

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық зерттеу университеті

Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты

“Киберқауіпсіздік, ақпаратты өңдеу және сақтау” кафедрасы

Төлеуғазы Ұлан Думанұлы

Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік  
сұлбасы.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Мамандық 5В100200 – Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық зерттеу университеті

Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты

“Киберқауіпсіздік, ақпаратты өңдеу және сақтау” кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.канд., асс.профессор.



Н.А.Сейлова

«\_\_04\_\_»\_\_маусым\_\_2021ж.

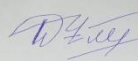
Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Тақырыбы: Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты  
микротаратқыштың электрлік сұлбасы.

5B100200-«Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері»

Орындаған



Төлеуғазы Ұ. Д.

Ғылыми жетекші

техн.ғыл.докторы, ассоц.проф.



Ж.З. Жұрынтаев

«\_\_03\_\_»\_маусым\_\_2021ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық зерттеу университеті

Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты

“Киберқауіпсіздік, ақпаратты өңдеу және сақтау” кафедрасы

5В100200-«Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері»

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.канд., асс.профессор



Н.А.Сейлова

« 04 » маусым 2021ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы : Төлеуғазы Ұлан

Тақырыбы: Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы

Университет ректорының № 2131-б «24» 11 2020 г. бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы «28» мамыр

Дипломдық жобаның бастап берілістері

Құпия ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Ақпарат ағып кетуінің техникалық арналары.

б) Құпия сөздік ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар

в) Жилігінің тұрақтылығы жоғары орта қуатты радиотаратқыш сұлбасы

г) Операциялық күшейткіштің негізгі параметрлері және оларды есептеу



Ұсынылатын негізгі әдебиет: 17 атау

.

**Дипломдық жобаны орындау  
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Ақпарат ағып кетуінің техникалық арналары	10.01.21 - 14.02.21	
Құпия ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар	18.02.21 - 15.03.21	
Жиілігі тұрақты орташа қуатты радиобергіштің электрлік сұлбасы.	17.03.21 - 03.04.21	
Операциялық күшейткіштер	05.04.21 - 08.05.21	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға қатысты диплом жобасының бөлімдерінің кеңесшілерінің және қалып бақылаушының қолтаңбалары

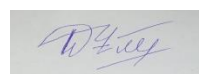
Бөлімдер атауы	Кеңес берушілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Ақпарат ағып кетуінің техникалық арналары	техн.ғыл.докторы, ассоц.проф. Ж.З. Жұрынтаев	10.01.21 - 14.02.21	
Құпия ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар	техн.ғыл.докторы, ассоц.проф. Ж.З. Жұрынтаев	18.02.21 - 15.03.21	
Жиілігі тұрақты орташа қуатты радиобергіштің электрлік сұлбасы	техн.ғыл.докторы, ассоц.проф. Ж.З. Жұрынтаев	17.03.21 - 03.04.21	
Операциялық күшейткіштер	техн.ғыл.докторы, ассоц.проф. Ж.З. Жұрынтаев	05.04.21 - 08.05.21	
Дифференциалды күшейткіштер	техн.ғыл.докторы, ассоц.проф. Ж.З. Жұрынтаев	05.04.21 - 08.05.21	
Қалып бақылаушы	М.Қабдулин	16.05.21-20.05.21	

Ғылыми жетекші техн.ғыл.докторы, ассоц.проф



Ж.З. Жұрынтаев.

Тапсырманы орындауға алған студент



Төлеуғазы Ұлан

Күні «24» 11 2020 ж.

## АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс, ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасын жасау болып табылады. Түсініктеме А4 парағында жасалынған, 65 беттен, сонымен қатар кіріспеден, төрт тараудан және қорытындыдан тұрады.

Бірінші тарауда мен Ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналарын жіктеу арқылы, Ақпарат ағып кетуінің техникалық арналары жайында айтып кеттім.

Екінші тарауда келетін болсақ, бұл бөлімде Құпия ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар жайында сиппатталды, яғни дауыстық ақпаратты жазуға арналған радио микрофондар, және жазылған ақпаратты радиоарна арқылы беру.

Үшінші тарауым жиілігі тұрақты орташа қуатты радиобергіштің электрлік сұлбасына арналды.

Төртінші тарауда схеманы таңдау және операциялық күшейткіштің параметрлерін есептеу жайында айтылды.

## АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект посвящен разработке электрической схемы микропередатчика средней мощности для нелегального съема речевой информации.

Пояснительная записка выполнена на листах А4, содержит 65 страниц, также включает в себя введение, четыре главы и заключение. В первой главе я рассказал о классификации технических каналов утечки информации.

Во второй главе речь шла о технических средствах, предназначенных для незаконного доступа к секретной информации, т.е. радиомикрофонах для записи голосовой информации и передачи записанной информации по радиоканалу.

Третья глава посвящена электрической схеме радиоприемника средней мощности с постоянной частотой.

В четвертой главе речь шла о выборе схемы и расчете параметров операционного усилителя.

## ANNOTATION

This thesis is devoted to the development of an electrical circuit of a medium-power microtransmitter for illegal removal of speech information. The explanatory note is made on A4 sheets, contains 65 pages, also includes an introduction, four chapters and a conclusion.

In the first chapter, I described the technical channels of information leakage by classifying the technical channels of information leakage.

The second chapter dealt with technical means designed for illegal access to classified information, i.e. radio microphones for recording voice information and transmitting recorded information over a radio channel.

The third chapter is devoted to the electrical circuit of a medium-power radio receiver with a constant frequency.

In the fourth chapter, we discussed the choice of the circuit and the calculation of the parameters of the operational amplifier.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Ақпарат ағып кетуінің техникалық арналары	11
1.1	Ақпараттық қауіпсіздіктің негізгі объектілері	11
1.2	Ақпараттың ағуының техникалық арнасының құрылымы.	12
1.3	Ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналарын жіктеу	13
2	Құпия сөздік ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар	20
2.1	Сөйлеу ақпаратын жасырын тыңдауға арналған радиомикрофондар.	20
2.2	Жиілігінің тұрақтылықтылығы параметрлермен анықталатын радиотаратқыш	24
2.3	Жиілігінің тұрақтылықтылығы жоғары аз қуатты микротаратқыш	26
3	Жиілігінің тұрақтылығы жоғары орташа қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы.	28
3.1	Жиілігінің тұрақтылығы жоғары орташа қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасын жасау.	28
3.2	Орташа қуатты микротаратқыш үшін операциялық күшейткіштің микросхемасын таңдау	30
4	Операциялық күшейткіштің негізгі параметрлері және оларды есептеу	37
4.1	Операциялық күшейткіштің негізгі параметрлері мен сипаттамалары.	37
4.2	Операциялық күшейткіштің схемасын таңдау	46
4.3	Операциялық күшейткіш схемасының параметрлерін есептеу.	48
4.4	Дифференциалдық күшейткіш	52
	Қорытынды	56
	Пайдаланған әдебиетер тізімі	57



## КІРІСПЕ

Заманауи электрониканың дамуы мен қолданылуының жаңа (бірегей бөлігі) параметрлері мен тұтынушылық қасиеттері бар жаңа радиоэлементтер мен оларға негізделген құрылғылардың пайда болуына әкелді. Бұл элементтер мен құрылғылардың, әсіресе күнделікті өмірде кеңінен енгізілуі өмір сүру жағдайларының түбегейлі өзгеруіне әкелді. Жоғары сезімтал шағын көлемді радио қабылдағыштар, радио таратқыштар және басқа да электронды құрылғылар негізінен интегралды схемаларда пайда болды. Байланыс құралдары бүкіл әлемді дүр сілкіндірді.

Қазіргі уақытта ақпаратты техникалық қорғау проблемаларына қызығушылықтың күрт артуына байланысты осы саладағы мәселелерді білікті шеше алатын мамандарды даярлау қажеттілігі туындады.

Бүгінгі таңда ақпараттың ағып кетуінің бірнеше техникалық арналары бар, олардың түрлері ауа, діріл, акустоэлектрлік, параметрлік және т.б. болып бөлінетін сөйлеу ақпаратының ағып кету арналары болып табылады.

Осы арналардың қасиеттерін талдаудың шарттарының бірі-жоғары деңгейдегі дыбыстық қысымның дамуы, сондықтан қажетті дыбыстық қысымды дамыта алатын жабдықтың қажетті жиынтығын жасау туралы мәселе туындайды.

Сөйлеу ақпараты төмендегідей жіктеледі:

Адамдардың сөйлеуі - бұл адамдар арасында ақпарат алмасудың ең көне және кең таралған тәсілі, ежелгі уақытта да тыңдау жүйелері қолданылғанын біз білеміз.

Технологиялық прогреске қол жеткізу бүгінгі күні ақпаратты беру және сақтау әдістері мен құрылғыларының кең спектрін қолдануға мүмкіндік береді. Дегенмен, қазіргі уақытта сөйлеу ақпаратын, тікелей сөйлесуді бақылау ерекше қызығушылық тудырады. Бұл сөйлеу ақпаратына тән және адам психикасының кейбір ерекшеліктерімен байланысты және бірқатар нақты ерекшеліктерге байланысты, келесідей:

- хабарламалар ауызша жасалады, олар ешқандай ақпарат тасымалдаушыға немесе беру құралына сеніп тапсырыла алмайды;
- ақпаратты дыбыстау сәтінде ұстап қалуға болатын жеделдік;
- виртуалдылық, адамның сөйлеуін зерттей отырып, оның эмоционалды жағдайы, хабарламаға жеке көзқарасы, психологиялық портрет жасау және т.б. туралы қорытынды жасауға болады.

Сондай-ақ, ұсталған сөйлеу ақпараты, әсіресе бастапқы сигнал деп аталатын (өңдеуден өтпеген сөйлеу), хабарламаны айтқан адамның жеке қолы бар құжат екенін еске салған жөн, өйткені сөйлеуді талдаудың заманауи әдістері оның жеке басын бірегей анықтауға мүмкіндік береді.

Сөйлеу ақпаратына тән аталған ерекше белгілер оның ерекше құндылығын, демек, ықтимал қарсыластың оны ұстап алуға деген жоғары қызығушылығымен түсіндіріледі.

Акустикалық сөйлеу ақпаратынан басқа, құпия ақпаратты өңдеуге арналған техникалық құралдардың жұмысы нәтижесінде пайда болатын сигналдар да жатады.

Акустикалық ақпаратты ұстап алу акустикалық және діріл сигналдарын қабылдау, өңдеу және тіркеу, ондағы барлау мәліметтерін анықтау үшін сөйлеуді қалпына келтіру және талдау болып табылады. Сөйлеу ақпаратын ұстап қалу арнасының функционалды-техникалық құрылымы (сөйлеу ақпаратының ағып кетуінің техникалық арнасы). бастапқы сигналдың көзін (сөйлейтін адам немесе дыбыс шығаратын құрылғы), акустикалық сөйлеуді барлау жабдықтарының тиісті түрін және олардың арасындағы физикалық ортаны құрайды.

## **1. Ақпарат ағып кетуінің техникалық арналары**

Ақпараттың жайылып кетуінің техникалық арнасы деп ақпарат көзі, байланыс желісі (физикалық орта), олар арқылы таралатын ақпараттық сигналды, сигналдың байланыс желісіне берілуіне кедергі келтіретін шу және ақпаратты ұстап қалудың техникалық құралдары түсініледі. Ақпарат көздері деп - тікелей адамның дауыстық аппаратурасы, дыбыс күшейту жүйесінің сәулелендіруі басылған мәтін, радио таратқыш құрылғылар және т.б. болуы мүмкін.

Шектеулі қол жетімді ақпараттың қауіпсіздігіне негізгі қауіптердің бірі - техникалық арналар арқылы ақпараттың ағуы жатады. Бұл физикалық орта арқылы ақпарат сигналы ақпарат көзінен физикалық орта арқылы ақпаратты қабылдаудың техникалық құралдарына бақылаусыз таралады.

### **1.1 Ақпараттық қауіпсіздіктің негізгі объектілері**

Ақпараттық қауіпсіздіктің негізгі объектілеріне мыналар жатады:

- мемлекеттік құпияларға және құпия ақпаратқа қатысты ақпаратты қамтитын ақпараттық ресурстар;

- құпия ақпаратты және мемлекеттік құпия ретінде жіктелген ақпаратты тікелей өңдейтін жүйелер мен құралдар (мұндай құралдар мен жүйелер көбінесе ақпаратты алудың, өңдеудің және сақтаудың техникалық құралдары деп аталады);

- ақпаратты алудың, өңдеудің және сақтаудың техникалық құралдары құрамына кірмейтін, бірақ географиялық тұрғыдан құпия және құпия ақпаратты өңдейтін үй-жайларда орналасқан техникалық құралдар мен жүйелер.

Ақпаратты алудың, өңдеудің және сақтаудың техникалық құралдары құрамына келесілер жатады: Есептеу техникасы құралдары, желілер мен жүйелер (құралдар мен ақпараттық жүйелер), бағдарламалық - программалық қамтамасыздандыру (операциялық жүйелер, дерекқорды басқару жүйелері - мәліметтер базасын басқару жүйелері, қолданбалы бағдарламалық - программалық қамтамалау), автоматтандырылған басқару жүйелері, байланыс және деректерді беру жүйелері, ақпаратты қабылдау, беру және өңдеудің техникалық құралдары кіреді.

Сонымен бірге ақпаратты алудың, өңдеудің және сақтаудың техникалық құралдарының (АӨЖСТҚ) құрамына жататындар: шектеулі қол жетімділік (дыбыс жазу, дыбысты күшейту, дыбысты шығару сөйлесу бөлмелері және теледидарлық құрылғылар және графикалық және әріптік-цифрлық ақпаратты өңдеудің басқа да техникалық құралдары). Құпия ақпаратты өңдеуге арналған техникалық құралдар, соның ішінде олар орналасқан үй-жайлар АӨЖСТҚ -ның объектісі болып табылады.

Қосалқы техникалық құралдар мен жүйелер (ҚТҚМЖ) құрамына мыналар кіреді: телефондық колонка - қатты сөйлейтін байланыс, өрт және

күзет дабылдары, радиохабарлау, тұрмыстық техника және т.б. техникалық құралдар.

Ақпаратты алудың, өңдеудің және сақтаудың техникалық құралдары (АӨЖСТҚ) және ҚТҚМЖ-қосылу желілерінен басқа, АӨЖСТҚ және ҚТҚМЖ-ке қосылмаған басқарылатын аймақтан сыртқа тыс шығуы мүмкін өткізгіштер – ақпараттың ағу арналарын қалыптастыру тұрғысынан үлкен қызығушылық тудырады. Бақыланатын аймақтан тыс АӨЖСТҚ және ҚТҚМЖ желілеріне қосымша, АӨЖСТҚ және ҚТҚМЖ-ке қосылмаған үй-жайлар арқылы өтетін сыртқы өткізгіштер шығуы мүмкін.

Ақпаратты алудың, өңдеудің және сақтаудың техникалық құрылғыларынан жанама электромагниттік сәуле алатын қосалқы техникалық құралдар мен жүйелер тізбектері немесе сыртқы өткізгіштер кездейсоқ антенналар деп аталады. Кездейсоқ антенналарды *шоғырланған және таратылған* болып бөлінеді.

Шоғырланған кездейсоқ антенна - бұл параметрлері шоғырланған техникалық құралдар (телефондық аппарат, - тарату желісінің динамигі және т.б.).

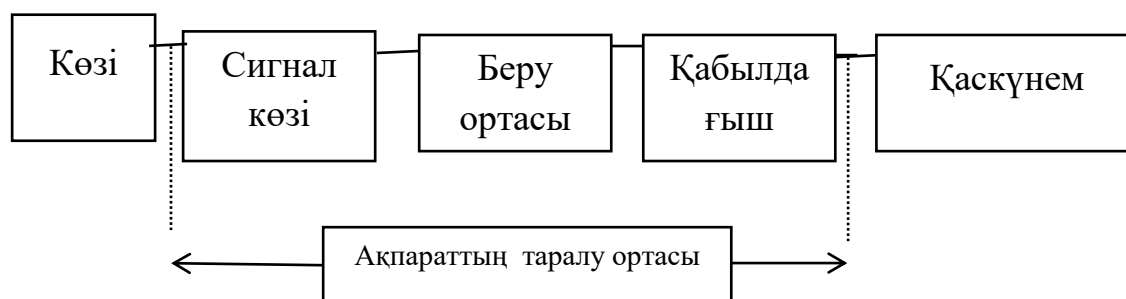
Таратылған кездейсоқ антенналар - таратылған параметрлері бар өткізгіштерді құрайды: кабельдер, қосылатын сымдар, металлдық құбырлар

Шоғырланған кездейсоқ антенна - бұл параметрлері шоғырланған техникалық құралдар (телефондық аппарат, - тарату желісінің динамигі және т.б.).

## 1.2. Ақпараттың ағуының техникалық арнасының құрылымы.

Ақпараттың техникалық арна арқылы ағуы – деп қорғалатын ақпараттың оны тасушыдан физикалық орта арқылы ақпаратты ұстап қалатын техникалық құралдарға бақылаусыз таратуды айтады.

Ақпараттың ағып кетуіне арналған техникалық канал (ААКАТҚ), сондай-ақ ақпаратты беру арнасы сияқты сигнал көзінен, оны таратудың физикалық ортасынан және шабуылдаушының қабылдаушы жабдықтарынан тұрады.



Сурет 1.1 Ақпараттың ағып кетуінің техникалық арнасының құрылымы

Арна кірісі ақпарат бастапқы сигнал түрінде беріледі. Бастапқы сигнал дегеніміз - ақпарат көзі немесе алдыңғы арнаның шығысынан алынған ақпаратты айтады.

Сигнал көзі ретінде:

- электромагниттік және акустикалық толқындарды бейнелейтін байқау объектісі;
- оптикалық және радио жолақтардағы – диапазон, ішкі (жылу) электромагниттік толқындарды тарататын байқау объектісі;
- функционалды байланыс каналының таратқышы;
- кіріктірілген құрылғы;
- қауіпті сигнал көзі;
- ақпаратпен модуляцияланған акустикалық толқындардың көзі.

Дереккөзден алынған ақпарат каналдың кірісіне бастапқы дереккөзі тілінде (әріптік-цифрлық мәтін түрінде, таңбалар, белгілер, дыбыстар, сигналдар және т.б.) берілгендіктен, таратқыш ақпарат берудің бұл формасын оны тасымалдаушыда жазуға мүмкіндік беретін пішінге (формаға) түрлендіреді.

Жалпы алғанда, таратқыш келесі функцияларды орындайды:

- ақпаратты тасымалдайтын өрістер немесе электр тогын жасайды;
- ақпаратты тасушы ортаға жазады;
- ақпараты бар тасушының сигналдың қуатын арттырады;
- кеңістіктің белгілі бір саласының таралу ортасына сигналды беруді қамтамасыз етеді.

