртқы факторлардың температура әсерінен тәуелді: температура, механикалық кедергілер, электрлік және магниттік аумақтар, ультрадыбыстар және т.б. СК реакциясы осы әсерлеріне негізінде оптикалық әсерлерінің өзгерілуінде көрсетіледі (жарық өткізгіші, түс, поляризация), ол жарықпен басқаруға пайдалануы мүмкін, сонымен қатар қабылдау, сақтау мен көрсету ақпаратты.

Заттың сұйық кристалл жағдайы (мезофаза, немесе аралық фаза) нақты шектес әр байланысқа, температуралық аралықта пайда болады. Мезофазада зат механикалық әсерлерімен сұйықтыларға жатады, яғни сұйығымен сипатталады, үстінгі жабуы мен қаттылығымен.

Онымен бірге СК мезофазада алыс ориентациялық тәртіп молекулалар мен анизотропияда жақын (әр бағытта бірдей емес) магниттік, диэлектрикалық пен оптикалық әсерлері, кристаллдарға жататын.

Сұйықтығында кристаллдар мен сұйық кристаллдар молекулалар еркінмен өзгешеленеді. Сұйықтығында молекулалар қозғалыста үш уақытта және айналма түрде үш өзара-перпендикулярлы жолымен айналады. Молекула кристаллдарында олардың айналуы мүмкін емес. Сұйық кристаллдарда молекулалар қозғалыста екі бағытта және өз айналымы бойынша айналады. Температура өзгеріске қарай СК құрылымы өзгеріледі. Төмен температуралар кезінде орталықтар кристаллдық торын жасайды, молекулалық айналмада бір қатар ориентациясы бар. Температура көтерілген кезінде қыздыру болады, үш өлшемді кристаллдық тордың орнына бір өлшемді пайда болады. Әрі қарай көтерілген температурада толығымен алыс үйлесім тәртіп жоғалады, бірақ олардың ориентациялық тәртіп сақталады, яғни локалды бір жақты ұзын айналмалардың ориентациясы. Ең жоғары температурада толық күйдіру пайда болады және изототтық сұйықтылық жасалады.

Заттың температуралық ауысымы кристаллдық фазадан мезофазаға күйдіру температурасы болып атайды $T_{пл}$, ал мезофазадан кәдімгі сұйық жағдайына келетін зат температурасын — жарықтану температурасы болып атайды $T_{пр}$. Соңғы мезофазада сол немес заттың басқа деңгейде жарықты болдырмайтын және көрінбейтін болып түссе ал табиғи сұйық сәтінде олар мөлдір.

$T_{пл}$ и $T_{пр}$ температураларда үлкен кең диапазон бар: -20 бастап $+250$ °C дейін. Температуралық аралықтар мезофазада ($\Delta T = T_{пл} - T_{пр}$) СК және қосапаларда әр түрлі: бір заттарда олар үлкен ($20...70^\circ\text{C}$), ал басқаларда — аса төмен ($2...7^\circ\text{C}$).

СК әсерлері молекулалар құрылымымен негізделген, ұзын (таяқ секілді) нысаны бар. Өзара орналасуынан тыс СК молекулаларды смектикалық, сметикасыз және холестериялыққа бөлінеді.

Сметикалық сұйық кристаллдарда молекулалар дәйекті түрде орналасқан және нақты құрылымы бар, яғни нақты ориентациясы ұзын орталықтар молекулалар ауырлығымен. Осындай СК екі мөлшерлі кристаллдарға сәйкес.

Внематикалық сұйық кристаллдарда молекулалар дәйекті түрде орналасқан, бірақ орталықтар бір біреуден алыстау. Осындай СК бір кристаллдарға сәйкесті және реттелген болып есептеледі смектикалықтарға қарамастан. Барлық көлем аумақтардан тұрады, молекулалар осьтарының ориентация бағытымен айлмасатын. Сондықтан СК аса жарықты жояды, яғни көрінбейді. Олардың молекулалары электрлі аумағымен беріледі, себебі СК оның әсерімен көрінеді. Сонымен қатар электродтардың сәйкесті орналасуын (көлденең) және гомеотроптық (шектес пластиналардан көлденең) жетуге болады.

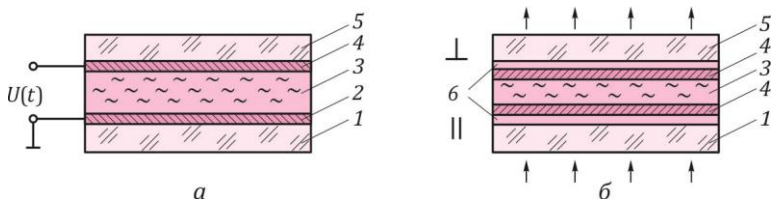
Холестериялық сұйық кристаллдар нематикалық түрінің ерекшелігі болып табылады. Сонымен қатар тік аумағының өтетін жарықтан поляризацияға жабылады.

Олар спиральпен сипатталады, немесе молекулалар ориентациясы қайталама мезгілінде, 0,2 бастап 20 мкм дейін. Қабықты поляризаторларды пайдалана отырып кірісте және шығыста сұйық кристалл пластинада оның ағаруын байқауға болады, кернеуде және өтетін жарық бояумен болады.

Сұйық кристаллдар органикалық заттардың әр түрлі байланыс болып табылады, оларда ұзын молекулалар құрылым бар екі байланыспен. Қазіргі кезде көп заттар таңылған және олар жақсы зерттелген. Сонымен қатар синтез пен тазалау кең түрінде жасалған. Негізінде индикаторларда СК пайдаланады, аумақта нематикалық фазасы температура мен прибор пайдалануы (-10 бастап +60 °C дейін). Осындай СК алу үшін әр түрлі әсерлермен заттар байланысы тандалған. Бірнеше жағдайда (мысалы, СК сыртқы жарыққа үшін) түсті легирленген қоспалар СК көлемінің 3...5 % санымен пайдаланады.

Холестериялық кристаллдарда өз түстер бар: көкпен бастап сары түске дейін және қызылға. Нематикалық кристаллдарын араластыру кезінде холестериялықтармен алған қоспа соңғы түрімен пацда болады, яғни оптикалық белсенділігі болады. Жиі кезде қоспаларды 10... 20 °C температурады жарық температурадан жоғары емес толық араластыруымен және бір ретті байланыс алуы үшін қайнатады.

СК физикалық жұмыс принциптері. Элементтер құрылымы (сегменттер) СК, индикацияда жұмыс істейтін 5.10 сур. көрсетілген. Сызбада 5.10, *a* көрсетілген, жарық темір қабықтан — электрода 2 орналасқан.



5.10. сур. СК-индикаторлар сегменттердің құрылымы, байқауы (а) мен жарқырауы (б): 1 — шынылы ұстағыш; 2 — темір электрод-байқаушы; 3 — сұйық кристаллдар қатары; 4 — мөлдір электрод; 5 — шыны терезе; 6 — шыны ұстағышта қабықтар – поляризаторлар. 1. Одан кейін сұйық кристаллдар қатардан өтіп 3 және өтетін мөлдір қатары — электрод 4, шыны терезеге келтірген 5. Кернеуде молекулалар СК нематикалық ұзынымен күшті сызықтардың электрлі аумағында сұйық кристалл ағарады, электро түрімен. 2. Нәтижесінде көрінетін аумақта нематикалық кристаллдың қараңғы-көк қабығының суреті ұстағышта пайда болады.

5.10, б сур. СК индикатор сегментінің құрылымы (поляризациялық түрінің) жарыққа жұмыс істейтіні көрсетілген.

Поляризациялық осьтарымен, 90° бұрышпен негізделіп қосымша СК қатарынан екі жақтан қабықтар – поляризаторлар орнатылған.

Ортогондық поляризация жарығын өткізбей (сонымен қатар оның аумағы 90°), жарық бірінші қабықпен анықталады 6 және, одан өтіп мөлдір электрод қатарынан 4 және ЖК 3 қатары, екінші қабықпен өшіріледі 6.

Егер кернеу берілген кезде электродтар арасында СК жіңішке қатары болса, теңістірілген поляризаторлар жарықты өткізеді.

Электродтарға элементтер СК холестериялықпен кернеу берілген болса жарық одан өтеді және суретін байқайды оны экранға жобалауға мүмкін болады.

Сұйық кристалл индикаторларда пайдаланатын оптикалық әсерлерін қарастырамыз.

Интерференция — әр толқынды салынатын әсері, СК қатарынан өтетін, теңістірілген немесе параллельді поляризаторлар арасында орналасқан. Осы жағдайда ақ жарықпен ағарған кезінде сурет жарқын боялған болып көрінеді.

Плеохроизм — әр түрлі толқындарының бірдей емес өшіру әсері, СК өткізетін болса оған келтіреді. олардың арасынан поляризациялық жарығы әр бағыттарда әр түрлі боялған болып көрінеді.

Нематикалық СК күшті жарық азаюы. СК қалыдығымен қатар бірнеше миллиметрге мөлдір емес. Ең жіңішке қабықтарда жарық сонымен қатар жоғалады, сүт түсті немесе әлсіз түсті бояуға айналады. Кернеу болған кезде зат молекулалары СК қайта жасалады мөлдір

болып электрод аумағында пайда болады.

Поляризация аумағының айналуы (оптикалық белсенділік) СК жіңішке қабықтарда холестериялық түріндегі кездеседі. Поляризациялық жарықтың сәулесі h қалыңдығымен СК қатарынан өтетін, нашығуында поляризация аумағы бар, ол кіріс жарығы бұрылған $a = rh$ (онда r — затта поляризация аумағының айналуы). СК маңызы аса жоғары, кварцтан гөрі ($15,5^\circ/\text{мм}$): $70\,000^\circ/\text{мм}$ жетеді.

Электрооптикалық әсері «қонақ — иесі» СК нематикалық молекулалары, электрлі аумағымен өзара, плехроирлік бояғыш молекулалармен тізгекке тұрып және бояғыш түсін өшіреді.

Индикторлар элементтері әр түрлі оптикалық СК әсерлерінде жасалады. Мысалы, цифрлық индикаторларда калькулятор пайдаланады, яғни жарық байқалады, темір ұстағышта көзделген. Мысалы, цифрлық индикаторларда калькулятор ағару әсері болып пайдаланады.

Приборлар мен индикаторлық панельдеріне түнгі уақытта жұмыс істейтін, СК ұяшықтар жарықпен және өту сәулесімен пайдаланады.