Тасушының таралу ортасы – ол тасушы қозғалатын кеңістіктің бір бөлігі. Ол ақпараты бар тасушы құралының ақпаратты жылжыту шарттарын анықтайтын физикалық параметрлер жиынтығымен сипатталады. Тарату ортасын сипаттау-бейнелеу кезінде ескерілетін негізгі параметрлер:

- заттар- белгілі субъект пен материалдық денелерге физикалық кедергілер;
- ұзындық бірлігіне сигналдың күшею шамасы;
- жиіліктік сипаттама;
- сигналға кедергінің түрі мен қуаты.
- қабылдағыш өндіреді:
- алушыға қажетті ақпараты бар ақпарат құралдарын (тасушыны) таңдау;
- алынған сигналды ақпарат беретін шамаларға дейін кешейту;
- ақпаратты тасушы ортадан алып тастау;
- ақпаратты алушыға қол жетімді (адам, техникалық құрылғы) формасына айналдыру және сигналдарды оларды қатесіз қабылдау үшін қажетті мәндерге дейін күшейту.

Сигналдарды ұстап алу- және оның параметрлерін өлшеу ақпаратты өңдеудің және тексерудің техникалық құралдары арқылы жүзеге асырылады. Ақпараттың ағуының техникалық арнасы (ААТА) деп зерттеу объектісі (компьютер), барлау жабдықтары және ақпараттық сигнал таратылатын физикалық орта түсініледі. Негізінде, ААТА бойынша олар барлау жабдықтары көмегімен объект туралы барлау ақпаратын алу әдісін білдіреді.

### 1.3 Ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналарын жіктеу.

1.2-суретте ақпараттың ағып кетуінің техникалық арналарының жіктелуі көрсетілген.



1.2 сурет. Ақпараттың ағып кетуінің техникалық арналарының жіктелуі

Ақпараттың ағуының техникалық арналарын жіктеудің басты ерекшелігі – тасушының физикалық ортасының сипаты. Осы негізде ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналары (АТКТА) келесіге бөлінеді:

- оптикалық;
- радиоэлектрондық;
- акустикалық;
- материалдық заттай .

Оптикалық арнадағы ақпарат тасушы - бұл электромагниттік өріс (фотондар). Ақпараттың ағып кетуіне арналған оптикалық-электрондық арна лазерлік сәулемен акустикалық өрісте дірілдейтін жұқа шағылыстыратын беттерді (көзілдірік, сурет, айналар) сәулелендіру арқылы құрылады. Шағылысқан лазер сәулесі акустикалық сигналға сәйкес беттік тербеліс заңына сәйкес (по закону вибрации поверхности) амплитуда мен фазада модуляцияланады және демодуляция кезінде сөйлеу туралы ақпарат сезімтал лазер сәулелену қабылдағышымен қабылданып бөлінеді.

Оптикалық арнаның жиілік диапазоны мыналарға бөлінеді:

- алыс инфрақызыл диапазон
- алыс инфрақызыл ішкі жолақ 100-10 мкм (3-30 ТГц);
- орташа және жақын инфрақызыл поддиапазон 10-0,76 мкм (30-400 ТГц);
- көрінетін диапазон (көк-жасыл-қызыл) 0,76-0,4 мкм (400 – 750 ТГц).

Ақпараттың ағуының радиоэлектронды арнасында тасымалдаушы ретінде электрлік, магниттік және электромагниттік өрістер радиодиапазонында, сондай-ақ металл сымдар арқылы таралатын электр тогы (электронды ағын) қолданылады.

Радиоэлектрондық арнаның жиілік диапазоны ондаған ГГц-ден дыбысқа дейінгі жиілік диапазонын алады. Ол келесідей бөлінеді:

- төмен жиілікті 10-1 км (30-300 кГц);
- орташа жиілікті 1 км – 100 м (300 кГц-3МГц);
- жоғары жиілікті 100 – 10 м (3-30 МГц);
- өте жоғары жиілік 10 – 1м (30 – 300 МГц);
- және т.б. жоғары жиілікті 3 – 30 ГГц дейін (10-1 см).

Акустикалық арнадағы ақпарат тасымалдаушылары ортада таралатын серпімді акустикалық толқындар - серпімді акустикалық толқындар болып табылады. Мұнда ерекшеленеді:

- инфрадыбыстық диапазон 1500 – 75 М (1 – 20 Гц);
- төменгі дыбыстық 150 – 5 М (1– 300 Гц);
- дыбыстық 5 – 0,2 м (300-16000 Гц);
- ультрадыбыстық 16000 Гц-тен 4 МГц-ке дейін.

Материалдық-заттық арнада ақпараттар қорғалған ақпараты бар материалдық тасымалдаушылардың бақыланатын аймағынан тыс жерлерде рұқсатсыз таратылу арқылы ағып кетеді. Жоба құжаттар (документтер) және пайдаланылған көшірме қағаз көбінесе материалды тасымалдаушы ретінде қолданылады. Ақпараттың ағып кету арналарын сонымен қатар ақпараттық, аз ақпараттық және ақпараттық емес деп жіктеуге болады. Арнаның ақпараттық мазмұны арна арқылы берілетін ақпараттың маңыздылығы бойынша бағаланады.

Уақыт өте келе арналардың көріністері тұрақты, мерзімді және эпизодтық болып бөлінеді. Тұрақты арнада ақпараттың ағуы өте тұрақты. Эпизодтық арналарға ақпараттардың ағып кетуі кездейсоқ бір реттік сипаттағы арналарды қамтиды.

Ақпаратты таратудың техникалық арналарын іске асыру нәтижесінде келесі қауіптер туындауы мүмкін:

- акустикалық ақпараттың ағу қаупі;
- видео ақпараттың ағып кету қаупі;
- жанама (побочных) электромагниттік сәулелену және кедергі арналары арқылы ақпараттың ағу қаупі.

Таратқыштан, таратушы құралдан және қабылдағыштан тұратын ақпараттың ағу арнасы бір арналы. Алайда, ақпарат бірнеше күрделі немесе параллельді арналар арқылы ақпараттар ағып кетуі мүмкін болған кезде мүмкін болады. Бұл жағдайда ақпараттың бір тасушыдан екіншісіне көшіру қасиеті қолданылады. Мысалы, егер кеңседе құпия әңгіме жүргізілсе, онда ағып кету тек акустикалық канал арқылы қабырғалар, есіктер, терезелер арқылы ғана емес, сонымен қатар оптикалық арқылы - терезе әйнегінен лазер сәулесімен ақпарат алу немесе шкафта орнатылған радио закладканы

қолдану арқылы мүмкін. Соңғы екі нұсқада тізбектеп қосылған акустикалық және оптикалық (лазер сәулесі) немесе акустикалық және радиоэлектронды (радио закладка - таратушы орта - радиокабылдағыш) арналардан тұратын құрама арна құрылады.

Техникалық құралдардағы айналымдағы ақпарат қорғалатын және ашық болатындығына байланысты, техникалық құралдар негізгі техникалық құралдар мен жүйелерге және қосалқы техникалық құралдар мен жүйелерге бөлінеді. Бұл жерде қосалқы техникалық құралдар мен жүйелердің қорғалған ақпаратты өңдемейді, бірақ оларды негізгі техникалық құралдар мен жүйелермен бірге басқарылатын аймақта орналастыруға болады. Белгілі бір жағдайларда қосалқы техникалық құралдар мен жүйелер кездейсоқ қауіпті сигналдардың көзі бола алады, сондықтан оларды негізгі техникалық құралдармен бірге қорғау қажет.

Бұрын айтылғандай, ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналарының ерекшеліктері ақпараттық сигналдардың физикалық табиғатымен және олардың таралу ортасының сипаттамаларымен анықталады.

Ақпарат таралып кететін техникалық арналардың жалпы жіктелуі арналардың келесі түрлерін қамтиды:

- ақпаратты қабылдау, өңдеу, сақтау және берудің техникалық құралдарымен өңделетін ағу арналары ;
- сөйлеу ақпаратының ағу арналары;
- оны байланыс арналары арқылы беру кезінде ақпараттың жылыстауы;
- түрлік ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналары.

Байланыс түріне байланысты ақпаратты ұстап қалудың техникалық арналарын электромагниттік, электрлік және индукциялық деп бөлуге болады.

Электромагниттік арналар – ақпараттық сигналмен модульденген байланыс таратқыштарының электромагниттік сәулелері (радиотелефондарды, ұялы телефондарды, радиорелелік байланыс желілерін тыңдау).

Электромагниттік арналар төмендегідей болып бөлінеді:

- жанама электромагниттік сәулелер және нысаналар (ПЭМИ) ТСПИ;
- ТСПИ генераторларының жоғары жиілікті (жж) жұмыс жиілігіндегі электромагниттік сәулелер;
- ТСПИ төмен жиілікті күшейткіштердің өздігінен қозу жиіліктеріндегі сәулелену;
- ТСПИ генераторларының және қосалқы техникалық құралдар мен жүйелердің (ВТС) жоғары жиілікті (жж) жұмыс жиілігіндегі сәулеленулер.

Электр арналары бұл – байланыс желілеріне-кабель (сым) қосылған кезде құрылады. Электр арнасы жиі телефон сөйлесулерін (телефон радиозакладкаларын) ұстап тұру үшін қолданылады. Байланыс жолы негізінен коаксиалды және төмен жиілікті байланыс кабельдерінен ақпаратты алу үшін қолданылады.



Электрлік:

- ТСПИ элементтерінің электромагниттік сәулеленуінің бөгде өткізгіштерге бағытталуы;

- электрмен қоректендіру желісінде ақпараттық сигналдарды жіберу;

- жерге қосу тізбегінде ақпараттық сигналдарды жіберу;

- салу құрылғыларын пайдалана отырып, ақпаратты алу.

Ақпараттық сигналдарды өткізу кезінде электромагнитті өрістің жоғары жиілікті кәбілінің айналасында пайда болу әсері қолданылатын индукциялық арна. Индукциялық датчиктер негізінен симметриялы жоғары жиілікті кабельдерден ақпаратты алу үшін қолданылады. Бұл арна радиотелефондар, радиорелелік және жерсеріктік байланыс желілері, Bluetooth (Блютуз) технологиясы негізінде ұялы байланыс жүйелері және арналар арқылы жүргізілетін телефон сөйлесулерін тыңдау үшін кеңінен қолданылады.

Ақпараттың таралып кетуінің параметрлік техникалық арналары:

- ақпаратты ТСПИ "жоғары жиілікті сәулелендіру" жолымен ұстап қалу.

Акустикалық сигналдың әсерінің салдарынан акустикалық өрісте орналасқан ТСПИ және ВТСС жоғары жиілікті генераторларының барлық элементтеріне қысым өзгереді. Оның нәтижесінде индуктивтілік, дроссель және т.б. катушкаларында схемалар, сымдар элементтерінің өзара орналасуы елеусіз өзгереді, бұл генератордың жоғары жиілікті сигналының параметрлерінің (жиі жиіліктің) оның ақпараттық сигналымен модуляция Заңы бойынша өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Сондықтан ақпарат ағынының бұл арнасы параметрлік деп аталады. Конденсаторларға акустикалық өрістің әсері пластиналар арасындағы қашықтықтың өзгеруіне, демек, конденсатор сыйымдылығының өзгеруіне байланысты генератордың жоғары жиілікті сигналының жиіліктік модуляциясына әкеледі. Гетеродиндердің тербеліс контурларында ауалық диэлектригі бар ауыспалы сыйымдылықтағы конденсаторлары бар радиоқабылдағыш және телевизиялық құрылғылардың гетеродиндердің сәулеленуінің ақпараттық сигналымен паразиттік Модуляцияға аса бейім.

Ақпараттық сигналмен модульденген жоғары жиілікті тербелістер қоршаған кеңістікке шығарылады және радиобарлау құралдарының арнайы қабылдағыштарымен ұсталуы және детектелуі мүмкін.

Ақпарат таралып кететін параметрлік техникалық арналарда акустикалық сигналдарды ұстап қалу мүмкін:

- ақпараттық сигналмен модульденген ТСПИ және ВТСС генераторларының жж жиіліктерінде электромагниттік сәулеленуді (ЭМИ) қабылдау және анықтау жолымен;

- арнайы жартылай активті салу құрылғыларын "жоғары жиілікті сәулелендіру" жолымен.

Байланыс радиоарналары бойынша беру кезінде ақпараттың таралып кетуінің техникалық арналары.

Қазіргі уақытта байланыс арналары бойынша ақпаратты беру үшін негізінен пайдаланылады: қысқа толқынды, ультрақысқа толқынды,

радиорелелік, тропосфералық және ғарыштық байланыс арналары; телефон радиобайланысының әртүрлі түрлері (мысалы, ұялы байланыс), сондай-ақ белгілі бір жағдайларда (криптозащит құралдары болмаған кезде) қарсылас үшін ақпараттың ағып кетуінің табиғи және қол жетімді арналарын құрайтын кабельдік және талшықты-оптикалық байланыс желілері.

Паразиттік сыйымдылықты, индуктивті және резистивті байланыстар мен бір-біріне жақын орналасқан ақпарат беру желілерінің көмегімен жүзеге асырылатын паразиттік байланыстар.

Талшықты-оптикалық байланыс желілерінде (ТОБЖ) ақпаратты тиімді ұстап қалу оптикалық-талшықты желіге тікелей физикалық қосылу арқылы мүмкін болады. Оптикалық талшықтарды жалғау орындарында жарық энергиясының сәулеленуінің негізгі себептері болып:

- түйісетін талшықтардың ығысуы (осьтік ығысуы);
- түйісетін талшықтардың шеттері арасында саңылаудың болуы;
- түйісетін талшықтардың бүйір беттерінің параллельсіздігі;
- түйісетін талшықтардың осьтерін бұрыштық келісу;
- түйісетін талшықтардың диаметрлеріндегі айырмашылық.

Талшықты-оптикалық кабельге сыртқы акустикалық өрістің әсерінің нәтижесінде геометриялық өлшемдер өзгергенде немесе ажырайтын құрылғыдағы жарық өткізгіштердің жалғанатын ұштары бір-біріне қатысты жылжығанда акустикалық ақпараттың ағуына себеп болуы мүмкін. Тергеу–амплитудалық модуляция ақпараттық сигналмен сәулелену бойынша өтетін талшыққа.

#### *Параметрлік арналар*

Ақпаратты қамту ТСПИ «жоғары жиілікті сәулелену» жолымен мүмкін. ТСПИ элементімен сәулеленетін электромагнитті өрістің өзара әрекеті кезінде электромагнитті өрістің асқын сәулеленуі өтеді. Жағдайлардың қатарынша бұл екінші сәулелену, ақпаратты дабылдың әрекетіне негізделген, модуляцияға ие. Алайда асқын сәулеленген электромагнитті өріс, сәулеленген өрістен жақсы параметрлерге ие, ақпараттың таралауының аталған арнасы бойынша оны параметрлік деп атайды. Аталған арна бойынша ақпаратты алу үшін, бағытталудың тар диаграммасына ие, арнайы жоғары жиілікті генераторлар және арнайы радиоқабылдау аспаптары қажетті.

#### *Діріл (вибрационные) арналары.*

Кейбір ТСПИ өзінің құрамында, терілетін белгілер мен оның акустикалық образы арасында сәйкестікті табуға болатын теру аспаптарына ие. Аталған мақсат діріл бойынша ақпаратты тарату арнасының негізіне жатады.

Ақпаратты таратудың техникалық арналарының түрлері:

- радиоарналар (радиодиапазонның электромагнитті сәулеленуі);
- акустикалық арналар (кез келген дыбыс беру материалдарындағы дыбыстық толқындардың таралуы);

- электрлік арналар (әртүрлі ток өткізгіш коммуникациялардағы қауіпті кернеу және ток);

- оптикалық арналар (спектрдің инфрақызыл, көрінетін және ультракүлгін бөліктеріндегі электромагнитті сәулелену);

- материалды-заттық арналар (қағаз, сурет, магнитті тасымалдағыштар, қалдықтар және т.б.).

Арнаның негізгі ақпараттық сипаттамасы:

- арнаның басы және соңының орналасуы;

- арнаның буындарындағы берілетін ақпараттың құрылымы (дискретті, үздіксіз);

- беру арнасының құрылымы (датчик, кодер, модулятор, демодулятор, декодер, тіркеу аспаптары және т.б.);

- арна түрлері (телефонды, телеграфты және т.б.);

- берілетін ақпараттың көлемі және беру жылдамдығы;

- беру арналарының буындарындағы (модуляция әдістері, кодтау және т.б.) ақпаратты түрлендіру әдістері;

- арнаның өткізу қабілеті;

- арна сыйымдылығы.

Одан басқа, беру арналарының сыныптамасы келесі белгілер бойынша мүмкін:

- дабыл түрі және беру әдісі бойынша;

- бойынша: сымды, өткізбелі, жарықты, радио және басқа;

- әрекет мақсаты бойынша: электромагнитті, оптикалық, акустикалық.

## **2 Құпия ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арнаған техникалық құралдар**

Қазіргі уақытта ақпаратты рұқсатсыз алудың көптеген әдістері бар, олар кейіннен әртүрлі техникалық арналар арқылы жіберіледі. Ақпаратты түсірудің ең көп таралған тәсілдері және ақпараттың ағып кетуінің техникалық арналары келесідей :

- телефон желілері, радио және пейджингтік байланыс желілері бойынша берілетін ақпаратты алу;
- сөйлеу ақпаратын алып тастау, оны кейіннен беру:
- радиоарна бойынша (микрофоны бар радиотаратқыштар – радиомикрофондар);
- сым желілері бойынша (желі немесе өрт дабылы бойынша);
- ғимарат конструкциялары (электрондық стетоскоптар), терезе ойықтары (лазерлі микрофон немесе жіберілетін микрофон) арқылы сөйлеу ақпаратын алу) ;
- компьютерден немесе басқа ұйымдастыру техникасынан жанама сәулелерді алып тастау және дешифрлеу;
- диктофонға арналған келіссөздерді жазу және т. б.

Жоғарыда айтылғандардан басқа, ақпарат алудың басқа нұсқалары мен әдістері бар, басқа адамдардың ақпаратына рұқсатсыз қол жеткізуге арналған көптеген арнайы электрондық құралдар бар – электрондық тыңшылық. Мұндай құрылғылар техникалық параметрлермен, тұтынушылық қасиеттерімен және бағасымен ерекшеленеді. Көп жағдайда бұл электронды құралдардың дизайны, әдетте, қарапайым принциптер мен схемалық шешімдерге жатады.

### **2.1 Сөйлеу ақпаратын жасырын тыңдауға арналған радиомикрофондар.**

Акустикалық ақпаратты алудың ең көп таралған техникалық құралдары- бұл радиомикрофондар, оларды радиоқабылдағыштар, радио капсулалар, кейде "қоңыздар" деп те атайды.

Радиомикрофондар мыналарға бөлінеді:

- жиіліктің параметрлік тұрақтануы бар радиомикрофондар;
- жиілікті кварцты тұрақтандырумен радиомикрофондар.

Параметрлік жиілікті тұрақтандыратын радиомикрофондар орналасқан жеріне, Тжәне басқа тұрақсыздандырғыш факторларға байланысты жиіліктің кетуіне байланысты жоғары сапалы берілісті қамтамасыз ете алмайды (әсіресе егер радиомикрофон киілетін нұсқа ретінде жасалып, адам ағзасына орналастырылған болса).

Кварцты жиілікті тұрақтандыратын радиомикрофондар көбінесе мамандар "кварцты кепілгерлер" деп атайды, бұл кемшіліктен айырылады. Жалпы алғанда, радиомикрофонның құрылымдық схемасы келесі түрге ие.

Радиомикрофондар коммерциялық барлауды жүргізудің ең көп таралған техникалық құралдары болып табылады. Олардың танымалдылығы, ең алдымен, оларды пайдалану ыңғайлылығымен, қолданудың қарапайымдылығымен, арзандығымен, өте кішкентай өлшемдерімен түсіндіріледі. Төмендегі 2.1-суретте радиомикрофонның құрылымдық диаграммасы көрсетілген.