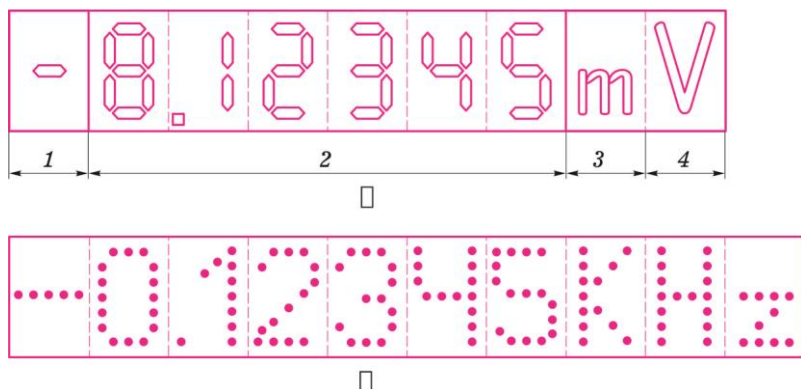
Сұйық кристалл қондырғылары сурет жарқынын күшейтеді, және проекциялық жүйелер, сурет өлшемдерін көбейтеді, сонымен қатар суретті ұзақ уақытқа сақталады. Сурет сақталуы электродтар арасында сегнетоэлектрик енгізуімен қамтамасыз етіледі. Кернеу берілген кезде сегнетоэлектрик кернеуден кейін де поляризацияланады.

Цифрлық және әріпті СКҚ құрылымдары. Әріпті-цифрлық индикаторлар түрлі ұяшықтарды бірнеше сегменттермен жинауымен, қажетті әріпті құрастыратын, цифра мен символын (үтір, белгі мен т.б.)

Элементтердің әріпті-цифрлық индикатор ұяшықтарда элементтердің орналасуы 5.11 сур. көрсетілген. Цифрларды көрсету үшін калькуляторларда ең кәдімгі жеті сегменттік және тоғыз сегменттік ұяшықтарды пайдаланады. Әріпті индикаторларына аса қиын ұяшықтарды пайдаланады бір қатар сегменттермен бірге. Кернеуімен сегменттер қажетті цифрлар суреті, әріптер мен символдар көрінеді.

Бірнеше жағдайда сұйық кристалл прибор индикаторлары мен калькуляторлары мозайка ретінде және символикалық суреттер болып орындалады, бір панельде ұсынылған. Осындай панельдер түрлері 5.12 сур. көрсетілген. Мозайка секілді нүктелі индикаторларға үлкен әріп, цифрлар мен символар санын қалыптастыруға рұқсаты бар. Аса қиын ақпаратты көрсету үшін матрицалық индикаторлар пайдаланады.

Матрицялық индикаторлар СК нематикалық жіңішке қатардың панелі болып екі шыны пластиналар арасында орналасқан сызықты электродтар мен мөлдір қабықтарын ұсынады. Өтетін сызықтар қарама – қарсы пластиналарда өзара перпендикулярлық түрімен орналасқан, растр болады. Қосылу мен сөндіру уақыты растр элементі кернеу ұзақтығынан тәуелді. Бірнеше жағдайда суретін сақтау үшін.



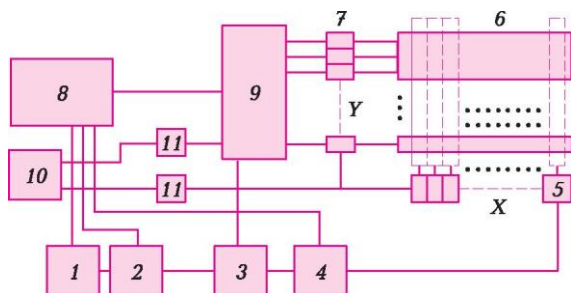
5.12 сур. Приборлық индикаторлар жеті сегменттік (а) және мозайка ретінде (б) индикаторлық ұяшықтардан панельдері:

1 — белгіге орын; 2 — цифрға орын; 3 — көбейткіш орны; 4 — айырмашылыққа орын.

Панель үнемі кернеу жылжытуында беріледі. Сұйық кристаллдар қоспалар пайдалануы матрицялық индикаторды 100 x 160 элементтерден тұратын алуға мүмкіндік береді, қайта қосылу уақытымен 50 мс элементімен және кадрды 100 мс мерзімінде сақтау мүмкіндігімен. Ең ұзық ақпарат сақтауына бір пластинаға қабықты электродына сгнетоэлектрик қатары жағылады. Кернеу берілген кезде қарсы электродтарына сегнетоэлектрик полярленген, молекулаларға нақты ориентациясын қойылуымен. Кернеу сөндірілген кезде сгнетоэлектрик поляризациясы қалады, СК мен суреттер ориентациясы сақталады. Осы орайда суретті «өшіру» үшін барлық электродтарға деполярленген кернеу беріледі.

Қондырғының құрылымды сызбасы матрицялық индикаторлық панелімен 5.13 сур. ұмынылған. Қондырғы келесі тәсілмен жұмыс істейді. Өлшем нәтижелері 1 мәліметтер бұлағынан БИС 2 сақтауына беріледі. Символ генераторы 3 және жылжыйтын сигнал 4 сандарды құрастырады. Сызба 5 басқарудың Х-өткізгіштермен разъемға кернеу

әкеледі X матриялық сұйық кристаллдар панеліне. Сызба 7 басқарудың Y -өткізгіштермен разьёміне кернеу әкеледі Y . Басқарушы сызба 8 кернеу импульстарын қалыптастырады генераторға үшін мекен-жай сигналдарына 9, оған тактты импульстар беріледі 10 тапсырушы генератордан, жиілік бөлігіші арқылы 11. Сурет жазылымы кернеу өткізгіштерге қосылу жолымен жасалады X (ашу) мен кернеу 180° фазаға айналған, Y өткізгіштеріне (суретін қалыптастыратын). X пен Y электродтарда суретін сақтау үшін үнемі жалжыту кернеу беріледі.