Сурет 2.1– Радиомикрофонның құрылымдық схемасы.

Қарапайым радиомикрофон оның тактикалық және техникалық мүмкіндіктерін анықтайтын үш негізгі түйіннен тұрады:

- микрофон;
- радиотаратқыш;
- қорек көзі.

Микрофон бұл дыбыстық тербелістерді электрлік түрлендіруді жүзеге асыратын құрылғы. Микрофон радиомикрофонның акустикалық сезімталдық аймағын анықтайды (әдетте ол бірнеше метрден 20-30 метрге дейін).

Радио таратқыш-микрофоннан электр сигналдарымен модуляцияланған радиодиапазонның (жиілікті көтеретін) электромагниттік тербелістерін кеңістікке шығаратын құрылғы. Радио таратқыш радио желісінің ауқымын және жұмыстың құпиялылығын анықтайды. Радиомикрофон жұмысының құпиялылығы радиотаратқыштың шағын қуатымен, сәулелену жиілігін таңдаумен және жабудың арнайы шараларын қолданумен қамтамасыз етіледі. Көбінесе жұмыс жиілігі қуатты радиостанцияның тасымалдаушы жиілігінің жанында таңдалады, ол сигналдарымен жұмыс істейтін радиомикрофонды маскирлейді.

Қуат көзі үздіксіз жұмыс уақытын анықтайды. Шағын батареялар қуат көзі ретінде қолданылады. Үздіксіз жұмыс уақыты-1-2 күн. Егер радиомикрофон 220 В желісімен қоректенсе, онда үздіксіз жұмыс уақыты шектеусіз. Радиомикрофонның бұл түрі көбінесе тістер, розеткалар, ұзартқыштар және т. б. түрінде кездеседі. Егер қоректендіру батареядан

немесе аккумулятордан жүзеге асырылса, онда жағдайдан шығу жолын акустикалық іске қосу режимін (дауысты басқару, дауыс бойынша қосу режимі), батареяны қосу немесе сыйымдылығын ұлғайтуды қашықтықтан басқаруды (ДУ) пайдалану арқылы табады.

Радиотаратқыштың әсер ету ұзақтылығын анықтайтын параметрлер: таратқыштың қуаты, тасушы жиіліктің тұрақтылығы, жиілік диапазоны, модуляция түрі. Сонымен қатар радиоарнаның ұзындығына радиоқабылдағыш құрылғының типі де әсер етеді.

Басқару құрылғысы радиомикрофонның негізгі элементі болып табылмайды. Жалпы ол таратқыштың, микрофонның, жазу құрылғысының дистанционды қосылып-өшірілу, режимдерінің ауыстырылып-қосылу мүмкіндіктерін кеңейтуге арналған. Режимдер түрлері: дауыс бойынша қосылу режимі, нақты уақытта жазу режимі, тездетілген көрсету режимі және т.б.

Жазу құрылғысы да негізгі элемент емес. Осылайша әсер ету ұзақтығы, өлшемдері және үздіксіз жұмыс жасау уақыты өзара тығыз байланысқан. Әсер ету ұзақтығын көбейту үшін, таратқыштың қуатын көбейту керек, осы кезде пайдалану тогы да өседі, оның нәтижесінде үздіксіз жұмыс жасау уақыты қысқарады. Бұл уақытты көбейту үшін, қоректену батареясының сыйымдылығын көбейту керек, бірақ бұл кезде радиомикрофонның өлшемдері өседі. Одан басқа егер таратқыштың қуаты көбейетін болса, оның құпиялылығы азаяды, яғни оны тауып алу өте оңай болады.

Радиоарнаны жабудың бірнеше түрлерін қолданады: жіберілетін сигналды аналогты қалқалау әдісімен төменгі жиілікті спектрдің инверсиясы түрінде немесе цифрлық кездейсоқ ағынды қоса отырып, ақпаратты сигналдың адаптивті дельта модуляциясы түрінде скремблерлеу (шифрлау). Жабылатын арнасы бар радиомикрофонды тауып алу қиынға соғады және де олардың бағалары жоғары болып келеді. Радиоқыстырмаларда қолданылатын микрофондар құрамды немесе шығарылатын болуы мүмкін. Радиомикрофонның физикалық құпиялығы оны қалай қалқалағанға байланысты болады. Радиомикрофонның физикалық құпиялылығы оларды мұқият жасырумен анықталады бақыланатын бөлмеде бірқатар құрылғылар бар, олар өте зиянсыз көрінеді және ешқандай күдік туғызбай көрінетін жерде болуы мүмкін, өйткені көбінесе радиомикрофон камуфляж түрінде қолданылады(субұрқақ қаламдар, шамдар, картондар, интерьер элементтері және т.б.).

Қазіргі таңда радио микрофонның жүздеген модельдері әзірленді және шығарылды (оның ішінде Ресейде/ Украинада және Беларусьта кемінде жүз түрі бар).

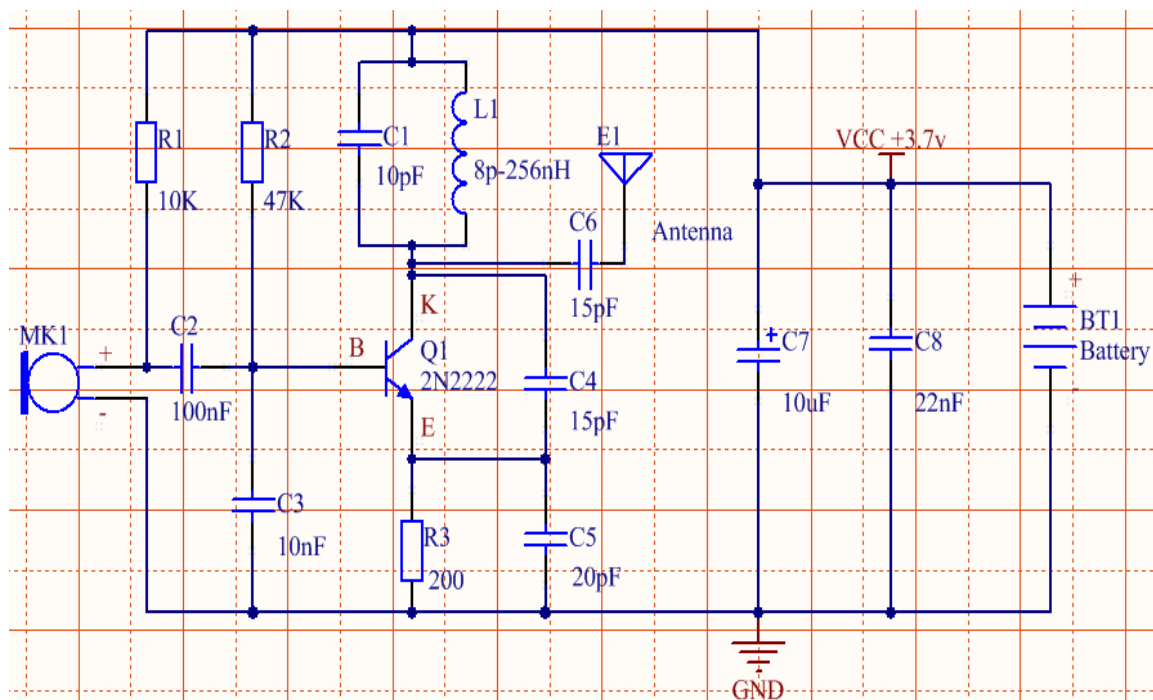
*Радиомикрофонның техникалық сипаттамалары:* салмағы – (5-350) г; өлшемдері – (от 1 см' до 8 дм); жиілік диапазоны – (27-1000) МГц; қуаты – (0,2-500) Мвт; ретрансляторсыз ұзақтығы – (10-1500) м; үздіксіз жұмыс жасау уақыты – бірнеше сағаттардан бірнеше жылдарға дейін.

Жоғары сезімталдықты микрофондар модельдері: CAL-201, DX-400,

TK-400M және т.б. Жазу үшін автореверсы және VOX (дауыс бойынша қосылу) жүйесі бар микрокассетты магнитофондар жасап шығарылды.

*Радиомикрофонның принциптік схемасы.*

96 – 102 МГц жиілігінде амплитудалық модуляциясы бар аудио ақпаратты беретін радиомикрофонның схемасы, яғни смартфондарды радиоқабылдағыштарда ұстау мүмкіндігі.



2.2 сурет- Радиомикрофонның электрлік схемасы

2.2 суретте Амплитудалық-модуляциясымен жабдықталған қарапайым, қолданыста көп кездесетін, C7 (10мкрФ), C8 (22нФ) конденсаторларын қолдана отырып BT1 (3.7В) тұрақты қуат күшінен қоректенетін, микропередатчиктің сызбанұсқасын ұсынамын. Аталған сұлбада МК1 микрофон қабылдаған дыбыстарды күшейтуге бір каскадты Q1 (2N222) транзистор қолданылады. Бұл каскадта R2 (47К) резисторы мен бірге C2 (100нФ) конденсаторы төмен жиіліктегі, ал C3 (10нФ) жоғары жиіліктегі шулардың қуатын азайтуға арналған. Микрофон қуат көзіне R1 (10К) резисторы арқылы қосылған. Осу сұлбаның ең негізгі бөлігі болып L1 (256 нГнр) – C1 (10пФ) жоғары жиілікті генератор табылады. Бұл генератордың тұрақты жиілікте (96 – 102 МГц аралығында) жұмыс жасауына қолданылған (L1, C1) элементтердің проценттік дәлдігі мен қорек көзінің тұрақтылығы тәсір етеді. Әрине профессионалдық радиомикрофондарда жиілік тұрақтылығын қамтамасыз етуге кварцтық генератор қолданылады. Сонда-да болса қарапайым, әрі арзан бағада қолданысқа енгізуге болатын мен қарастырып жатқан радиомикрофонды қолдана отырып 10 – 50 метр

қашықтықтан смартфон телефонның радиоқабылдағышы арқылы ақпаратты алуға болады.

Q1 (2N222) транзистор (базасы арқылы) микрофоннан алынған сигналдарды күшейтіп (коллектор арқылы) жоғары жиіліктегі генератордың жиілігіне амплитудалық модуляция жасайды да шығыстағы сигналды C6 (15пФ) конденсатор арқылы таратушы антеннаға жолдайды. Бұл жерде C6 конденсаторы тұрақты токты және төмен жиілікті анденаға өткізбеуге арналған фильтр қызметін атқарады. Ал R3 (200 Ом) резисторына радиотаратқыштың қуаты байланысты. R3 резисторының кедергісі қаншалық төмен болса, радиотаратқыштың қуаты соншалық жоғары болады. Бұл жерде R3 кедергісінің ең төменгі кедергісі Q1 транзисторының қуатыны тікелей байланысты.



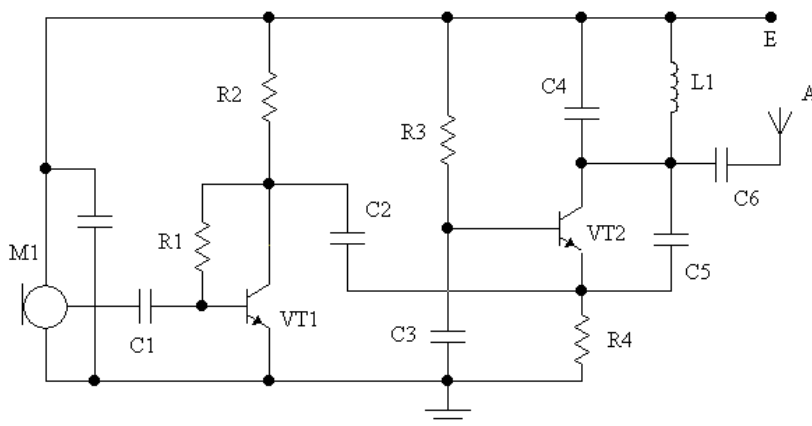
2.3 сурет- Амплитудалық модуляция (L1-C1 - тасымалдаушы жиілігі, Микрофоннан алынған сигнал, Антеннаға берілетін сигнал – амплитудалық модуляция)

## 2.2 Жиілігінің тұрақтылықтылығы параметрлермен анықталатын радиотаратқыш

2.4 суретте Жеделдік-модуляциясымен жабдықталған кішігірім микропередатчиктің сызбанұсқасы көрсетілен. Екі каскадты Жеделдік - тасмалдаушысымен жабдықталған микропередатчик, 100-108 мГц жиілігінде



жұмыс жасайды. Радиотасмалдаушының 5-9 Вольт аралығындағы қуат көзін пайдаланған жағдайда шығыс қуаты 10-15 мВт. Радиотасмалдаушыны 8-10 мкВ сезімалдық деңгейінде пайдаланған кезде ақпаратты 50 метр қашықтыққа жіберуді қамтамасыз етеді. Радиотасмалдаушы М1 микрофоннан, 1 каскадты дыбыс жиілігін күшейтетін (Vt1) және 1 каскадты жоғары жиілікті тербеліс генераторынан тұрады (Vt2). Акустикалық түрлендіргіш ретінде МКЭ-3, «Сосна», МЭК-1, М1 электродық микрофоны қолданылады. М1 микрофоны дыбыстық тербелісті электрондық сигналға түрлендіреді.



2.4 сурет- Жеделдік-модуляциясымен жабдықталған микропередатчиктің электрлік сұлбасы.

Дыбыстық жиілікті күшейту транзисторымен тұрақты токтың жоғары жиілікте тербеліс генераторының жұмыс уақыты R1 және R3 резисторларының қарсылық таңдауымен белгіленеді. Жоғарғы жиілікті тербеліс генераторы таңымал сызбақұрылыммен жиналған. Басты жиілік C4,L1,C5 компонентінің параметрлермен және Vt2 электрон аралық транзистор көлемімен анықталады.

Моделдеуші күшейткіш КТ315 типінің Vt1 транзистірінде орындалған.күшейтілген сигнал C2 конденсаторы арқылы КТ315 типтес Vt2 транзисторына келіп түседі. Моделдеуші кернеу база-эмиттер көлеміне көшуді VT2 танзисторын өзгертіп,жоғарыжиілікті генератор анықтайтын тербеліс жиілігін тудырады. Генератордан келіп C5 конденсаторы арқылы өткен және антенгаға тускетін сиганл, сымның 10-40 см бөлігі қолданылады.

Каркасы L1 катушкасы, жүйектемесінде 3 мм оралып 4 айналымды ПЭВ 0,6мм тұрады, және орам арасы 2мм.

Радиомикрофонды бағдарлау L1 катушкасының орамдарын сигналды еркін станция учаскелірнен тыс қабылдауыштардан қабылдау үшін қысу немесе созу болып табылады.

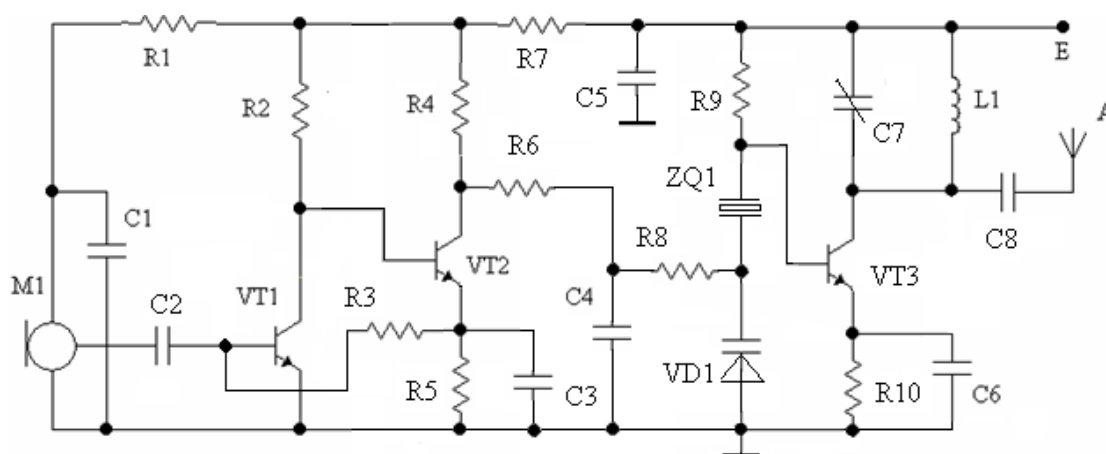
Жоғары жиілік үшін – ондаған мегагерц күміс сымды тербелмелі басты генератор контур катушкасына қолданған дұрыс. Бұл генератор қосылуын

жеңілдетеді және жиілік тұрақтылығын жоғарылатып, катушкасын көлемімен толық құрылғының көлемін кішірейтеді.

Автогенератордағы Жеделдік-модуляцияларының мүмкіндіктерін қамтамасыз ету үшін қажетті электронды тізбектер болуы тиіс, демек әдеттегі сыйымдылығы бар диодтар вариакп негізінде құрылып, берілген кернеулерге сәйкес өзгеріп отырады. Сонымен модульдеуші белгі әсерінен тізбекке берілген бегілер төмен жиілікте күшейтіліп, вариакп арқылы сыйымдылықтарын өзгертеді. Генератор сызықтарының құрамына енгендіктен, модульдеуші белгінің өзгеруіне орай генератор жиілігі өзгеріске ұшырайды, демек негізгі жиіліктің Жеделдік-модульденуі орын алады.

### 2.3 Жиілігінің тұрақтылығы жоғары аз қуатты микротаратқыш

Жиілігі тұрақты аз қуатты радиоқабылдағыштың атқаратын сұлбасы 2.4. суретте берілген. Аталмыш радиоқабылдағыш 140 – 150 МГц ЖМ арқылы жиілік дмапазонында жұмыс атқарады. Жиілік девиациясы 3 кГц құрайды. Тербеліс жиілігінің тұрақты беретін генераторлар ретінде кварцты резонатор ZQ1 қолданылады. Акустикалық түрлендіргіш ретінде МКЭ-3, “Сосна”, МЭК-1 типінде күшейткіші бар М1 электретті микрофон қолданылады. М1 микрофоны дыбыстық тербелістерді түрлендіріп (акустикалық белгілерді) в электрлік белгілерге алмастырады. Микрофонға қуат көзі R1резистор мен 1 конденсатордан тұратын RC-фильтр арқылы келеді. дыбыстық жиіліктегі электрлік белгі М1 микрофоннан ажыратқыш C2 арқылы шығып, дыбыстық жиіліктегі күшейткішке келіп түседі (VT1 транзистор базасына).



Сурет 2.5 – жоғары тұрақты жиілігі бар аз қуатты радиобергіштің жұмыс сұлбасы

Дыбыстық жиілікті күшейткіш екі каскадты сұлба бойынша белсенді элементтермен бірге КТ315 типіндегі VT1 және VT2 транзисторларға жинақталған. Аталмыш қондырғы қажетті амплитудаға дейін дыбыстық

жиілік белгілерін шектейді, күшейтеді. Тұрақты тогы бар VT1 және VT2 транзисторлар арқылы R3 кедергілер жиналады. Аталмыш режим одан әрі автоматты түрде VT1 және VT2 транзисторлар арасында кері аралық байланыс көмегімен қолдау табады.

Дыбыстық жиіліктің күшейтілген және шектелген белгілері төмен жиілікті RC-фильтр арқылы өтіп, T-үлгідегі сұлбамен R6, R8 резисторлар мен C4 конденсатор үшін жасалады, одан әрі KB109 типіндегі VD1 варикапқа келіп түседі. Ауыспалы кернеу арқылы VD1 варикап сыйымдылығы өзгеріп, генератор берген жоғары жиілікті тербелістердің жиілік модуляциялары орындалады.

VT2 транзисторының коллекторынан алынған тұрақты кернеу, VD1 варикаптағы таралуды шешеді. Беруші генератор KT368, KT3101 типіндегі VT3 транзистормен орындалады. Тұрақты ток бойынша VT3 транзисторының жұмыс режимі R9 резисторының кедергіленуімен анықталады, яғни аталмыш қондырғы осы транзистордың базасына қосылған. Кварцты ZQ1 резонаторы 47 – 49 МГц жиілік үшін қолданылады. Жоғары жиілікті кварцты резонаторды қолдану кезінде жиілігі бар тұрақты қарапайым радиомикрофон құру мүмкіндігі туындайды. VT3 транзистор тізбегінің коллекторлы бөлігінде орналасқан тербелмелі сызық (L1 және C7) үшінші үйлесімге бағыттталып орнатылған.

Жоғары жиілікті модульденген жүйе белгі жиілігі бойынша антеннаға, одан әрі кіші сыйымдылықтағы C8 конденсаторға келіп түседі. Антенна ретінде ұзындығы 40-50 см болатын сым қимасы қолданылады. Орауыш ПЭВ 0.6 мм сымдарымен оралып, корпустағы C7 конденсаторына 3-4 орамалар бекітіледі. Орауыштардың ұштары конденсатор ұштықтарына дәнекерленген.

Дыбыстық жиілікті күшейткішті орнату R3 резисторының кедергілерін таңдаумен байланысты. VT2 транзистор коллекторынан кернеу қуат көзінің жартысына тең. L1 және C7 желілері максимум бойынша шағылысқан қуат көзінің жолымен C7 конденсаторына орнатылады.

Қажет болған кезде ЖМ-бергіштер бастапқы сұлбаға қосымша жоғары жиілік беріп, бір транзистормен атқарады.

### 3 Жиілігінің тұрақтылығы жоғары орташа қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы.

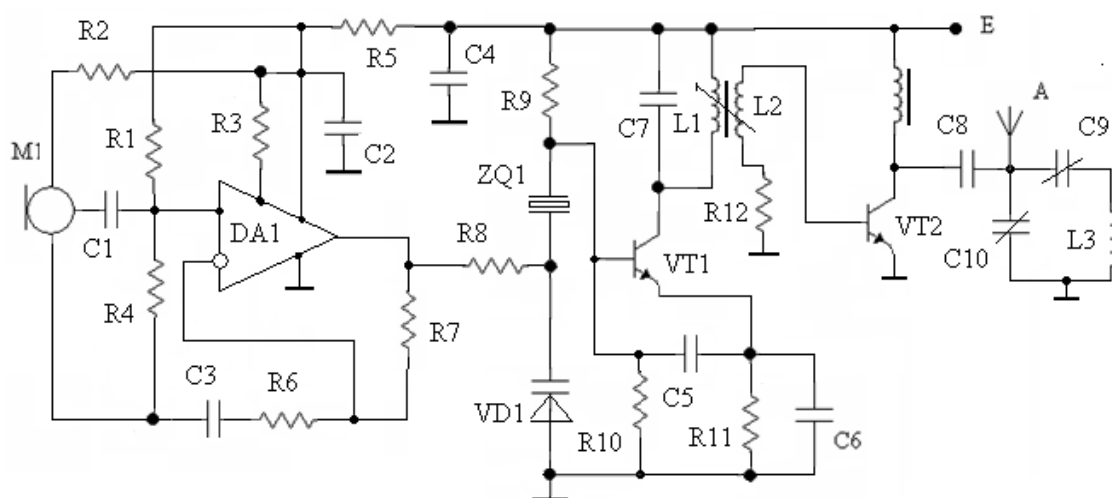
Көптеген қызығушылықтағы радиобергіштер жиілік беретін тізбектің тербелмелі желісі арқылы жасалған. Осы кезде оларда бір ғана жоғары жиіліктегі каскад болады. Бұл каскад бір мезетте бергіш генератордың және қуатты күшейткіштің қызметін атқарады. Мұндай сұлбалар өзінің қарапайымдылығымен ерекшеленген, сондықтан дайын құрылымы кішігірім болғандықтан, өзіндік кемшіліктерге де ие. Жоғары жиіліктердің тұрақты болмауы мен шығарылған қуат көзінің аз болуы сипат алады.

#### 3.1 Жиілігінің тұрақтылығы жоғары орташа қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасын жасау.

3.1 суретте берілген сұлбада бұл кемшіліктер берілмеген, демек генератор беретін жиілік кварцты резонатор арқылы тұрақталып, жеке күшейткіш қуатқа ие. Аталмыш қондырғы жиілік модуляциясымен УКВ Жеделдік диапазонда жұмыс атқарады, демек белгісі кез келген қабылдағышпен 65 – 108 МГц аралығында қабылданады. Жасалатын әрекеттің ұзақтығы шамамен 300 м.

Беруші генератор КТ368 типіндегі VT1 генераторда орындалған. Тұрақтылық жиілігін арттыру үшін әдетте кварцты резонатор қолданылады. Аталмыш сұлбада кварцты резонатор 22 – 36 МГц жиілікте қолданылған. Генератордың тербелмелі желісі орауыштан L1 және C7 конденсаторынан тұрады, кварцты резонатордың үшінші үйлесіміне бағытталады.

Осылайша жоғары жиіліктегі тербелістер 65-108 МГц құрайды. ЖЖ тербелістері бар генератор тербелу сызықтарының өлшеміне байланысты, бірінші ретті L1 трансформатор орауыштарының индуктивтігіне еніп, C7 конденсатормен, VT1 транзистормен, барьерлік вариакп сыйымдылықтарымен VD1 қалыптасады.



Сурет 3.1 – Жиілігі тұрақты орташа қуатты радиобергіштің электрлік сұлбасы.

Кезекті резонанстан кейін үшінші үйлесімде резонатор қолданған жөн, демек осы кезде қалыпты жұмыс үшін қабылдағыштың жиілігі 50 кГц құрайды. Кварцты резонатор VT1 транзистор базасына және VD1 варикапқа қосылып осциллятор сұлбасы бойынша жұмыс атқарады. Ал сыйымдылығы C5 құрағандықтан, сызықтары «үш нүктелі сыйымдылық» деп аталады. Осылайша жиіліктің жоғары тұрақтылығы қамтамасыз етіледі.

Күшейту шаралары енуші транзисторлардың жұмыс режимдерімен R1, R4, және R3 резисторларына беріледі. Күшейткіш шараларын кеміту үшін кері аралық байланыс R6, R7 және C3 сұлбасы қолданылады. DA1 микросұлбасын K140УД1208, KP140УД608 алмастырып, соңғы жағдайда R3 резисторды сұлбадан шығарып тастаймыз.

Енген белгі болмаған жағдайда, операциялық күшейткіште 3В кернеу күйінде болады. T1 транзисторының жұмыс режимі тұрақты ток бойынша жоғары жиіліктегі тербеліс болып саналады, сондықтан қажетті R9 және R10 резистор кедергілерімен анықталып, күшейту тұрақталып, R11 резисторымен ауыспалы ток жалғанады.

Модульдеуші күшейткіш KP1407УД2 типтегі күшейткішпен орындалған. Оның кіре берісіне төмен жиіліктегі дыбыстық белгі M1 электретті микрофоннан беріледі, онда МКЭ – 3 типтегі күшейткіш бар. Дыбыстық жиілік бегілерін операциялық күшейткіш арттырып, оны варикапқа береді, одан әрі кернеулігі мен барьерлік сыйымдылығы өзгереді.

Тербелістердің суммарлық сыйымдылық өзгерістері нәтижесінде жиілік анықталып, генератор беретін жоғары жиіліктегі тербелістер қарастырылады. Операциялық күшейткіш арқылы өзгермеген дыбыстық жиіліктің амплитудасы шамамен 3 В. KB104A типіндегі варикап элементі ретінде модульдік элемент аралықтары 40 – 50 кГц құрайды.

Жиілік бойынша модульденген белгіні L1, C7 генераторлары L2 байланыс орауыштарымен беріп, қуат көзі КТ610А типіндегі VT2 транзистормен орындалады. Қуат көзін күшейткіш жоғары КПД арқылы жұмыс атқарып, “С” класындағы режимді орындайды.

Қуат көзін 150 мВт дейін күшейтеді. Күшейтілген белгі антенна арқылы әуе кеңістігіне таралады. Антенна ұзындығын кеміту үшін қосымша тербелмелі желі – C9, C10, L3 қолданылады.

Ұзындығы 1 м болатын Ілінбелі және қадамалы антеннаны қолдану кезінде қатушка L3 диаметрі 3 см құрайды, демек сымның 7 орауыштарында ПЭВ 0,8 сым болады. Осылайша тиімді стандартты ұзындығы 1 м болатын вариант алынып, қуат көзі 30 мВт құрайды. Осындай қуат арқылы шамамен 150 м қашықтықта белгіні тұрақты қабылдауға болады. Орауыштардың ұзындығы 5 см.

Төмен жиілікті бергіштерді орнату үшін аса бір ерекшелік қажет емес. Бергіштер жалпыға мәлім әдістеме арқылы кернеу өрісінің индикаторын қолдану арқылы құрылып, радиоқабылдағыштармен бақыланады. C7 және L1 желісін қалай орнатуға болады? Каскадтың тұрақтылығын қамту үшін генерациялау қажет болады.

Антенаның А нүктесіне ұзындығы 1 м болатын сымды жалғау үшін алдын ала С10, С11 және L3 сыйымдылықтарын ажыратып, өлшегіш құралмен бергіштің қуатын 150 мВт көтереміз. Осындай қуат көзі қалалық жағдайда сезімталдылығы 5 мкВ/м болатын белгілерді қабылдауға жеткілікті.

### **3.2 Орташа қуатты микротаратқыш үшін операцияндық күшейткіштің микросхемасын таңдау**

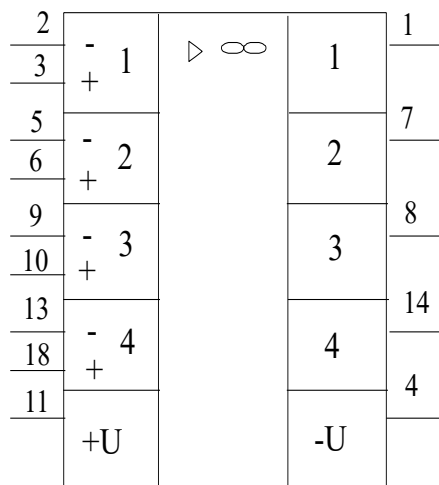
Қазіргі уақытта түйіндер мен құрылғылардың аналогы мен сандық байланысын құру кезінде, оның ішінде орташа қуатты микро беріліс тізбектері бір корпуста (бір кристалда) бірнеше жұмыс күшейткіштері бар микросхемаларды табады. Осылайша, олардың сенімділігін сақтай отырып, электронды түйіндердің жалпы өлшемдерін едәуір азайтуға болады, бұл осы жұмыста қарастырылған ақпаратты қорғау құрылғылары үшін өте маңызды. Операциялық күшейткішті өндірудің заманауи технологиясы бір кристалда бір технологиялық циклде екі және төрт Операциялық күшейткіш алуға мүмкіндік береді.

K1401УД2 микросхемасы таңдалды, оның құрамында бір корпуста кернеу кезінде жалпы қуат шиналарынан жұмыс істейтін төрт Операциялық күшейткіш бар (1,5 жүктеме)– (16,5 жүктеме)в.

Әрбір K1401УД2 чипінің бір корпусында, күшейткіш коэффициенті үлкен, төрт операцияндық күшейткіш бар. Операциялық күшейткіштің ең көп сатылатын жолағы (бірлі-жарым) 2,5 МГц құрайды. K1401УД2 микросхемасының жалпы операцияндық күшейткіш тізбегіндегі бір күшейту жиілігін арттыру үшін 33 пФ сыйымдылығы бар ішкі конденсатормен жиілік сипаттамаларын түзету. Әрбір күшейткіштің максималды рұқсат етілген Шығыс тогы жүктемені қосу схемасына байланысты. Шығыс және оң қоректендіру кернеуінің көзі арасындағы жүктемені қосқан кезде ішкі тах 1 мА-дан аспауы тиіс, ал гн жүктемесі қоректендіруші кернеудің теріс көзіне қосылған кезде ішкі тах 10 мА-дан аспауы тиіс. Бұрмаланулар белгіленген мәннен аспайтын Шығыс кернеуінің максималды мәні 12,0 в құрайды, қуат беру кернеуінің + 5 в көзінен операциялық күшейткіштің жұмысы кезінде Куи күшейту коэффициенті 700-ден жоғары, ал Uшығ 2,8 в-ден жоғары. Шығыс кернеуі белгілі бір жүктеме кедергісі кезінде өлшенеді. Жүктеме кедергісі төмендеген кезде мән азаяды. Ығысу кернеуі-5 мВ. Бұл операциялық күшейткіштің кернеуінің мәні, оның шығуында кернеу нөлге тең болады. Операциялық күшейткіш транзисторлардың едәуір саны бар микросхема түрінде жүзеге асырылады, олардың сипаттамалары параметрлер бойынша шашыраңқы болады, бұл ядрода сигнал болмаған кезде шығуда тұрақты кернеудің пайда болуына әкеледі. Ығысу кернеуін теңестіру айнаымалы резисторды k1401ud2 чипінің 3 және 5 түйреуіштеріне қосу арқылы жүзеге асырылады. Операциялық күшейткіштің жергілікті байланыстары арқылы өтетін жалпы токтар 150 мА құрайды. Бұл Ікір

токтары жергілікті биполярлы транзисторлардың негізгі токтарына байланысты.

Сигнал көзінің ішкі кедергісі арқылы өтетін табиғи токтар кернеулердің төмендеуін тудырады, бұл ядрода сигнал болмаған кезде шығуда кернеудің пайда болуына әкелуі мүмкін.  $U_{ip} = 15$  в кезінде төрт операциялық күшейткіштің тұтыну тогы және жергілікті сигналдың болмауы 8,5 мА аспайды. Микросхеманың шартты графикалық белгіленуі 3.2-суретте келтірілген.



Сурет 3.2.- K1401UD2 микросхемасының графикалық белгіленуі

Аналогты электронды құрылғыларды жасау кезінде келесі интегралды схемалар қолданылады: аналогты және сандық ақпаратты өзара түрлендіру үшін аналогтық сигналдардың операциялық күшейткіштері, түрлендіргіштері және компараторлары (салыстыру схемалары) және ІР. Барлық Аналогты электронды құрылғылардың, сондай-ақ аналогты-цифрлық және цифрлық-аналогтық түрлендіргіштердің негізгі схемалық элементтері жоғары дәлдік сипаттамаларына ие және ашық кері байланыс кезінде үлкен пайда әкелетін жұмыс күшейткіштері болып табылады.

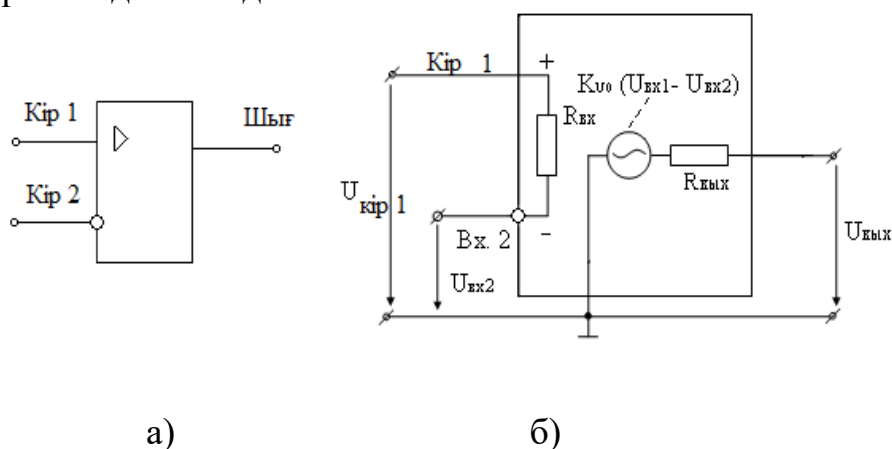
"Операциялық күшейткіш" термині дифференциалды кірісі бар және бір жалпы шығысы бар тұрақты ток күшейткіштерін білдіреді. Бұл күшейткіштердің атауы олардың бастапқы қолданылуымен байланысты, негізінен аналогтық шамаларда (қосу, біріктіру және т.б.) әртүрлі операцияларды орындау үшін. Алайда, микроэлектроника саласындағы жетістіктердің және интегралды дизайндағы операциялық күшейткіштердің кең өндірісінің арқасында олардың кең схемалық мүмкіндіктері ашылды.

ОЖ шартты графикалық белгісі және оның балама схемасы 3.3-суретте көрсетілген., ОУ-ның екі кірісі және бір шығысы бар екенін көруге болады. 1-кіріс инвертор емес деп аталады, өйткені 1-кіріске қолданылатын кернеудің оң бағытындағы өзгеріс операциялық күшейткіш шығысындағы кернеудің оң өзгеруіне әкеледі. 2 кірісі *инвертор* деп аталады, өйткені бұл кірістегі кернеудің оң өсуі Шығыс кернеуінің теріс бағытта өзгеруіне әкеледі. Егер

кіріс кернеулерінің айырмашылығы  $U_{кір1}$  және  $U_{кір2}$  аз болса, онда ОУ шығу кернеуі ретінде анықталады:

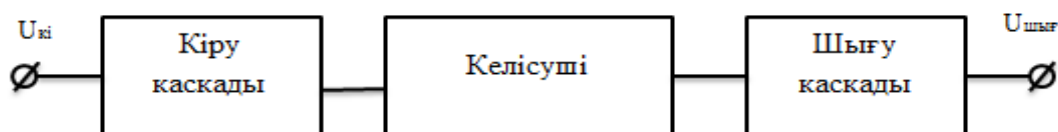
$$U_{шығ} = K_{U0} (U_{кі1} - U_{кі2}) = K_{U0} U_{диф}, (3.1)$$

мұндағы  $K_{U0} - U_{диф}$  кернеуі бойынша операциялық күшейткіштің меншікті пайда коэффициенті;  $U_{диф}$  – бұл дифференциалдық кіріс кернеуі, инверттелмеген және инверттелген кірістер арасындағы кернеу айырмасы ретінде анықталады. (3.1) өрнегінен операциялық күшейткіш кіріс кернеулерінің фазалық өзгеруіне шығу кезінде реакция бермейді, өйткені бұл жағдайда дифференциалды кіріс кернеуі нөлге тең болады. Сонымен қатар,  $K_{U0}$  мәні әдетте өте үлкен, сондықтан ОУ дифференциалды кіріс кернеуіне жеткілікті жоғары пайда әкеледі



Сурет 3.3 – Операциялық күшейткіштің шартты графикалық белгіленуі (а) және оның эквивалентті схемасы (б)

Әдетте жұмыс күшейткіштері екі немесе үш каскадты тұрақты ток күшейткіштері негізінде жасалады. Құрылымдық схемасы 3.3 – суретте көрсетілген үш каскадты операциялық күшейткіш. Ол кіріс, келісуші және шығыс күшейту сатыларынан тұрады. Операциялық күшейткіш кіріс сатысы ретінде әдетте дифференциалды күшейткіш қолданылады. Дифференциалды күшейткішті қолдану оның жеткілікті үлкен пайда алуға және инвертацияланбайтын және инвертацияланатын кірістер арасындағы ең жоғары кіріс кедергісін алуға мүмкіндік беретіндігіне байланысты. Сонымен қатар, кіріс каскадының транзисторларының параметрлерінің жоғары сәйкестендірілуіне байланысты дифференциалды күшейткіш симетриясы айтарлықтай төмендейді.