5.13 сур. Матриялық индикатор панелімен басқару қондырғысының құрылымды сызбасы:

1 — мәліметтер бұлағы; 2 — МДП-құрылымдарда БИС сақтауы; 3 — символар генераторы; 4 — жылжынатын регистр; 5 — басқару сызбасы X -өткізгіштермен; 6 — матриялық панель; 7 — өткізгіштермен басқару сызбасы Y ; 8 — басқарушы сызба; 9 — мекен-жай сигнал генераторы; 10 — тапсырушы генератор; 11 — жиілік бөлуші

Бүгінгіде әр түрл көп приборлы әріпті-цифрлық ақпараттық индикаторлық панельдер жасалған жарықпен және жарықсыз, жарыққа жұмыс істейтін және суретіне. Сонымен қатар сұйық кристаллды индикатор панельдері жасалған және пайдаланып жүр түрлі түсті суретімен, оларға аз басқарушы кернеу жақын (3...8 В), пайдаланатын қуат (10 мкВт/см²) және қайта қосылу уақыты (10 мс) қарқындылығымен 1 000:1. СК индикаторлық қондырғылар қызметінің мерзімі бірнеше он мың сағаттардан тұрады.

Жарық диодты индикаторлар. Жоғарыда айтылғандай, монолиттік және гибрид жарық диодты бір разрядты жеті сегменттік индикаторлар құрылымы ИПЦ02А-1/7КЛ түріндегі қондырғыны қалыпқа келтіреді, сонымен қатар матриялық индикаторлар мен индикаторлық панельдер қондырғыларын қалыпқа келтіреді. Жарық диодты индикаторлардың басқаруы сұйық кристаллдар секілді, статикалық элементтерге тапсыруымен (үнемі), немесе сыртқы немесе енгізілген басқару сызбасынан импульстық кернеуімен сипатталады. Жарық диодты индикаторлар құрылымына жартылай өткізгіт жоғары энергиямен

зарядтар кіруі қажет (1,8 эВ жоғары), олар көрінетін суретімен 750 нм кемес емес толқын ұзындығымен кіруі қажет. Осындай жартылай өткізгіштеріне галлий фосфиды (GaP), галлий арсениды (GaAs), арсенид-галлий-алюминий (GaAlAs), кремний карбиды (SiC) жатады. Құрамының өзгерілуі және ұстағыштардың енгізуімен жарықтың сыртқы түсін қамтамасыз етеді (қызыл, сары, жасыл, көк).

Жеті сегменттік элементімен басқару сызбасында екі-ондық коды бар позициялық жеті сегменттік коды пен шектес резисторлар (дешифратор-қалыптастырушы ИМС 564ИД5). Басқарушы сигналдарымен осы сызда төрт разрядты екі-ондық кодтар болып табылады, онда дешифратор кіруінде беріледі.

Енгізілген сызбалар сатикалық басқаруының цифрлық бір разрядты жартылай өткізгіш индикаторларымен 490ИП1 және 490ИП2.

Мультиплексорлық басқаруы дәйекті түрде қайта қосылуымен диодтар жиілігімен жасалады 60.100 Гц және импульстар ұзындығымен «20 мс. Тапсырушы қондырғы дешифратор басқарудың тармақ пен столбик басқарушы сигналдарын жасайды. Басқару дешифраторы қандай диодтар осы бағанға қосылуы қажет етуін, кернеу болған сәтінде анықтайды.

Жарық диодты индикаторлық жарығы оларға берілетін тоққа сай, және оны жалпы жарығуымен оператордың жұмыс орыннан реттеуге болады.

Жарық диодты индикаторлар параметрлерлің маңызы келесі:

жарқырау — 5 000 кд/м² дейін; жер күші — 1...1 000 мкД (кД — канде- ла « 1 свече); инерциялық — 10 нс дейін; жұмыс кернеуі — 1,5.5 В; пайдаланатын тоқ — 5... 10 мА; КПД — 5... 10 %; жұмыс температуралар диапазоны — - 60 бастап +85 °С дейін; минималды жүктеме — 25 . 50 мың ад.

Жоғары жарқырау сипаттамаларының көмегімен, төмен қосылатын кернеуге және төмен энергия пайдалануына жартылац өткізгішті индикаторлық панельдер әр түрлі өлшемдерінің және құрылымдарының кең түрде прибор жасауында пайдаланады және әр түрлі техника аумақтарында пайдаланып жүр.

5.5. МАҚТАЛЫ- ОПТИКАЛЫҚ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР

XX ғ. үлкен ақпарат көлемдерінің тапсыруында қажеттілік қысқаша уақыт аралығында өсті. Ескіленген жабдық және ақпаратты тапсыру әдістері осы жағдайға қанағат тұтпады. Бұл жасауына және кең

мақталы-оптикалық байланысты (БМОС) енгізуіне әкелді оптикалық кабельдер негізінде (ОК) ең ОК көбеюі ақпараттың тапсыруы бағдарламаларында, ХХІ ғ. басында келді. Біздің уақытта көп ұйымдар мәліметтер тапсыруымен байланысты қызметімен, темір кабельдерден және ұқсас қондырғылардан баст тартады және цифрлық мақталы+оптикалық байланыс жүйелерге ауысады. Осындай тапсыру жүйелері есептегіш кешендерінде құрама бөлігіне кіреді және өндеу жүйелеріне және мәліметтерді сақтауына, кең пайдаланудың телекоммуникалық жүйелердің жабдығының ажырамас бөлігі мен ақпараттық технологиялар болып табылатын. Оптикалық кабельдердің жетістігі пайдаланатын дәстүрлі темір кабельдерден тыс келесі:

- мыс экономиясы (оптикалық мақтада жоғары жиілілігімен балқыған кварцты пайдаланады, табиғата ол көп);
- үлкен ақпараттық-өткізгіш тәсілімен талшықтар жасалу мүмкіндігі (Тбит/с бірнеше жылдамдығы);
- үлкен жиілілігімен расталатын кең өткізу сызығы – 10^{14} Гц дейін;
- сигналдың аз өшіруі (0,2...0,5) үлкен ұзақтығымен сызықтарын ретрансляциясыз (200 км дейін);
- жоғары кедергі қорғанышы;
- сыртқы әсерлерден жоғары қорғаныш;
- аз габариттер мен салмақ;
- энергияның аз пайдалануы (радиорелейлі, телефондық мен спутникті жүйелерден тыс);
- жоғары сенімділік (ұзақ уақыт істемеушіліксіз)
- жоғары экологиялық пен қауіпсіздік.

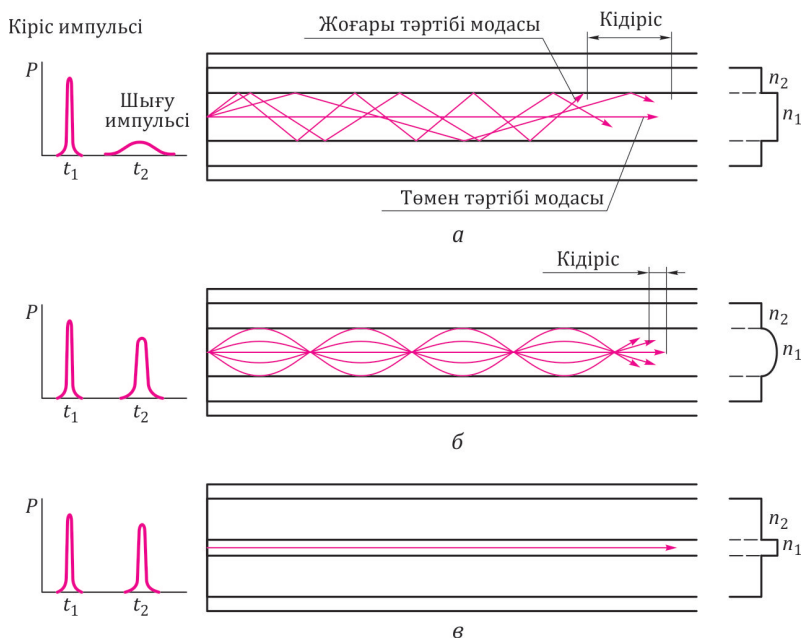
БМОС өтуімен жасалуы бір модальдық оптикалық талшықтар жасалуы мен пайдалануы пайда болды, оларда минималды жоғалтулар мен аз аумақта толқындар ұзындығы дисперсиясы бар 1,3,1,6 мкм. Олардың пайдалануы ретрансляторсыз аумақтар аралығын көбеюге рұқсат етілген 200 км дейін және жалпы ұзындығымен тапсыру сызықтарын жасап 10000 км және өтетін тәсілімен 2 Тбит/с дейін. БМОС базасында бірдей интегральді жүйе дамиды көп мағыналы – телефондық пен цифрлық байланысқа, теледидарға, Ғаламтор жүйесі бойынша мәліметтер тапсыруына. Болашақты пайдалануы цифрлық кабельді теледидарда оптикалық пайдалануы жоғары сурет сапасын қамтамасыз етеді және абоненттердің ақпараттық қызмет ету мүмкіндігін кеңейтеді.

Оптикалық тәртібінің жұмыс принципі. Оптикалық талшық диэлектрикалық толқынды болып, кварц шыныдан жасалған. Онда жарық берілетін ортасымен жарық көрсеткіші бар n_1 , қабықпен айналған көрсеткішімен n_2 , себебі $n_1 > n_2$. Талшық құрылымы 5.14. сур.

көрсетілген.

Талшықтар түрлері. Барлық оптикалық талшықтар екі негізгі топтарға бөлінеді: көп мысты MMF (multi mode fiber) және бір мысты SMF (single mode fiber). Оптикалық моданың оптикасында бір бұрышпен жарық диодтың болып отырады.

Бір мысты талшықта құрылымы есебінен (кіші ортасы және аз көрсеткіштер айырмашылығы мен қабықтың) талшық бойы бір ғана жарық ұсталады. Осыдан жоғалту болмайды және өткізгіш тәсілі күшееді. Бірақ жарықты тек лазермен ғана жүргізуге болады, аппаратура бағасы өседі. Бұл талшықты ұзық және жоғары жылдамдылық байланыс сызықтарына ғана пайдаланады.



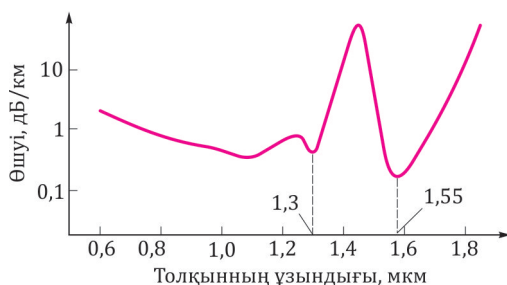
5.14 сур. Оптикалық талшықтар түрлері, олардың көрсеткіш кескіндері мен оптикалық импульстың кеңейтуі:

a — қадамдық; **б** — параболиялық (градиенттік); **в** — бір модальдық

Көп модальды талшықтар қадамдық болып бөлінеді (**step index multi mode fiber**) және градиенттік (**graded index multi mode fiber**). Осы талшықтарда ортасының үлкен диаметрімен (50 немесе 65 мкм) және үлкен апертурасы (0,24) бар. Сондықтан оларда жарық диодтардан сәулесін көруге болады. Аппаратура жеңілдетеді, бірақ ақпараттық — өткізгіш тәсілі тез арада төмендейді. Қазіргі кезле градиенттік

талшықтарын ғана пайдаланады және локальді телекоммуникациялық жүйелеріне 5 км бастап аралықпен және өткізгіш тәсілімен 100 Мбит/с дейін.