Сурет 3.4 – Үш сатылы операциялық күшейткіштің құрылымдық тізбегі



Сондықтан ығысу кернеуінің ауытқуы максималды түрде азаяды және күшейткіштің кірісіндегі температураның өзгеруінен туындаған кернеудің фазалық компоненттері басылады және басқалары пайдалану әсерлері. Екінші (Келісуші) каскадта сондай-ақ дифференциалды күшейткіш каскад қолданылады, ол операциялық күшейткіш кіріс каскадымен тікелей байланысы бар, оның тұрақтылығын арттырады және ток пен кернеу бойынша күшейтуді, сондай-ақ сигнал фазаларының үйлесуін қамтамасыз етеді.

Шығу сатысы әдетте қосымша транзисторларда екі соққы тізбегі бойынша жүзеге асырылады және қажетті қуат сигналын күшейтуді, сондай-ақ жүктеме тізбегіндегі берілген минималды жүктеме кедергісі немесе максималды ток кезінде қажетті диапазондағы Шығыс кернеуінің өзгеруін қамтамасыз етеді. Екі белгінің шығу кернеуін алу үшін ОУ қуаты орташа шығысы бар екі полярлы кернеу көзімен (+  $E_{п1}$ ,  $E_{п2}$ ) жүзеге асырылады. Бұл көздің орташа шығысы, әдетте, кіріс және шығыс сигналдарының жалпы шинасы болып табылады және көп жағдайда оп-ға қосылмайды.

Негізінен екі каскадты құрылымы бар заманауи операциялық күшейткішті микросхемалар түрінде интегралды технологияны қолдана отырып жасалады және дәл синтезделген беріліс функциясы бар аналогты және импульсті электронды құрылғылардың алуан түрін құру үшін кеңінен қолданылады. Белгілі бір электрондық құрылғыларда операциялық жүйе қолдану мүмкіндігі оның электрлік параметрлеріне байланысты, олардың негізгілері төменде қарастырылады.

$K_{u0} = U_{шығ} / U_{диф}$  ретінде анықталған  $K_{u0}$  кернеуінің өсуі операциялық күшейткіш оның кірістеріне берілетін  $U_{диф}$  дифференциалды кернеуін күшейту қабілетін сипаттайды. Идеал операциялық күшейткіш үшін күшейткіш коэффициенті шексіздікке тең, ал нақты операциялық күшейткіш үшін нөлдік жиіліктегі күшейткіш коэффициенті мәні  $\sim 10^5$ -тен  $10^6$ -ға дейін немесе 100-ден 120 дБ-ге дейін.

Дифференциалдық каскадтың транзисторларының сипаттамаларының кейбір асимметриясына байланысты,  $U_{диф} = 0$ . Бұл жағдайда болғанына қарамастан,  $U_{шығ}$  фазалық кернеуін толығымен баспайды және осылайша шығыс кернеуіне қате енгізеді. Оп-ның бұл қасиеті  $CF \cos$  фазалық сигналының әлсіреу коэффициентімен сипатталады, бұл әр түрлі оп түрлерін салыстыруға, сонымен қатар енгізілген оп-қатені бағалауға мүмкіндік береді. Бұл фазалық сигналдың әлсіреу коэффициенті ретінде анықталады:

$$K_{фс\alpha} = 20 \lg (K_{u0} / K_{фс}), \quad (3.2)$$

онда  $K_{фс} = U_{шығ} / U_{кі\ фс}$  - күшейту коэффициенті синфазного кіріс кернеу. Идеал операциялық күшейткіш үшін Фазалық сигналдың әлсіреу коэффициенті мәні шексіз үлкен болуы керек, ал нақты операциялық күшейткіш үшін 50-ден 70 дБ-ге дейін.

Ығысу кернеуі  $U_{ык}$ -бұл шығыс кернеуі нөлге тең болуы үшін операциялық күшейткіш кірістері арасында қолданылуы керек теңдестіру

(ығысу) кернеуі. Ығысу кернеуі, негізінен, кернеудің төмендеуінің сәйкес еместігіне байланысты, кіріс дифференциалды каскадының транзисторларының негізгі эмитенті, соның салдарынан кіріс сигнал болмаған кезде операциялық күшейткіш шығысында тұрақты кернеу пайда болады.

Кіріс тогы Ікі. Операциялық күшейткіш кіріс дифференциалды каскадының транзисторларының жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін негізгі ығысу токтары қажет (немесе өріс транзисторлары жағдайында Қақпаның ағып кету токтары), олар операциялық күшейткіштің сыртқы тізбегінің элементтерінде кернеудің төмендеуін тудыруы мүмкін және Ушығ кернеуінің нөлдік деңгейінің қосымша ығысуын тудыруы мүмкін. Осы токтардың әсерін бағалау үшін  $I_{ki} = (I_{ki1} + I_{ki2}) / 2$  ретінде анықталған ішығ кіріс тогы қолданылады, онда  $I_{ki1}$  және  $I_{ki2}$  - кіру базалық токтар ығысу жүретін барлық кіріс (инвертирующем және неинвертирующем) операциялық күшейткіш қорытындылар. Кіріс базалық ығысу токтарының типтік мәні 50-ден 5 мкА-ға дейін, ал операциялық күшейткіш кіріс каскадының өріс транзисторларының ағып кету токтары 1-ден аз мәнге ие.

$\Delta I_{ki}$  кіріс токтарының айырмасы. Операциялық күшейткіштердің кіріс транзисторларының ығысуының негізгі токтары олардың сипаттамаларының сәйкес келмеуіне байланысты бір-бірінен ерекшеленеді және сигнал көзінің кедергісі тең болған кезде де айтарлықтай қателік тудырады. Параметр  $k_{ki}$  кіріс токтарының айырмашылығы  $\Delta I_{bx}$  осы токтардың айырмашылығын сипаттайды, яғни бір шығыс тогының екіншісінен қаншалықты ерекшеленетінін көрсетеді. Келесідей анықталатын  $\Delta I_{ki}$  токтарының айырмасы:

$$\Delta I_{ki} = I_{ki1} - I_{ki2}, \text{ мәні } 10 \text{ мкА-ға } \sim 1\text{-ге тең.}$$

Кіріс кедергісі  $R_{ki}$ . Дифференциалды кіріс кедергісі  $R_{ki}$  дифференциалды және фазалық кіріс кедергісі  $R_{ki}$  фс (кіріс пен жалпы автобус арасындағы кедергі) бар. Дифференциалды кіріс кедергісі операциялық күшейткіштің кіріс каскадының транзисторларының түріне байланысты және киломалардың бірліктерінен ондаған мегаомаларға тең мәнге ие. Фазалық сигналға  $R_{ki}$  фс кіріс кедергісі 100 Мом-ден асады, сондықтан оның әсерін елемейте болады.

Операциялық күшейткіштің шығыс кедергісі оның шығу сатысының кедергісімен анықталады және оның мәні киломалардың ондаған ом қосындысын құрайды. Шығу кедергісі Шығыс кернеуінің амплитудасына айтарлықтай әсер етеді, әсіресе операциялық күшейткіш төмен жүктеме кедергісінде жұмыс істеген кезде. Барлық операциялық күшейткіш номиналды Шығыс кернеуіндегі ең аз жүктеме кедергісін анықтайтын Ішығ шығыс тогына арналған.

VUшығ шығыс кернеуінің өсу жылдамдығы операциялық күшейткіштің динамикалық (жиілік) қасиеттерін сипаттайды, ол үлкен сатылы сигналдармен жұмыс істейді және  $\sim (0,1 \text{ с } 200) \text{ В/мкс}$  мәні бар.

Шығыс кернеуін белгілеу уақыты ОС динамикалық сипаттамаларын бағалау үшін қолданылады және ОС шығыс кернеуі оның номиналды мәнінің 0,1 деңгейінен осы шығу кернеуінің номиналды мәнінен 0,9 деңгейіне дейін өзгертін уақыт аралығы ретінде анықталады.

Күшейту жиілігі -  $f_1$ , бұл Кк күшейту коэффициентінің мәні 1-ге дейін төмендейтін жиілік.  $F_1$  жиілігі 0,2 МГц-тен (төмен жиілікті ОС үшін) ондаған МГц-ке дейін және жоғары жиілікті ОС үшін одан жоғары).

Шығу кернеуінің диапазоны. Шығу кернеуінің өзгеру диапазоны қуат көзінің кернеу мәндеріне, шығу сатысының құрылымына және жұмыс күшейткішінің шығысына қосылған жүктемеге байланысты.

Биполярлы транзисторларда жасалған дифференциалды күшейткіштің кіріс кедергісі композиттік транзисторлардың каскадында қолданылған кезде айтарлықтай артуы мүмкін. Мұның салдары күшейткіштің кіріс тогының төмендеуі болып табылады, ол интегралды схема түрінде қолданылған кезде өте маңызды.

Жоғарыда қарастырылған барлық дерлік параметрлер жұмыс жағдайларына, ең алдымен температураға байланысты. Операциялық күшейткіштің сыртқы әсерлердің өзгеруіне сезімталдығы ығысу кернеуінің температуралық ауытқуы, кіріс тогы және кіріс токтарының айырмашылығы, қуат кернеулерінің өзгеруі кезіндегі ығысу кернеуінің ауытқуы және т. б. сияқты параметрлермен сипатталады. Бірқатар параметрлер қуат кернеулерінің максималды және минималды мәндеріне, кіріс кернеулерінің шекті рұқсат етілген мәндеріне шектеулер қояды  $U_{\text{кір диф}}$  және  $U_{\text{кір фс}}$ , Шығыс тогы және тұтынылатын қуат, сондай-ақ жұмыс температурасының диапазоны.

Негізгі параметрлердің мәндеріне және қолдану аймағына байланысты жұмыс күшейткіштерінің келесі түрлері бөлінеді:

- төмен кіріс тогы бар жұмыс күшейткіштері (операциялық күшейткіштің кіріс дифференциалды каскады өріс транзисторларына салынған);

- жылдам әрекет ететін кең жолақты операциялық күшейткіштер (шығыс кернеуінің жоғары өсу жылдамдығымен, қысқа орнату уақытымен, жоғары бірлік күшейту жиілігі);

- кіші электр сигналдарын күшейту үшін қолданылатын дәл (жоғары дәлдіктегі) операциялық күшейткіштер (ығысу кернеуінің төмен мәнімен және оның температуралық дрейфімен,  $K_{uo}$  және  $K_{uo \text{ сф}}$  коэффициенттерінің үлкен мәндерімен және гкір кіріс кедергісімен және шудың төмен деңгейімен сипатталады);

- көп арналы операциялық күшейткіштер;

- қуатты және жоғары вольтты жұмыс күшейткіштері ( $U_{\text{шығыс тогы}}$  100 мА, ал шығыс кернеуі 15 В);

- автономды қуаты бар шағын қуатты операциялық күшейткіштер (тұтыну тогы 1 мА-дан аз).

Әдетте Аналогты электронды құрылғылардың тізбектерін талдауды жеңілдету үшін жұмыс күшейткіші идеалды болып саналады және оның электрлік параметрлері келесі талаптарға сай болуы керек:

- кіріс кедергісі шексіздікке тең ( , );
- шығу кедергісі нөлге тең ( );
- кернеу бойынша пайда коэффициенті (дифференциалдық шексіздікке тең;
- кіріс режиміндегі дифференциалды кернеу нөлге тең;
- фазалық кіріс кернеуі шығысқа реакция бермейді;
- ығысу кернеуі нөлге тең.

Үлкен кернеудің жоғарылауынан басқа, қазіргі заманғы интегралды операциялық күшейткіште үлкен кіріс (ондаған килом) және кіші шығыс (100-200 Ом) кедергісі бар. Теріс операциялық жүйе енгізу, көбінесе дәйекті түрде кіріс кедергісінің жоғарылауына және шығыс жылдамдығының төмендеуіне әкеледі.

Операциялық күшейткіштің жоғары сапасы мен әмбебаптығы оның электрлік параметрлеріне бірқатар талаптар қояды. Олар үлкен кіріс және төмен шығыс кедергілеріне, жоғары кіріс тұрақтылығына, төмен шу мен нөлдік дрейфке, кең өткізу қабілетіне ие болуы керек. Сонымен қатар, операциялық күшейткіш жоғары электрлік параметрлері кішігірім өлшемдермен, жоғары сенімділікпен, басқа схемалармен жұптасудың ыңғайлылығымен және төмен құнмен біріктірілуі керек.

Қазіргі уақытта операциялық күшейткіштер әртүрлі мақсаттағы жабдықты құруда көп мақсатты элементтердің ролін атқарады. Олар күшейткіш техникада, синусоидальды және импульстік сигнал шығаратын құрылғыларда, кернеу тұрақтандырғыштарында, белсенді сүзгілерде және т.б. қолданылады.

## **4 Операциондық күшейткіштің негізгі параметрлері және оларды есептеу**

### **4.1 Операциондық күшейткіштің (ОУ) негізгі параметрлері мен сипаттамалары.**

Операциялық күшейткіш-бұл негізінен кері байланыс тізбектеріндегі белсенді элемент (күшейткіш) ретінде қолданылатын үлкен пайда мен тікелей байланысы бар күшейткіш. Кернеу бойынша операциялық күшейткіштің жеткілікті күшейту коэффициенті кезінде (к 104-106) құрылғының беру сипаттамасы кері байланыс тізбектерімен бірге күшейткішке тәуелді емес кері байланыс тізбектері параметрлерінің ғана функциясы болуы мүмкін.

Операциялық күшейткіштің негізгі мақсаты-белгіленген кіріс коэффициенті және дәл синтезделген беріліс функциясы бар тізбектерді құру. Операциялық күшейткішті әртүрлі құрылғыларды құру үшін пайдалануға болады: тұрақты ток күшейткіштері (UPS), компараторлар, кернеу тұрақтандырғыштары, сигнал генераторлары, бейне күшейткіштер, белсенді сүзгілер, сандық аналогты және аналогты-сандық түрлендіргіштер, масштабтау, логарифмдеу, біріктіру, саралау және басқа күшейткіштер.

Операциялық күшейткіш ол үшін берілген функцияны нақты қосу схемасымен неғұрлым дәл іске асырады, оның параметрлері идеалды операциялық күшейткіштің параметрлеріне жақындаған сайын. Мінсіз жұмыс күшейткіші электр параметрлерінің келесі қасиеттерімен сипатталады:

- ығысу кернеуі 0 В;
- кіріс кернеуі 0 В болған кезде шығу кернеуі 0 В;
- 0 В/С ығысу кернеуінің температуралық дрейфі;
- кіріс тогы 0 А;
- кіру кедергісі;
- кернеу бойынша күшейту коэффициенті;
- фазалық кіріс кернеуі-толық диапазондағы қуат кернеуі;
- дифференциалдық кернеу кіре берісте – айырмасы кернеудің қоректендіру;
- синфазалық сигналдың әлсіреу коэффициенті, дБ;
- бірлі-жарым күшейту жолағы, Гц;
- толық қуат бойынша өткізу жолағы, Гц;
- шығыс кернеуінің өсу жылдамдығы, в / с;
- шығу кернеуінің өсу уақыты 0 с;
- 0 Ом шығыс кедергісі;
- тұтынылатын ток 0 А.

Ығысу кернеуі UCM-шығыс кернеуі нөлге тең болатындай етіп операциялық күшейткіш кірісіне берілуі керек кернеу мәні. Операциялық күшейткіш транзисторлардың едәуір саны бар микросхема түрінде жүзеге

асырылады, олардың сипаттамалары параметрлер бойынша шашыраңқы болады, бұл кіріс сигнал болмаған кезде тұрақты кернеудің пайда болуына әкеледі. UCM параметрі әзірлеушілерге құрылғы тізбектерін есептеуге, компенсациялық резисторлардың мәндерін таңдауға көмектеседі.

Максималды шығыс кернеуі  $U_{шығ.макс}$ -бұрмаланулар берілген мәннен аспайтын Шығыс кернеуінің максималды мәні. Отандық тәжірибеде бұл параметр нөлдік потенциалға қатысты оң және теріс бағытта өлшенеді. макс. шетелдік каталогтарда Шығыс кернеулерінің максималды диапазонының мәні келтірілген, ол  $2U$ -ға тең. макс. х. шығу кернеуі белгілі бір жүктеме кедергісімен өлшенеді. Азайту кезінде кедергісін жүктеменің шамасы  $U_{шығ.макс}$  азаяды.

Кіріс токтары Ішығ-операциялық күшейткіштің кіріс контактілері арқылы өтетін токтар. Бұл токтар кіріс биполярлы транзисторлардың негізгі токтарына және кіріс өрісіндегі транзисторлары бар операциялық күшейткіш үшін ысырмалардың ағып кетуіне байланысты. Сигнал көзінің ішкі кедергісінен өтетін кіріс токтары кернеудің төмендеуін тудырады, бұл кіріс сигнал болмаған кезде Шығыс кернеулерінің пайда болуына әкелуі мүмкін.

Кви кернеуінің өсуі-Шығыс кернеуінің өзгеру қатынасы. Жалпы жағдайда, кері байланыспен қамтылмаған оп-ның пайдасы оның каскадтарының Куивсехінің көбейтіндісіне тең. Қазіргі уақытта кейбір күшейткіштердің тұрақты ток күші  $3 \cdot 10^6$ -дан асады. Алайда, оның мәні кіріс сигналының жиілігінің жоғарылауымен төмендейді, ал жалпы амплитудалық-жиіліктік сипаттама (АСНН) оп-да күшейткіш каскадтар сияқты көптеген үзілістерге ие. Жоғары жиіліктегі әрбір каскад теріс кері байланыспен (ҚОҚ) қамтылған оқ-ның тұрақты жұмысына әсер ететін фазалық ығысуды енгізеді. Операциялық күшейткіш күшейту каскадтарының тұрақты жұмысына жиілікті түзетуді енгізу арқылы қол жеткізіледі-сыртқы жүктеме RC тізбектері. Екі сатылы күшейткішті тұрақтандыру үшін әдетте бір тізбек қажет, үш сатылы күшейткіш - екі. Соңғы шығарылымдардың көптеген ОУ сыртқы түзету тізбектерін қажет етпейді, өйткені олардың тізбегіне қажетті элементтер енгізілген.

Ушығ Шығыс кернеуінің өсу жылдамдығы-ушығ өзгерісінің өзінің номиналды мәнінен осы өзгеріс болған уақытқа қатынасы 10-нан 90% - ға дейін. Параметр кірістегі сигналдың сатылы өзгеруіне ОС жауап беру жылдамдығын сипаттайды; ОС өлшеу кезінде жалпы пайда коэффициенті 1-ден 10-ға дейін ООС қамтылған.

Интегралды Операциялық күшейткіш принциптік схеманың күрделілігіне қарамастан, шамалы ауытқулары бар келесі схема бойынша құрастырылады: кіріс дифференциалды күшейткіш – кернеу күшейткіші – тұрақты деңгейдің ығысу (төмендету) схемалары – шығуды қорғау схемасының шығыс күшейткіші.

Операциялық күшейткіштің кіріс параметрлері оның бірінші сатысының – кіріс дифференциалды күшейткіштің қасиеттерімен анықталады. Қателерді азайту және сигналдың тұрақты компонентін күшейту, кіріс каскадының

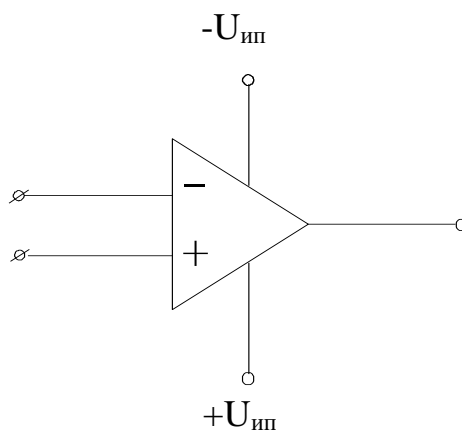
кедергісін арттыру эмиттерлердің микро ампер токтары режимінде кіріс каскадының жұмысы арқылы жүзеге асырылады.

Екінші кезең – кернеу күшейткіші, жалпы эмитенті бар тізбек бар. Күшейту коэффициентін арттырудан басқа, екінші каскад кіріс және соңғы каскадтардың кедергісі бойынша келісуді қамтамасыз етеді. Операциялық күшейткіш тізбегінде немесе оның каскадтарының тікелей байланысында пайда болатын кернеудің тұрақты компонентін жою үшін тұрақты деңгейдің арнайы ығысу (ығысу) схемасы қосымша енгізіледі. Екі сатылы жұмыс күшейткіштерінде екінші кезең автоматты түрде деңгейдің ығысу тізбегінің функциясын орындайды.

Операциялық күшейткіштің соңғы (шығу) сатысы күшейткіш каскадтардың Үлкен Шығыс кедергісін төмен импеданс жүктемесімен үйлестіруге қызмет етеді, яғни операциялық күшейткіштің шағын Шығыс кедергісін алуға мүмкіндік береді. Әдетте ол АВ немесе В сыныптары режимінде жұмыс істейтін екі сатылы схема бойынша орындалады.

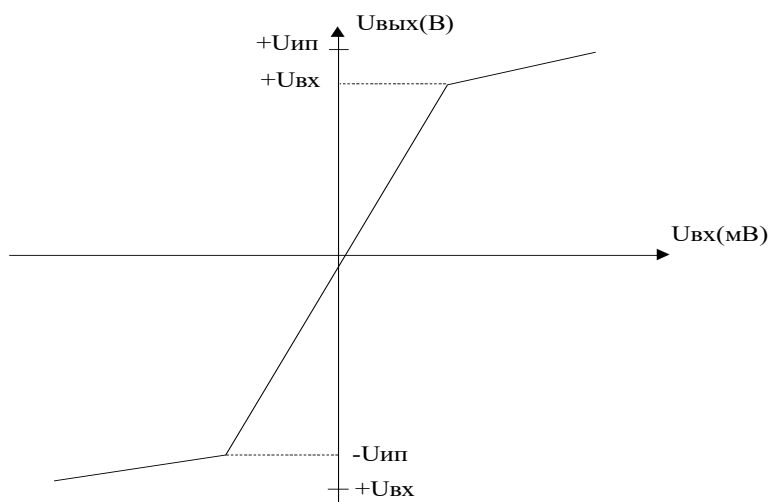
Жұмыс күшейткіштері әдетте шығыс кернеуінің бірдей оң және теріс амплитудасын қамтамасыз ететін екі симметриялы көздерден қуат алады. Көптеген заманауи жұмыс күшейткіштері үшін қуат кернеуін жеткілікті кең ауқымда өзгертуге болады (көбінесе 3-тен 15-ке дейін), бұл үнемді тізбектерді де, шығыс сигналының үлкен амплитудасы бар күшейткіштерді де құруға мүмкіндік береді.

Әдетте, операциялық күшейткіштердің екі кірісі және бір шығысы бар (4.1-сурет). Күшейткіштің кіріс сымдары плюс және минус белгілерімен белгіленеді. Плюс белгісі кернеу фазада " + " кірісіне берілген кернеумен сәйкес келетінін білдіреді, бұл кіріс инверттелмейтін деп аталады, минус белгісі операциялық күшейткіштің шығыс кернеуі осы кіріске берілген кернеу белгісіне қарама-қарсы екенін білдіреді.



Сурет 4.1– Операциондық күшейткіштің белгісі.

4.2-суретте жұмыс күшейткішінің амплитудалық сипаттамасы көрсетілген.



Сурет 4.2 – Операциондық күшейткіштің амплитудалық сипаттамасы.

Нақты операциялық күшейткіштің соңғы пайда коэффициенті болғандықтан, Шығыс кернеуінің кіріс кернеуіне тәуелділік графигі тік түзу сызықты білдірмейді, бірақ операциялық күшейткіштің пайда болу коэффициентімен анықталатын көлбеу болады:

$$K = U_{\text{шығ}} / U_{\text{кір}} , (4.1)$$

мұндағы  $U_{\text{кір}}$ -дифференциалды кіріс кернеуі.

Амплитудалық сипаттама шығу нүктесінен өтпейді, бірақ  $U_{\text{СМ}}$  ығысуының кіріс кернеуіне тең кернеуге ауысады. Ығысу кернеуі-шығу нөлге тең болатын операциялық күшейткіштің кірістері арасындағы кернеу. Бұл кернеу операциялық күшейткіштің кіріс тізбегіндегі ығысу тогын немесе жай кіріс тогын тудырады – Шығыс кернеудегі кез-келген кіріс терминалында ағып жатқан (немесе ағып жатқан) ток, әдетте, екі кіріс тогының орташа мәні ретінде көрінеді:

$$I_{\text{кір}} = ( |I_{\text{кір1}}| + |I_{\text{кір2}}| ) / 2 .(4.2)$$

Кіріс токтарының айырмашылығы:

Қуат көздерінің деңгейіне жақындаған шығындағы кернеу кезінде күшейткіштің шығыстық каскадтары қанығуға кіреді. Толық қанығуға жеткен кезде шығыстық кернеу мынадай деңгейде шектеледі

$U + \text{Шығыс}$ ,  $U - \text{Шығыс}$  , ол негізінен оң және теріс қуат көздерінің кернеулерімен және операциялық күшейткіштің Шығыс каскадының схемотехникалық шешімімен анықталады (3.2-сурет).

Кері байланыспен қамтылмаған операциялық күшейткіштің (куу) күшейту коэффициенті оның барлық каскадтарының (әдетте екі) куу көбейтіндісіне тең. Қазіргі уақытта кейбір күшейткіштердің тұрақты ток күші 3-тен 106-ға дейін. Алайда, оның мәні кіріс сигналының жиілігінің



жоғарылауымен төмендейді, ал операциялық күшейткіштің жалпы амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы әртүрлі ток пен жүктеме кезінде жұмыс істейтін жеке каскадтардың жиілік және фазалық сипаттамаларынан тұрады. Бұл жағдайда жиілік және фазалық сипаттамалардың үзілістерінің саны жұмыс күшейткішінің каскадтарының санымен анықталады. Жоғары жиіліктегі әр каскад 90 фазалық ығысуды енгізеді, сондықтан жалпы фазалық ығысу каскадтардың санына байланысты және екі сатылы күшейткіштер жағдайында 180 в құрайды. Осылайша, жоғары жиіліктегі әрбір каскад теріс кері байланыспен қамтылған Операциялық күшейткіш схемасының тұрақты жұмысына әсер ететін фазалық ығысуды енгізеді және оның өзін-өзі оятуына әкелуі мүмкін. Қозуды жою және операциялық күшейткіштің жұмысын тұрақтандыру үшін бір (екі каскадты Операциялық күшейткіш үшін) немесе екі (үш каскадты Операциялық күшейткіш үшін) Тізбек және жиілік сипаттамасын түзету және жоғары жиіліктегі операциялық күшейткіштің күшейту коэффициентін төмендететін теріс кері байланыс (ҚОҚ) енгізіледі.

Қазіргі уақытта жалпы және арнайы мақсаттағы аналогтық ІР-лердің көп саны әзірленді. Аналогты электронды құрылғыларды жасау кезінде келесі интегралды схемалар қолданылады: аналогты және сандық ақпаратты өзара түрлендіру үшін аналогтық сигналдардың операциялық күшейткіштері, түрлендіргіштері және компараторлары (салыстыру схемалары) және ІР. Барлық Аналогты электронды құрылғылардың, сондай-ақ аналогты-цифрлық және цифрлық-аналогтық түрлендіргіштердің негізгі схемалық элементтері жоғары дәлдік сипаттамаларына ие және ашық кері байланыс кезінде үлкен пайда әкелетін жұмыс күшейткіштері болып табылады.

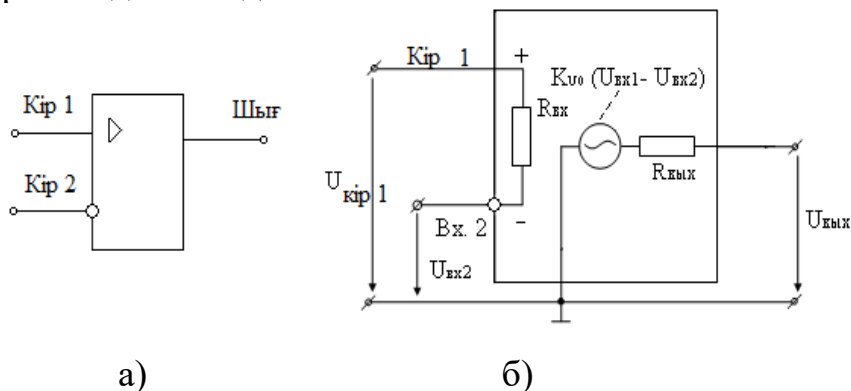
"*Операциялық күшейткіш*" термині дифференциалды кірісі бар және бір жалпы шығысы бар тұрақты ток күшейткіштерін білдіреді. Бұл күшейткіштердің атауы олардың бастапқы қолданылуымен байланысты, негізінен аналогтық шамаларда (қосу, біріктіру және т.б.) әртүрлі операцияларды орындау үшін. Алайда, микроэлектроника саласындағы жетістіктердің және интегралды дизайндағы операциялық күшейткіштердің кең өндірісінің арқасында олардың кең схемалық мүмкіндіктері ашылды.

ОЖ шартты графикалық белгісі және оның балама схемасы 4.2-суретте көрсетілген., ОУ-ның екі кірісі және бір шығысы бар екенін көруге болады. 1-кіріс инвертор емес деп аталады, өйткені 1-кіріске қолданылатын кернеудің оң бағытындағы өзгеріс операциялық күшейткіш шығысындағы кернеудің оң өзгеруіне әкеледі. 2 кірісі *инвертор* деп аталады, өйткені бұл кірістегі кернеудің оң өсуі Шығыс кернеуінің теріс бағытта өзгеруіне әкеледі. Егер кіріс кернеулерінің айырмашылығы  $U_{к11}$  және  $U_{к12}$  аз болса, онда ОУ шығу кернеуі ретінде анықталады

$$U_{шығ} = K_{У0} (U_{к11} - U_{к12}) = K_{У0} U_{диф} , \quad (4.3)$$

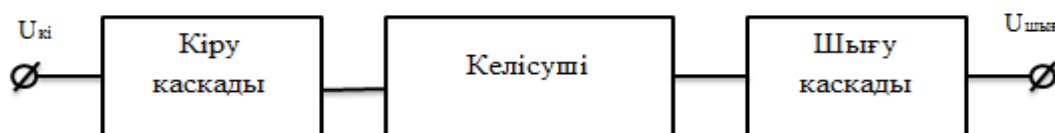
мұндағы  $K_{У0} - U_{диф}$  кернеуі бойынша операциялық күшейткіштің меншікті пайда коэффициенті;  $U_{диф}$  – бұл дифференциалдық кіріс кернеуі,

инверттелмеген және инверттелген кірістер арасындағы кернеу айырмасы ретінде анықталады. (4.1) өрнегінен операциялық күшейткіш кіріс кернеулерінің фазалық өзгеруіне шығу кезінде реакция бермейді, өйткені бұл жағдайда дифференциалды кіріс кернеуі нөлге тең болады. Сонымен қатар,  $K_{U0}$  мәні әдетте өте үлкен, сондықтан ОУ дифференциалды кіріс кернеуіне жеткілікті жоғары пайда әкеледі



Сурет 4.3 – Операциялық күшейткіштің шартты графикалық белгіленуі (а) және оның эквивалентті схемасы (б)

Әдетте жұмыс күшейткіштері екі немесе үш каскадты тұрақты ток күшейткіштері негізінде жасалады. Құрылымдық схемасы 4.4 – суретте көрсетілген үш каскадты операциялық күшейткіш. Ол кіріс, келісуші және шығыс күшейту сатыларынан тұрады. Операциялық күшейткіш кіріс сатысы ретінде әдетте дифференциалды күшейткіш қолданылады. Дифференциалды күшейткішті қолдану оның жеткілікті үлкен пайда алуға және инвертацияланбайтын және инвертацияланатын кірістер арасындағы ең жоғары кіріс кедергісін алуға мүмкіндік беретіндігіне байланысты.



Сурет 4.4 – Үш сатылы операциялық күшейткіштің құрылымдық тізбегі

Сонымен қатар, кіріс каскадының транзисторларының параметрлерінің жоғары сәйкестендірілуіне байланысты дифференциалды күшейткіш симметриясы айтарлықтай төмендейді, сондықтан ығысу кернеуінің ауытқуы максималды түрде азаяды және күшейткіштің кірісіндегі температураның өзгеруінен туындаған кернеудің фазалық компоненттері басылады және басқалары пайдалану әсерлері. Екінші каскадта сондай-ақ дифференциалды күшейткіш каскад қолданылады, ол операциялық күшейткіш кіріс каскадымен тікелей байланысы бар, оның тұрақтылығын арттырады және ток пен кернеу бойынша күшейтуді, сондай-ақ сигнал фазаларының үйлесуін қамтамасыз етеді.

Шығу сатысы әдетте қосымша транзисторларда екі соққы тізбегі бойынша жүзеге асырылады және қажетті қуат сигналын күшейтуді, сондай-ақ жүктеме тізбегіндегі берілген минималды жүктеме кедергісі немесе максималды ток кезінде қажетті диапазондағы Шығыс кернеуінің өзгеруін қамтамасыз етеді. Екі белгінің шығу кернеуін алу үшін ОУ қуаты орташа шығысы бар екі полярлы кернеу көзімен (+ E<sub>п</sub>, E<sub>п</sub>) жүзеге асырылады. Бұл көздің орташа шығысы, әдетте, кіріс және шығыс сигналдарының жалпы шинасы болып табылады және көп жағдайда оп-ға қосылмайды.

Негізінен екі каскадты құрылымы бар заманауи операциялық күшейткішті микросхемалар түрінде интегралды технологияны қолдана отырып жасалады және дәл синтезделген беріліс функциясы бар аналогты және импульсті электронды құрылғылардың алуан түрін құру үшін кеңінен қолданылады. Белгілі бір электрондық құрылғыларда операциялық жүйе қолдану мүмкіндігі оның электрлік параметрлеріне байланысты, олардың негізгілері төменде қарастырылады.

$K_{u0} = U_{шығ} / U_{диф}$  ретінде анықталған  $K_{u0}$  кернеуінің өсуі операциялық күшейткіш оның кірістеріне берілетін  $U_{диф}$  дифференциалды кернеуін күшейту қабілетін сипаттайды. Идеал операциялық күшейткіш үшін күшейткіш коэффициенті шексіздікке тең, ал нақты операциялық күшейткіш үшін нөлдік жиіліктегі күшейткіш коэффициенті мәні  $\sim 10^5$ -тен  $10^6$ -ға дейін немесе 100-ден 120 дБ-ге дейін.

Дифференциалдық каскадтың транзисторларының сипаттамаларының кейбір асимметриясына байланысты,  $U_{диф} = 0$ . Бұл жағдайда болғанына қарамастан,  $U_{шығ}$  фазалық кернеуін толығымен баспайды және осылайша шығыс кернеуіне қате енгізеді. Оп-ның бұл қасиеті  $CF \cos$  фазалық сигналының әлсіреу коэффициентімен сипатталады, бұл әр түрлі оп түрлерін салыстыруға, сонымен қатар енгізілген оп-қатені бағалауға мүмкіндік береді. Бұл фазалық сигналдың әлсіреу коэффициенті ретінде анықталады:

$$K_{фс\alpha} = 20 \lg (K_{u0} / K_{фс}), (4.4)$$

онда  $K_{фс} = U_{шығ} / U_{кі\ фс}$  - күшейту коэффициенті синфазного кіріс кернеуі. Идеал операциялық күшейткіш үшін Фазалық сигналдың әлсіреу коэффициенті мәні шексіз үлкен болуы керек, ал нақты операциялық күшейткіш үшін 50-ден 70 дБ-ге дейін.

Ығысу кернеуі  $U_{ык}$ -бұл шығыс кернеуі нөлге тең болуы үшін операциялық күшейткіш кірістері арасында қолданылуы керек теңдестіру (ығысу) кернеуі. Ығысу кернеуі, негізінен, кернеудің төмендеуінің сәйкес еместігіне байланысты, кіріс дифференциалды каскадының транзисторларының негізгі эмитенті, соның салдарынан кіріс сигнал болмаған кезде операциялық күшейткіш шығысында тұрақты кернеу пайда болады.

Кіріс тогы  $I_{кі}$ . Операциялық күшейткіш кіріс дифференциалды каскадының транзисторларының жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін негізгі

ығысу токтары қажет (немесе өріс транзисторлары жағдайында Қақпаның ағып кету токтары), олар операциялық күшейткіштің сыртқы тізбегінің элементтерінде кернеудің төмендеуін тудыруы мүмкін және Шығ кернеуінің нөлдік деңгейінің қосымша ығысуын тудыруы мүмкін. Осы токтардың әсерін бағалау үшін  $I_{ki} = (I_{ki1} + I_{ki2}) / 2$  ретінде анықталған ішкі кіріс тогы қолданылады, онда  $I_{ki1}$  және  $I_{ki2}$  - кіру базалық токтар ығысу жүретін барлық кіріс (инвертирующем және неинвертирующем) операциялық күшейткіш қорытындылар. Кіріс базалық ығысу токтарының типтік мәні 50-ден 5 мкА-ға дейін, ал операциялық күшейткіш кіріс каскадының өріс транзисторларының ағып кету токтары 1-ден аз мәнге ие.