Мөлдір терезенің сигнал өшірілуі. Мөлдір терезесі (ағылш. **Transmission Window, Telecom Window**) — оптикалық сәулелендірудің толқындар ұзындығының диапазоны, онда басқа диапазондарға қарамастан аз орны бар, ортада жарық болмауы, жиі кезде — оптикалық атлшығында. Стандартты қадамдық талшықта (SMF) үш мөлдір терезенің түрі бар: 850, 1 310 мен 1 550 нм.



5.15 сур. Оптикалық талшығында спектральді өшіруі

Жарықтың өшіру бір тұтас болуы оптикалық талшығында әр түрлі диапазонда ортаның дұрыс болмауымен анықталған, қоспалар болуы, әр түрлі жиілігінде жарық әкететін және себуі.

Әр терезелерде өшіруі мөлдірлігі бірдей емес. Тәуелділік кестесі кварц талшығында толқын ұзындығынан және үш терезе мөлдірлігі 5.15 сур. көрсетілген.

Аз азаю биіктігі — 0,22 дБ/км толқын ұзындығымен байқалады 1 550 нм, сондықтан үшінші терезе жарық ұйымдастыруымен байланысты үлкен аралықтарына. Екінші терезеде (1 310 нм) өшіру жоғары, бірақ осы ұзындығына нөл дисперсиясы жақын, сондықтан екінші терезе қалалық пен аумақтық жүйелерде біршама ұзақтығымен пайдаланады. Бірінші терезе кеңселік оптикалық жүйелерде; осы терезенің пайдалануы біршама.

Дисперсияның өткізгіш тәсіл каналына әсері. Д и с п е р с и я — импульст аралығымен кеңеюі. Ол жағымсыз түрде каналдың өткізгіш тәсіліне әсер етеді. қазіргі опто талшықты технологиялар цифрлық тәсіл болып пайдаланады ақпаратты тапсыру тәсілі ретінде. Жүйелі сигнал импульстармен келеді. Күшті болса кеңейген (көрінбейтін) импульс уақытында шығуында (дисперсия арқылы), үлкен аралықтар арасындағы тапсырылатын сигналдар, оларда айырмашылығы бар

болуы үшін. Бұл шектеледі, байланыс каналдың өткізгіш тәсілін. Сондықтан дисперсия биіктігін төмендету қажет, ақпараттық сигналының синалдың уақыт бірлігі санынан өтуін көбейте отырып.

Негізгі дисперсия (модалы) әр түрлі бұрыштық модалы өту жолдарымен байланысты. сондықтан дисперсияны төмендету үшін таратылған сандарын жою қажет бір қатар мод (сәуле) жарық диодта. Бір модалы талшығында дисперсия жойылған, сондықтан өткізгіш тәсілі жүз ретке жоғары көп модалыдан гөрі.

Талшықты – оптикалық кабельдері. Оптикалық талшықтарда төмен өлшемдер бар: ортасы 8..9 мкм диаметрімен, кварц қабығы 125 мкм, лак жабылуымен талшығы 210 мкм. Ол қажетті шегіне нақты түрде (7 кгс дейін жетеді) және шиеленіс ($R = 5$ мм дейін), бірақ жақсы қорғанышқа оны оптикалық кабельде ғана пайдаланады (ОК).

Төсеніш жағдайынан тыс әр түрлі тізгектерде ерте ОК әр түрлері пайдаланады, негізінде, темір элементтерімен (өткізгіштер, болат проволкадан қабықтар, болат пен алюминий сызықтардан, полиэтилендік қабықтармен жабылған) және толығымен диэлектрикалық – темірсіз.

Біріншінің жетістігі – бұл жоғары механикалық нақтылы мен ылғалды тұрақтылық. Мыс өткізгіштермен қызметтік байланыста болуға мүмкін, оларды дистанциялық электро қосылуына үшін линейлік генераторларына пайдалануға болады. Екінші ерекшелік электромагниттік әсерлерден еркін, механикалық нақты, ылғалдылығы аз, тышқандардан қауіпті. Тұрақтылығына синтетикалық полимерлік байланыстарын және шыны секілді тростарын пайдаланады.

Бірнеше жағдайда оптикалық кабельді пайдаланады, найзағай қорғаныш тросына енгізілген. Ол жоғары вольтты тапсыру жүйелеріне тіреуіштерде ілінеді арнайы қысқыштарды пайдалануымен және байланыс арматурада. Жиі кезде темір жолда кабельдер ОКМС-А-6(2,4) мен Сп-24(2) өзара ұстайтын және тіреуіштерге контактты жүйеге болып ілінеді 110 кВ кернеуімен, ол жеткілікті болып саналады. ОК диапазоны шығын тұрақты және үлкен диапазонда -60 бастап +70 °С дейін температурада пайдаланады.

Талшықты – оптикалық байланыс жүйелері толқындар ұзындығымен бөлінуімен.