$\Delta I_{ki}$  кіріс токтарының айырмасы. Операциялық күшейткіштердің кіріс транзисторларының ығысуының негізгі токтары олардың сипаттамаларының сәйкес келмеуіне байланысты бір-бірінен ерекшеленеді және сигнал көзінің кедергісі тең болған кезде де айтарлықтай қателік тудырады. Параметр  $k_{ki}$  кіріс токтарының айырмашылығы  $\Delta I_{bx}$  осы токтардың айырмашылығын сипаттайды, яғни бір шығыс тогының екіншісінен қаншалықты ерекшеленетінін көрсетеді. Келесідей анықталатын  $\Delta I_{ki}$  токтарының айырмасы:

$$\Delta I_{ki} = I_{ki1} - I_{ki2}, \text{ мәні } 10 \text{ мкА-ға } \sim 1\text{-ге тең.}$$

Кіріс кедергісі  $R_{ki}$ . Дифференциалды кіріс кедергісі  $R_{ki}$  дифференциалды және фазалық кіріс кедергісі  $R_{ki} \varphi_c$  (кіріс пен жалпы автобус арасындағы кедергі) бар. Дифференциалды кіріс кедергісі операциялық күшейткіштің кіріс каскадының транзисторларының түріне байланысты және киломалардың бірліктерінен ондаған мегаомаларға тең мәнге ие. Фазалық сигналға  $R_{ki} \varphi_c$  кіріс кедергісі 100 Мом-ден асады, сондықтан оның әсерін елемеге болады.

Операциялық күшейткіштің шығыс кедергісі оның шығу сатысының кедергісімен анықталады және оның мәні киломалардың ондаған он қосындысын құрайды. Шығыс кедергісі Шығыс кернеуінің амплитудасына айтарлықтай әсер етеді, әсіресе операциялық күшейткіш төмен жүктеме кедергісінде жұмыс істеген кезде. Барлық операциялық күшейткіш номиналды Шығыс кернеуіндегі ең аз жүктеме кедергісін анықтайтын Ішкі шығыс тогына арналған.

$V_{U_{шығ}}$  шығыс кернеуінің өсу жылдамдығы операциялық күшейткіштің динамикалық (жиілік) қасиеттерін сипаттайды, ол үлкен сатылы сигналдармен жұмыс істейді және  $\sim (0,1 \text{ с } 200) \text{ В/мкс}$  мәні бар.

Шығыс кернеуін белгілеу уақыты ОС динамикалық сипаттамаларын бағалау үшін қолданылады және ОС шығыс кернеуі оның номиналды мәнінің 0,1 деңгейінен осы шығу кернеуінің номиналды мәнінен 0,9 деңгейіне дейін өзгертін уақыт аралығы ретінде анықталады.

Күшейту жиілігі -  $f_1$ , бұл Кк күшейту коэффициентінің мәні 1-ге дейін төмендейтін жиілік.  $F_1$  жиілігі 0,2 МГц-тен (төмен жиілікті ОС үшін) ондаған МГц-ке дейін және жоғары жиілікті ОС үшін одан жоғары).

Шығу кернеуінің диапазоны. Шығу кернеуінің өзгеру диапазоны қуат көзінің кернеу мәндеріне, шығу сатысының құрылымына және жұмыс күшейткішінің шығысына қосылған жүктемеге байланысты.

Биполярлы транзисторларда жасалған дифференциалды күшейткіштің кіріс кедергісі композиттік транзисторлардың каскадында қолданылған кезде айтарлықтай артуы мүмкін. Мұның салдары күшейткіштің кіріс тогының төмендеуі болып табылады, ол интегралды схема түрінде қолданылған кезде өте маңызды.

Жоғарыда қарастырылған барлық дерлік параметрлер жұмыс жағдайларына, ең алдымен температураға байланысты. Операциялық күшейткіштің сыртқы әсерлердің өзгеруіне сезімталдығы ығысу кернеуінің температуралық ауытқуы, кіріс тогы және кіріс токтарының айырмашылығы, қуат кернеулерінің өзгеруі кезіндегі ығысу кернеуінің ауытқуы және т. б. сияқты параметрлермен сипатталады. Бірқатар параметрлер қуат кернеулерінің максималды және минималды мәндеріне, кіріс кернеулерінің шекті рұқсат етілген мәндеріне шектеулер қояды  $U_{кір}$  диф және  $U_{кір}$  фс, Шығыс тогы және тұтынылатын қуат, сондай-ақ жұмыс температурасының диапазоны.

Негізгі параметрлердің мәндеріне және қолдану аймағына байланысты жұмыс күшейткіштерінің келесі түрлері бөлінеді:

- төмен кіріс тогы бар жұмыс күшейткіштері (операциялық күшейткіштің кіріс дифференциалды каскады өріс транзисторларына салынған);

- жылдам әрекет ететін кең жолақты операциялық күшейткіштер (шығыс кернеуінің жоғары өсу жылдамдығымен, қысқа орнату уақытымен, жоғары бірлік күшейту жиілігі);

- кіші электр сигналдарын күшейту үшін қолданылатын дәл (жоғары дәлдіктегі) операциялық күшейткіштер (ығысу кернеуінің төмен мәнімен және оның температуралық дрейфімен,  $K_{uo}$  және  $K_{uo}$  сф коэффициенттерінің үлкен мәндерімен және гкір кіріс кедергісімен және шудың төмен деңгейімен сипатталады);

- көп арналы операциялық күшейткіштер;

- қуатты және жоғары вольтты жұмыс күшейткіштері (Шығыс тогы 100 мА, ал шығыс кернеуі 15 В);

- автономды қуаты бар шағын қуатты операциялық күшейткіштер (тұтыну тогы 1 мА-дан аз).

Әдетте Аналогты электронды құрылғылардың тізбектерін талдауды жеңілдету үшін жұмыс күшейткіші идеалды болып саналады және оның электрлік параметрлері келесі талаптарға сай болуы керек:

- кіріс кедергісі шексіздікке тең ( , );

- шығу кедергісі нөлге тең ( );

- кернеу бойынша пайда коэффициенті (дифференциалдық шексіздікке тең);
- кіріс режиміндегі дифференциалды кернеу нөлге тең;
- фазалық кіріс кернеуі шығысқа реакция бермейді;
- шығысу кернеуі нөлге тең.

Үлкен кернеудің жоғарылауынан басқа, қазіргі заманғы интегралды операциялық күшейткіште үлкен кіріс (ондаған килом) және кіші шығыс (100-200 Ом) кедергісі бар. Теріс операциялық жүйе енгізу, көбінесе дәйекті түрде кіріс кедергісінің жоғарылауына және шығыс жылдамдығының төмендеуіне әкеледі.

Операциялық күшейткіштің жоғары сапасы мен әмбебаптығы оның электрлік параметрлеріне бірқатар талаптар қояды. Олар үлкен кіріс және төмен шығыс кедергілеріне, жоғары кіріс тұрақтылығына, төмен шу мен нөлдік дрейфке, кең өткізу қабілетіне ие болуы керек. Сонымен қатар, операциялық күшейткіш жоғары электрлік параметрлері кішігірім өлшемдермен, жоғары сенімділікпен, басқа схемалармен жұптасудың ыңғайлылығымен және төмен құнмен біріктірілуі керек.

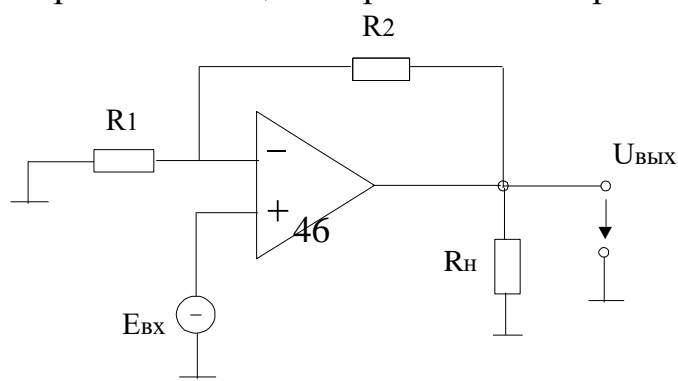
Қазіргі уақытта операциялық күшейткіштер әртүрлі мақсаттағы жабдықты құруда көп мақсатты элементтердің ролін атқарады. Олар күшейткіш техникада, синусоидальды және импульстік сигнал шығаратын құрылғыларда, кернеу тұрақтандырғыштарында, белсенді сүзгілерде және т.б. қолданылады.

## 4.2 Операциялық күшейткіштің схемасын таңдау

3.3-суретте орташа және үлкен қуаттылықтағы микро беріліс тізбектерін құру үшін кеңінен қолданылатын теріс кері байланысы бар жұмыс күшейткішінің схемасы көрсетілген.

Шығыс қысқыштары мен кіру ( - ) арасындағы R2 кері байланыс резисторын қосу арқылы алынған теріс кері байланыс (ҚОҚ) ҚОҚ схемасының сипаттамалары қуу-ға тәуелді емес, тек Операциялық күшейткіш қосылған резистивті кері байланыс тізбегінің қасиеттеріне байланысты болады. ҚОҚ бар Операциялық күшейткіш тұрақты және айнымалы (баяу өзгертін) токтың сигналдарын күшейтеді. Бұл жағдайда Кос ООС бар операциялық күшейткіштің пайдасы R1 және R2 резисторларымен анықталады. Операциялық күшейткіштің шығыс кернеуі еух кіріс кернеуімен бірдей полярлыққа ие, сондықтан 4.5 - суретте көрсетілген күшейткіш инверттелмеген операциондық күшейткіш деп аталады.

Егер жұмыс күшейткішінің инверттелмеген кірісіне айнымалы баяу



өзгертін еух кернеуі берілсе, онда шығыс сигналының оң және теріс жартылай толқындарының полярлығы кіріс сигналының оң және теріс жартылай толқындарымен сәйкес келеді, яғни Ushyg еух фазасында. Инверторлық күшейткіштен айырмашылығы, gvх кіріс кедергісі шамамен 10 кОм кұрайды, инверторлық емес күшейткіш өте үлкен кіріс кедергісіне ие, әдетте 100 МОм-ден асады.

Сурет 4.5 – Инверторлық емес операциялық күшейткіш схемасы.

Операциялық күшейткіштің кері (-) және кері емес (+) кірісі арасындағы кернеу іс жүзінде нөлге тең болғандықтан, бұл екі кіріс те бірдей ықтимал еух астында болады. Бұдан шығатыны, Экір R1-ге түсіп, ондағы I токқа тең болады:

$$I = E_{\text{кір}} / R_1. \quad (4.5)$$

Бұл токтың бағыты Uvx полярлығына байланысты. Инверттелмеген жұмыс күшейткішінің кіріс кедергісі өте үлкен болғандықтан, жұмыс күшейткішінің қысқышы (wt) арқылы өтетін ток шамалы, сондықтан I ток R2 кері байланыс резисторы арқылы өтеді және ондағы кернеудің төмендеуін келесі түрде анықтауға болады:

$$U_{R2} = I * R_2 = (E_{\text{кір}} / R_1) * R_2. \quad (4.6)$$

2.3-суреттен Rn жүктемесінен алынып тасталатын шығу шығу кернеуі екінші жағынан R1 (яғни Eкір) және R2 (яғни UR2) резисторларындағы кернеулердің түсу сомасына тең екенін көруге болады):

$$U_{\text{шығ}} = E_{\text{кір}} + (R_2 / R_1) * E_{\text{кір}} = (1 + R_2 / R_1) * E_{\text{кір}}. \quad (4.7)$$

Осыдан біз кері байланысы бар операциялық күшейткіштің пайдасы үшін өрнек аламыз:

$$K_{\text{ос}} = U_{\text{шығ}} / E_{\text{кір}} = 1 + R_2 / R_1. \quad (4.8)$$

Соңғы өрнектен инверттелмеген операциялық күшейткіштің кернеуінің өсуі инверттелген операциялық күшейткіштің (R2 / R1) абсолютті шамасына және біреуіне тең екенін көруге болады.

Rn жүктемесіне беретін іп жүктеме тогы операциялық күшейткіштің шығу тізбегі Ом заңы бойынша анықталады:

$$I_n = U_{\text{шығ}} / R_n.$$

демек, тек  $U_{\text{шығ}}$  мен  $R_n$ -ге байланысты. Операциялық күшейткіштің Шығыс тізбегінен шығатын (немесе оған ағатын) Операциялық күшейткіштің Шығыс тогы:

$$I_{\text{шығ}} = I + I_n. \quad (4.9)$$

Максималды мәні жұмыс күшейткішінің түрімен анықталады; әдетте ол шамамен 5 және 10 мА құрайды.

### 4.3 Операциялық күшейткіш схемасының параметрлерін есептеу.

Ақпаратты қорғау құрылғысының негізгі блоктарының бірі өте әлсіз төмен жиілікті сигналдарды (кернеулерді), яғни тұрақты және баяу өзгертін токтардың сигналдарын күшейтуді қамтамасыз ететін жұмыс күшейткіштеріндегі тұрақты ток күшейткіші болып табылады.

Төмен жиілікті жобаланған кернеу мен кернеу, тепе-теңдік көпірі кері байланыспен қамтылған оп-дағы инверторлық және инверторлық күшейткіштердің кірістеріне түседі. Бұл ретте R17 және R21 кері байланыс резисторлары к1401уд1 микросхемасының құрамына кіретін және тұрақты ток күшейткішін (УПТ) құрайтын DA1.1 және DA1.2 операциялық күшейткіштердің шығу және кіру қысқыштары арасында қосылған.

R1, R2 резисторлары кедергісінің және  $g_n$  және  $E_{\text{кір}}$  жүктемесінің таңдалған мәндері үшін Шығыс кернеуін  $u_{\text{шығ}}$ , Кос кері байланысы бар операциялық күшейткіштің пайда болу коэффициентін есептеуді орындаймыз.

4.3-суретте қорғаныс құрылғысының тізбегіндегідей, ООС тізбегіндегі резисторлардың кедергісі мен жүктемелері тең болсын:  $R_1 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 100 \text{ кОм}$ ,  $R_n = 10 \text{ кОм}$ ,  $E_{\text{кір}} = 0,5 \text{ в}$ .

Есептеуді келесі ретпен жүргіземіз:

а) өрнекті қолдана отырып (4.3) біз операциялық күшейткіштің Шығыс кернеуін анықтаймыз:

$$U_{\text{шығ}} = (1 + 100 \text{ кОм} / 10 \text{ кОм}) * 0,5 \text{ В} = 5,5 \text{ В};$$

б) (4.4) сәйкес, біз аламыз

$$K_{\text{ос}} = 1 + R_2 / R_1 = 1 + 100 \text{ кОм} / 10 \text{ кОм} = 11 \quad (\text{кері байланыспен жұмыс}$$

күшейткішінің пайдасы үшін нәтиже оны  $U_{\text{шығ}}$  және  $E_{\text{кір}}$  қатынасы ретінде анықтау арқылы тексеріңіз.

$$K_{\text{ос}} = K_{\text{и}} = U_{\text{шығ}} / E_{\text{кір}} = 5,5 \text{ В} / 0,5 \text{ В} = 11);$$

в) есептелген  $u_{\text{шығ}}$  мәнін қолдана отырып, жүктеме тогын анықтаймыз



$$I_H = U_{\text{шығ}} / R_H = 5,5 \text{ В} / 10 \text{ кОм} = 0,55 \text{ мА} \quad (\text{токтың бағыты 4.2 суретте}$$

көрсетілген);

г) өрнектен (4.5) шығыстық токты анықтаймыз

$$I_{\text{шығ}} = I + I_H = E_{\text{кір}} / R_1 + I_H = 0,5 \text{ В} / 10 \text{ кОм} + 0,55 \text{ мА} = 0,6 \text{ мА}.$$

$R_1$ ,  $R_{OC}$  резисторларының кедергісін, инвертацияланбайтын күшейткіштегі жергілікті және шығыс кедергісін анықтаңыз (сурет.4.3),

$$\text{Егер } K_{U_{OOC}} = 25; R_H = 25 \text{ КОм}; R_T = 50 \text{ Ом}.$$

ООС тізбегі бар күшейткіштің табиғи кедергісін анықтаймыз. Себебі сызбада күріш.4.3 тізбекті ООС тізбегі енгізілді, содан кейін күшейткіштің тұрақты токқа кедергісі үшін өрнек дұрыс:

$$R_{\text{кір ООС}} = R_{\text{кір } 0} (1 + K_{UO} \cdot b_{OC}),$$

мұндағы  $R_{\text{кір } 0}$  және  $K_{UO}$ -сәйкесінше Оос тізбегі жоқ күшейткіштің кедергісі мен пайдасы.

$K_{UO} = 2500$ ,  $R_{\text{кір } 0} = 3 \text{ Ом}$  параметрлері бар операциялық күшейткіш пайдаланыңыз.

ҚОҚ қажетті тереңдігін табамыз:

$$1 + K_{UO} \cdot b_{OC} = K_{UO} / K_{U_{OOC}} = 2500 / 25 = 100.$$

$$\text{Сонда } R_{\text{кір ООС}} = 3 \text{ сек } 100 = 300 \text{ Ом}.$$

Инвертелмеген оу және жалпы Шина арасында қажетті жалпы қарсылықты алу үшін қосымша  $r_T$  резисторы қосылған.

$$R_{\text{кір}} = R_T \cdot R_{\text{кір ООС}} / (R_T + R_{\text{кір ООС}});$$

$$R_{\text{кір}} = 50 \cdot 300 / (50 + 300) = 42,9 \text{ Ом} = 50 \text{ Ом}.$$

$R_{OC}$  резисторының кедергісін анықтаңыз:

$$1 + K_{UO} \cdot b_{OC} = 1 + K_{UO} \cdot R_1 / (R_1 + R_{OC}),$$

$$R_{OC} = \frac{K_{UO} + 1 - (1 + K_{UO} \cdot b_{OC})}{(1 + K_{UO} \cdot b_{OC}) - 1} \cdot R_1 = \frac{2500 + 1 - 100}{100 - 1} \cdot 50 = 1,213 \text{ кОм}$$

Осы жерден  $R_1 = R_T = 50 \text{ Ом}$  алып, біз табамыз

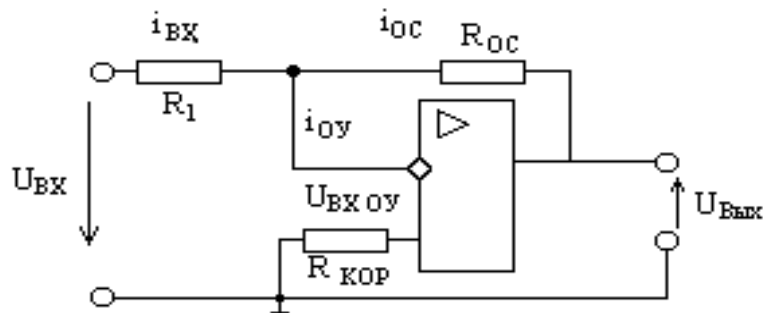
$K_{UO}$  кезінде  $K_{U_{OOC}}$  үшін жуық өрнекті қолдана отырып, а-ны қолданыңыз.

$$K_{U_{OOC}} = 1 + R_{OC} / R_1 \text{ получим } R_{OC} = R_1 (K_{U_{OOC}} - 1) = 50 \cdot (25 - 1) = 1,2 \text{ кОм.}$$

Шамамен өрнек бойынша  $R_{OC}$  есептеу шамамен 1% қателік берді, бұл инженерлік (қолмен) есептеу тұрғысынан рұқсат етіледі.  $K_{U_{O}}$  жоғарылаған кезде бұл қате азаятыны анық.

Біз жұмыс күшейткішіндегі инверторлық күшейткішті есептейміз, оның тізбегі суретте көрсетілген. 4.4. Біз дәл өрнектермен салыстырғанда жуық өрнектерді қолдану кезінде пайда болатын қатені анықтаймыз.