Каналдардың спектральді бөлінуі (ағылш. **Wavelength-division multiplexing**, WDM, бмилтиплексорлық толқындар ұзындығымен — бір қатар бірнеше ақпараттық каналдарын бір оптикалық талық бойынша толқындардың әр ұзындығында тапсыруға рұқсат ететін технология (әр түрлі оптикалық жиіліктер).

WDM технологиясы каналдың өткізгіш тәсілін көбейтуге, мақталы-оптикалық тізгектерін пайдалануға рұқсат береді. WDM көмегімен бір талшықта он шақты оптикалық ақпараттық каналдарының екі жақтық

көп каналды ағымын (трафикті) ұйымдастыруға болады.

Кәдімгі жағдайда әр лазерлік таратқыш сигналмен бірге бір жиілікте жиілік жоспарынан. Барлық сигналдар оптикалық мультиплексормен оптикалық талшығына енгізіледі және бірігеді (MUX). Қабылдау аяғында сигналдар демultipлексормен бөлінеді (DEMUX). WDM жүйелерінде кері мультиплексор кілтті элемент болып табылады. Ол сигналдардың кері тапсыруында демultipлексор болып табылады.

Синхрондық цифрлық иерархия (SDH). Синхрондық цифрлық иерархия (СЦИ; ағылш. SDH — *Synchronous Digital Hierarchy*) — көліктік телекоммуникалық жүйелер технологиясы. СЦИ стандарттары цифрлық сигналдар сипатамалары анықтайды, фреймдер құрылымын қосылып (циклдар), мультиплексорлық әдісі, цифрлық иерархия мен интерфейстер код шаблондары мен т.б.

Интерфейстер стандартты жабдығын әр түрлі тиістілігіне байланысу мүмкіндігі. SDH жүйесі әмбебап стандарттар жүйелі байланыс интерфейстерге, цифрлық жылдамдықтар деңгейде стандарттар, фрейм құрылымын, мультиплексор әдісі, линейлі интерфейстер, мониторинг пен басқару. Сондықтан SDH-жабдық әр түрлі шығырушылардан жеңілмен бір сызықта бірігіп жіне орнатылуы мүмкін, үздік тәсілмен жүйелі үйлесімін көрсетеді.

SDH жүйесі ақпараттық құрылымдар деңгейінің стандартты деңгейінде тұр, стандартты жылдамдық жинағы. Жылдамдылықтың базалық деңгейі STM-1 — 155,52 Мбит/с Цифрлық жылдамдықтар ең жоғары деңгейінде жылдамдық төмендеуімен анықталады STM-1, ссәйкесінше, 4, 16, 64 и т. д.: 622 Мбит/с (STM-4), 2,5 Гбит/с (STM-16), 10 Гбит/с (STM-64) және 40 Гбит/с (STM-256).

Төмен жылдамдықты SDH сигналдар фрейм құрылымына мультиплекс болған SDH мультиплексирлеу байт бойынша әдіспен, фреймде орналасқан жоғары жылдамдық сигнал негізінде және реттелген және анықталған. Сондықтан төмен жылдамдықты сигнал SDH, мысалы 155 Мбит/с (STM-1), алдымен қосылған және жоғары жылдамдық сигнал деңгейіне негізделуі мүмкін, мысалы 2,5 Гбит/с (STM-16). Бұл мультиплексирлеу үрдісін жеңілдетеді және SDH иерархияны жоғары жылдамдық талшықты-оптикалық жүйелеріне жақын болып жасайды, олар тапсырудың үлкен өткізгішімен ие болады.

Сол тәсілмен, қазіргі БМОС спектральд тығыздалу тәртібінде жұмыс істейді (WDM) және уақытша тығыздалу тәртібінде (SDH).

1. Қандай фотосезімтал приборларды білесіз?
2. Қандай сәуле диапазондарына оптикалық, толқындар ұзындығы мен олар қалай тіркеледі?
3. Фотодиодтың жартылай өткізгіш құрылымы өзімен нені ұсынады? Ол гальваникалық және фотодиодты тәртібінде қалай жұмыс істейді?
4. Кремний және германий фотодиодтар айырмашылығы неде?
5. Фототранзисторларда қандай жетістіктері бар?
6. Оптопарлар қайда пайдаланады ашық каналымен?
7. Ақпаратты көрсету приборларын атаңыз. Қандай физикалық принциптер ақпаратты суреттеуге пайдаланады?
8. Қандай жарық диодты, газ разрядты (плазмалық) және сұйық кристаллды ұяшықтарда жақпаратты көру үшін етістіктер бар?
9. Қандай қондырғыларда ЖК-индикаторлар пайдаланады?
10. СКҚ ұяшық пен сегмент қалай орнатылған?
11. Матрицалық СКҚ қалай орнатылған?
12. Мозайка секіді СКҚ ұяшықтарда сандар мен әріптер қалай қалыптасады?
13. Сұйық кристаллды прибор панельде ақпаратты көрсету принциптерін түсіндіріңіз және онда болған белгілер көрсетудің түрлерін айтыңыз.
14. Сұйық кристаллды мен плазмалықтан жарық диодты индикаторлық панельдерде қандай артықшылары бар?

В.Ш. Берикашвили В. Ш. Импульстық техника / В. Ш. Берикашвили. — М. : Шығ. орталық «Академия», 2003. —186 б.

В.Ш. Берикашвили Электрондық техника / В. Ш. Берикашвили, А. К. Черепанов. — М. : Шығ. орталық «Академия», 2008. —286 б.

В.В. Корнеев Қазіргі микропроцессорлар / В. В. Корнеев, А. В. Киселев. — СПб. : БХВ — Петербург, 2004. — 448 б.

Микропроцессорлар мен микробақылауыштар / В. И. Бойко, А. Н. Гурджий, В. Я. Жуйков мен т.б. — СПб. : БХВ—Петербург, 2004. — 464 б.

Микроэлектроника негіздері / И. А. Аваев, Ю. Е. Наумов, В. Т. Фролкин. — М. : Радио мен байланыс, 2001. —324 б.

В.И. Нефедов Радиоэлектроника мен байланыс негіздері / В. И. Нефедов. — М. : Жоғары мектеп, 2002. —520 с.

Олардың негізінде электрондық приборлар мен қондырғы. Анықтама кітап / Ю. А. Быстров, С. А. Гамкрелидзе, Е. Б. Иссерлин, В. П. Черепанов. — М.: РадиоСофт, 2002. — 656 с.

Ф.М. Яблонский Ақпаратты көрсету амалдары / Ф. М. Яблонский, Ю. В. Троицкий. —М. : Жоғары мектеп, 2005. — 200 с.

Кіріспе	4
1 бөлім. Электрондық приборлардың физикалық принциптері мен жұмыс база элементтері	6
1.1. Электрондық техникада негізгі анықтамалар, пайдалану аумақтары мен даму тарихы	6
1.2. Электрондық техникада пайдаланатын материалдар	9
1.3. Р—п-переходас ауысымның пайда болуымен әсері	15
1.4. Электрондық және вакуумдық приборлар	
1.5. Биполярлық транзисторлар	40
1.6. Өрісті транзисторлар	46
1.7. Тиристорлар, динисторлар мен симисторлар.....	50
2 бөлім. Ақпараттық электрониканың аппараттық амалдары мен ..	56
2.1. Электрондық күшейткіштер.....	56
2.1.1. Электрондық т күшейткіштердің түрлері, параметрлері мен пайдалану аумақтары	56
2.1.2. Транзисторлық күшейткіш каскад	57
2.1.3. Ауыспалы кернеудің транзисторлық күшейткіш	59
2.1.4. Резонанстық күшейткіштер	64
2.1.5. Күшейткіштерде кері байланыс	
2.1.6. Операциялық күшейткіштер	71
2.1.7. ИМС ОУ күшейткіш каскадтар	76
2.1.8. ИМС ОУ негізінде компараторлар.....	78
2.1.9. Қуат күшейткіштері	80
2.2. Электрондық генераторлар	86
2.2.1. автогенерация принциптері.....	86
2.2.2. Гармониялық толқындар транзисторлық генератор	
2.3. Импульстық қондырғылар	93
2.3.1. Ақпаратты импульстық цифрлық түрінде ұсынылуы	94
2.3.2. Электрондық кілттер	97

2.3.3. Импульстық генераторлар	102
2.3.4. Транзисторда мультивибратор	103
2.3.5. Транзисторда симетриялық триггер	104
2.3.6. Блокинг-генераторлар	106
3 бөлім. Микропроцессорлық техниканың негіздері.....	110
3.1. Микроэлектроника және интегральді микросызбалар	110
3.1.1. Микро жинақтауыштар мен интегральді микро сызбалар..	111
3.2.1. Имс жасалуында технологиялық үрдістер.....	115
3.2.2. Логикалық элементтер мен қондырғылар.....	119
3.2.3. Интегральді микросызбалар	126
3.2.4. Логикалық элементтерде мультивибраторлар	129
3.2.5. Сақтау регистрлер, кодерлер мен мультиплексорлар.....	132
3.2.6. Ақсас - цифрлық пен сан ұқсас қайта жасаушылар	135
3.2. Микропроцессорлар, микроЭЕМ мен жеке компьютерлер.....	137
3.3. Ақпараттық және басқарушы жүйелер	143
4 бөлім. Аппаратные средства энергетической электроники	147
3.1. Қосылу бұлағы мен тұрақтандырғыштар	147
3.2. Түзетуші фильтрлер	152
3.3. Кернеу мен ток тұрақтандырғыштары	158
3.4. Инверторлар, жиілік мен кернеудің қайта қалыптастырушылары.....	164
3.5. Импульстық кернеу тұрақтандырғыштар	167
5 бөлім. Ақпараттың оптоэлектрондық приборлар мен көрсету приборлары	170
5.1. Фотосезімтал приборлар	170
5.2. Светодиодтар мен жартылай өткізгіш лазерлер	180
5.3. Оптопарлар, оптрондар мен оптоэлектрондық микросызбалар	182
5.4. Ақпараттың көрсету қондырғысы.....	185
5.5. мақталы-оптикалық телекоммуникациялық жүйелер	195
Әдебиет тізімі	202

Оқу басылымы

Берикашвили Валерий Шалвович Электроника негіздері

Оқулық

2-і бөлім, стереотиітік

Редакторы Е. Н. Соколова, Б.Б. Ербосынов

Техникалық редактор Н. И. Горбачева *Компьютерлік верстка:*

Г. Ю. Никитина *Корректорлар* А. П. Сизова, И. А. Ермакова

Бас. № 102116577. Мөрге 15.07.2015. Формат 60х90/16.

Гарнитура «Балтика». Қағаз офс. № 1. Офсеттік қағаз. Усл. печ. б. 13,0.

Тираж 1000 дана. Тапсырыс №

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru

129085, Мәскеу, Мира даңғылы, 101В, бет. 1.

Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.

Санитарлық - эпидемиологиялық қорытындысы № РОСС RU. АЕ51. Н
16679 от 25.05.2015.

Ульяновский Баспа үйінде баслыпы шығарылған.