Бастапқы деректер:  $K_{U_{OOC}}$  беру коэффициент  $K_{U_{OOC}} = 200$ ; кіріс кедергісі  $R_{к\text{і}р} = 2 \text{ кОм}$ ;  $K_{U_{O}} = 2700$  коэффициентімен K140UD5B типті операциялық күшейткіш қолданыңыз; операциялық күшейткіш меншікті кедергісі  $R_{к\text{і}р\text{O}} = 4 \text{ кОм}$ .



Сурет 4.6-инверторлық күшейткіш тізбегі.

$$\frac{U_{ВХ} - U_{ВХ\text{OУ}}}{R_1} = \frac{U_{ВХ\text{OУ}} - U_{ВЫХ}}{R_{OC}} + \frac{U_{ВХ\text{OУ}}}{R_{ВХ\text{O}}}$$

Кирхгофтың инверттелген курод оу токтарына қатысты бірінші Заңына сәйкес теңдеуді жазамыз.

$$I_{к\text{і}р} = I_{OC} + I_{OУ} \text{ или}$$

$U_{шығ} = -K_{U_{O}} \cdot U_{к\text{і}р}$  ои екенін ескере отырып, инверторлық күшейткіштің берілу коэффициентіне өрнек жазамыз.

Күшейткіштің толық кедергісі:

$$K_{U_{OOC}} = \frac{K_{U_{O}} \cdot R_{OC} \cdot R_{ВХ\text{O}}}{R_{ВХ\text{O}} \cdot R_1 \cdot (1 + K_{U_{O}}) + R_{OC} \cdot (R_1 + R_{ВХ\text{O}})}$$

$R_1$  қатысты  $K_{U_{OOC}}$  үшін өрнекті қайта жазамыз:

$R_1$  мәнін  $R_{к\text{і}р}$  үшін теңдеуге ауыстыру және оны шешу:

$$R_{BX} = R_1 + R_{BXOOC} = \frac{R_{OOC} \cdot R_{BXO} + [R_{BXO} \cdot (1 + K_{UO}) + R_{OC}]}{R_{OC} + R_{BXO} \cdot (1 + K_{UO})}$$

R қатысты, біз келесі өрнекті аламыз:

$$R_1 = \frac{R_{OC} \cdot R_{BXO} \cdot (K_{UO} - K_{UOOC})}{K_{UOOC} \cdot [R_{OC} + R_{BXO} \cdot (1 - K_{UO})]}$$

$$R_{OC} = \frac{R_{kip} R_{KIP O} K_{U OOC} (1 + K_{U O})}{R_{kip O} (K_{U O} K_{U OOC}) - R_{kip} K_{U OOC}} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 200 \cdot (1 + 2700)}{4 \cdot (2700 + 200) - 2 \cdot 200}$$

$$= 385.71 \text{ кОм}$$

$$R_1 = \frac{385.71 \cdot 4 \cdot (2700 - 200)}{200 [385.71 + 4 \cdot (1 + 2700)]} = 1.723 \text{ кОм}$$

R<sub>1</sub> ді табамыз:

$$R_{OC} = \frac{R_{kip} K_{U OOC} (1 + K_{U O})}{1 + K_{U O} + K_{U OOC}} = \frac{2 \cdot 200 (1 + 2700)}{1 + 2700 + 200} = 372.42 \text{ кОм}$$

Шамамен өрнектерді қолдана отырып, R<sub>1</sub> және R резисторларының кедергісін анықтаймыз:

$$R_1 = R_{kip} - R_{kip OOC};$$

$$R_{kip OOC} = R_{OC} / (1 + K_{U O});$$

Осы теңдеулерді R-ге қатысты шеше отырып, біз аламыз

$$\text{Сонда } R_{kip OOC} = 372.42 / (1 + 2700) = 0.137 \text{ кОм.}$$

$$R_1 = 2 - 0.137 = 1.863 \text{ кОм.}$$

Табылған R<sub>1</sub> және R<sub>OC</sub> кедергі мәндері үшін OOC қу мәнін анықтаңыз

$$K_{U OOC} = \frac{2700 \cdot 372.42 \cdot 4}{4 \cdot 1.863 \cdot (1 + 2700) + 327.42 \cdot (1.863 + 4)} = 161.22$$

OOC қу беру коэффициентінің бұл мәні берілгеннен 5% - дан аспайды, бұл өте қолайлы. К<sub>u O</sub> жоғарылаған кезде бұл қате азаяды. Біз r<sub>кор</sub> түзету

кедергісін оу инверттелмейтін кірод тізбегіндегі жергілікті токтың ағымына байланысты қатені өтеу үшін анықтаймыз.

$$R_{\text{КОР}} = \frac{R_{\text{OC}} \cdot R_1}{R_{\text{OC}} + R_1} = \frac{385.71 \cdot 1.863}{387.71 + 1.863} = 1.85 \text{ КОМ}$$

#### 4.4 Дифференциалдық күшейткіш

Тұрақты токты күшейткіш дрейфінің деңгейін төмендетудің ең мазмұнды тәсілі, ол параллельді-балансты (дифференциалды) каскадты пайдалану болып есептеледі. 4.7-суретте аналогты электрондық құрылғыларда кеңінен қолданылатын дифференциалдық күшейткіш схемасын көрсетілген. Бұл схема бойынша жеке микросхемалар түрінде шығарылатын каскадтар (мысалы, К1УТ181, К1УТ221) құрастырылған және ол интегралды схематехнологиясы бойынша жасалынған тұрақты токтар күшейткіштерінің көп схемаларының кіріс каскадтарында қолданылады. Дифференциалды күшейткіш түрлі бейтұрақтандырғыш факторларға жоғары төзімділігімен, дифференциалдық сигналдарды күшейтудің жоғары коэффициентімен, синфазалық бөгеуілдерді басудың жоғарғы деңгейімен ерекшеленеді.

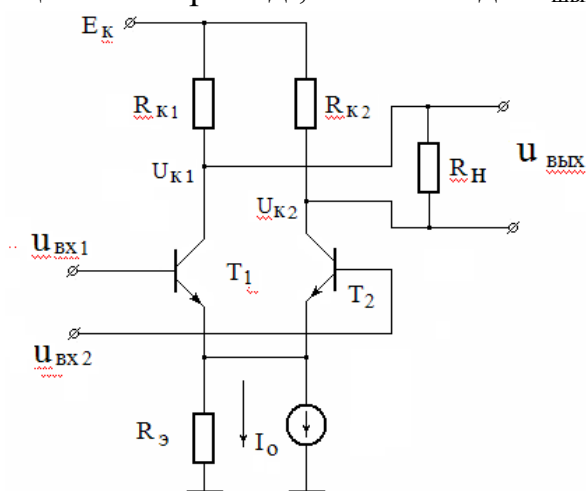
Схемадағы  $R_{к1}$ , және  $R_{к2}$  резисторлар,  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлар және  $R_3$  резисторы бірігіп көпірді құрайды. Бұл көпірдің бір диагоналына  $E_k$  қорек көзі қосылған, ал екінші диагоналына, яғни  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлары коллекторларының арасына жүктеме қосылған. Шығыс сигналы осы транзисторлар арасына қосылған жүктемеден алынады.

Дифференциалдық каскад схемасында пайдаланатын  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлар параметрлері бір-біріне жақын, ал  $R_{к1}$ , және  $R_{к2}$  резисторлар кедергілері өз-ара тең болуы керек. Осының арқасында кіріс сигналдары  $U_{кi1} = U_{кi2}$  бір-біріне тең болған кезде, көпірде баланс орнатылады, екі транзисторлардың коллекторларындағы кернеулер бір-біріне тең болады, сол себепті, көпірдің диагоналынан алынатын шығыс кернеуі нөлге тең болады, яғни  $U_{\text{шығ}} = U_{\text{шығ}1} - U_{\text{шығ}2} = 0$ . Қорек көзі кернеуі мен температураның өзгеруіне және әртүрлі факторлардың әсеріне схеманың жоғары тұрақтылығы, бірдей дрейф болған кезде, каскадтың екі күшейткіш арналарындағы транзисторлардың коллектрлік кернеулері бірдей шамаға өзгереді, сол себепті күшейткіш каскадтың шығысында дрейф нөлге тең болады. Бірақ реалды схемиаларда транзисторлар параметрлерінің (мысалы,  $\beta$  және  $I_{к0(э)}$ ) бір-бірінен азда болса айырмашылығы бар немесе олардың мәндері уақыт өте бірдей өзгермейді, соның әсерінен күшейткіш каскадтың шығысында бәрібір дрейф болады. Дегенмен оның мәні басқа күшейткіштерге қарағанда біршама аз, себебі мұнда дрейфтің шамасы параметрлері бір-біріне жақын екі күшейткіш арналар дрейфтерінің айырмасымен анықталады.  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлар параметрлерінің бір-біріне жақындығын, дифференциалдық күшейткішті транзисторларымен қоса

жартылай өткізгіштік кристалда, интегралдық технологиямен (микросхема түрінде) жасау арқылы орындауға болады.

Енді 4.3-суреттегі дифференциалдық күшейткіш каскадының жұмысын қарастырайық. Кіріс сигналдары нөлге тең ( $U_{ki1} = U_{ki2} = 0$ ) және сұлба толық симметриялы болған кезде ( $R_{k1} = R_{k2}$ ,  $T_1$  және  $T_2$  бірдей)  $T_1$  және  $T_2$  коллекторларының потенциалдары  $U_{k1}$  және  $U_{k2}$  бір-біріне тең, сондықтан шығыс кернеуі  $U_{шығ} = U_{k1} - U_{k2} = 0$ .

Егер дифференциалдық күшейткіш кірістеріне мәндері бірдей  $\Delta U_{ki1} = \Delta U_{ki2}$  кернеулер өсімін, яғни синфазалық сигналдар берсек, онда  $\Delta U_э = \Delta U_{ki}$ , өйткені  $U_{бэ} = U_{ашу(пор)} = const$ . Егер  $R_э$  резисторының орнына идеалды тоқ көзін  $I_0$  қолдансақ (көздің ішкі келергісі  $R_i = \infty$ ),  $\Delta U_э$  кернеуінің өсімі транзисторлардың коллекторлық  $I_{k1}$  және  $I_{k2}$  тоқтарын өзгертпейді,  $U_{k1}$  және  $U_{k2}$  шамалары да қатты өзгермейді, нәтижесінде  $U_{шығ} = 0$ .



Сурет 4.7 - Дифференциалды күшейткіш каскад

Егер тоқ көзі  $I_0$  идеалды емес болса ( $R_i \neq \infty$ ) онда  $\Delta I_0$  өсімі туындайды, бірақ ол дифференциалдық күшейткіштің екі қанатына тең үлестіріледі, яғни  $\Delta U_{k1} = \Delta U_{k2}$ , нәтижесінде  $U_{шығ} = 0$ . Дифференциалдық күшейткіштегі  $U_{шығ}$  – шығыс кернеуі синфазалық кіріс кернеуіне тәуелді емес. Басқа да бейтұрақтандырғыш факторлардың (синфазалық кернеуден басқа)  $U_{шығ}$  шамасына әсері төмен.

Мысалы,  $E_k$  кернеуі өзгергенде немесе  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлардың параметрлері өзгергенде (мысалы, температураның жоғарлауы әсерінен  $I_{тк1}$ ,  $I_{тк2}$  – жылу тоқтарының өсуі мүмкін) транзисторлар коллекторларының потенциалдары бірдей шамаға өседі, нәтижесінде  $U_{шығ} = 0$ .

Енді күшейткіштің бір кірісіне кернеудің оң өсімін, ал екінші кірісіне кернеудің теріс өсімін, яғни оң дифференциалды сигналды бергендегі күшейткіштегі үрдістерді қарастырайық. Бұл кезде:

$$U_{ki \text{ диф}} = \Delta U_{ki1} - (-\Delta U_{ki2}) = 2U_{ki}$$

Дифференциалдық кіріс кернеуі жоғарыланған кезде ( $U_{\text{кір диф}}$ )  $T_1$  транзистордың базалық тізбегіндегі ток  $I_{\text{б1}}$  өседі, ал  $T_2$  транзистордың базалық  $I_{\text{б2}}$  тоғы төмендейді, нәтижесінде  $T_1$  транзисторлардың коллекторындағы  $U_{\text{к1}}$  кернеу төмендейді, ал  $T_2$  транзистордың коллекторының  $U_{\text{к2}}$  потенциалы жоғарылайды, сөйтіп жүктеме кедергіден ток төменнен жоғары қарай ағады, сонымен жүктемеде нөлге тең емес шығыс кернеуі қалыптасады.

Егер күшейткіштің кірісіне теріс дифференциалдық сигналды, яғни  $T_1$  транзистордың базалық тізбегіне кернеудің теріс өсімін, ал  $T_2$  транзистордың базасына кернеудің оң өсімін берсек, онда  $T_1$  транзистордан ағатын ток кемиді, оның коллектрлік потенциалы артады, ал  $T_2$  транзистордың коллектрлік тоғы өседі, сол себепті оның коллектрлік кернеуі төмендейді, нәтижесінде жүктеме арқылы ток жоғарыдан төмен қарай ағып, шығыс кернеуін құрайды. Егер  $U_{\text{кі}}$  дифференциалдық кернеу шамадан тыс үлкен болса, онда  $T_2$  транзисторы қанығу режиміне, ал  $T_1$  транзисторы қиылу (жабылу)режиміне енеді.

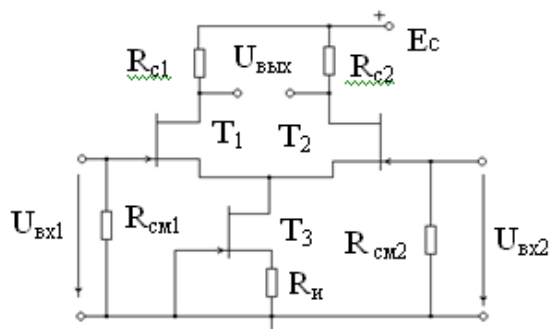
Дифференциалдық күшейткіш каскадтарды интегралды технологиямен жасаған кезде  $R_{\text{к1}}$  және  $R_{\text{к2}}$  резисторлардың орнына биполярлы немесе өрісті транзисторлар негізінде жасалынған активті жүктемелерді қолданады. Мұндай схемалардың сигналды күшейту  $K_{\text{уд}}$  коэффициентінің мәні жоғарыда қарастырылған резистивті жүктемесі бар күшейткіштің коэффициентінен көп жоғары, ал бұл көп каскадты тұрақты токты күшейткіштерді құрастырғанда маңызды.

Дифференциалды күшейткіш каскадтар және олар негізіндегі тұрақты токты күшейткіштер үшін маңызды параметр болып кіріс кедергі есептеледі.  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлардың кіріс кедергілерінің қосындысына тең ( $R_{\text{кі}} = 2r_{\text{кі}}$ )  $R_{\text{кі}}$  кедергіні кіріс токтарды есептеген кезде пайдалуға болады.  $R_{\text{кі}}$  кедергі мәні кіріс сигналының көзі үшін жүктеме кедергісін анықтайды. Сондықтан  $R_{\text{кі}}$  кедергінің мәні жоғары болғаны дұрыс. Транзистордың кіріс сипаттамасы сызықты емес болғандықтан, кіріс кедергінің жоғарғы мәніне тыныштық режимдегі базалық токтардың аз мәндерінің және соған сәйкес эмиттерлік токтардың аз мәндерінің таңдалуы сәйкес келеді. Кіріс кедергінің мәні ондаған және жүздеген килоом. Кіріс кедергінің одан жоғары мәндері (ондаған мегом) өрісті транзисторлар негізіндегі дифференциалдық күшейткіштерде болады (

Мұндай дифференциалды күшейткіштер схемаларын құрастырғанда басқарушы р-п-ауысуы бар өрісті транзисторларға көп көңіл бөлінеді. Бұл келесі себептермен түсіндіріледі:

- транзисторлар сипаттамаларының жоғарғы тұрақтылығымен;
- бекітпенің жоғарғы электрлік беріктігімен;
- кіріс кернеулердің шектік(рұқсат етілген) айырмасының үлкен мәнімен (20-30 В).

Басқарушы р-п-ауысуы және өткізгіштігі n-типті арнасы бар өрісті транзисторлар негізіндегі дифференциалдық каскадтың типтік схемасы 4.8-суретте көрсетілген.



4.8-сурет. Басқарушы р-п-ауысуы және өткізгіштігі n-типті арнасы бар өрісті транзисторлар негізіндегі дифференциалдық каскадтың схемасы.

Бұл схеманың ерекшелігі, онда бастау тоғын беруші элемент есебінде, өрісті  $T_3$  транзистор және  $R_n$  резистор негізіндегі, ток көзінің қолдануы болып табылады.  $R_{cm1}$  және  $R_{cm2}$  резисторлары  $T_1$  және  $T_2$  транзисторлардың бекітпелеріндегі бастапқы кернеу ығыстыруын анықтау үшін қажет. Әрекеттік принципі бойынша бұл схема 4.4-суретте көрсетілген схемадан айырмашылығы жоқ. Бұл схемада активті жүктемелермен бірге пайдаланады.

Биполярлы транзисторлар негізінде құрастырылған дифференциалды күшейткіштің кіріс кедергісін біршама үлкейтуге болады, ол үшін каскадта құрама транзисторларды пайдалану керек. Бұл транзисторларды қолдануының әсерінен күшейткіштің кіріс тоғы азаяды, а ол күшейткіштерді интегралды схема түрінде қолданғанда өте маңызды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Кеңестер өткізу кезінде ақпаратты қорғау маңызды мәнге ие және ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша негізгі міндеттер акустикалық ақпараттың таралып кетуінің ықтимал техникалық арналарын анықтау және уақтылы оқшаулау болып табылады. Осылайша, қорғалатын бөлменің ақпаратты қорғау жүйесін құру кезеңдерінің бірі қорғалатын бөлменің қоршау конструкцияларының дыбыстық және діріл оқшаулауын бастапқы бағалау болып табылады.

Ақпарат қауіпсіздігіне төнетін қатерлерді талдау әдістемесінің маңызды аспектісі акустикалық ақпаратты қорғау бойынша одан әрі техникалық шараларды қабылдай отырып, ақпараттың кему арналарын, оның ішінде ақпараттың кему арналарының түрлерін анықтау болып табылады.

Техникалық арналар бойынша ақпараттың таралып кетуіне қарсы іс-қимылдың және ақпараттық ресурстардың қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі бағыттарының бірі ақпаратты ұстап қалудың электрондық құрылғыларын анықтау бойынша арнайы тексерулер (БК) және ақпаратты өңдеудің техникалық құралдарының, аппаратуралар мен жабдықтардың, оның ішінде тұрмыстық аспаптардың акустоэлектрлік түрлендірулерге ұшырауына арнайы зерттеулер (СИ) жүргізу болып табылады. Қазіргі уақытта ақпаратты рұқсатсыз арудың көптеген әдістері бар.

Ақпаратты түсірудің ең көп таралған тәсілдері және ақпараттың ағып кетуінің техникалық арналары келесідей:

- телефон желілері, радио және пейджингтік байланыс желілері бойынша берілетін ақпаратты алу;
- сөйлеу ақпаратын алып тастау, оны кейіннен беру: радиоарна бойынша (микрофоны бар радиотаратқыштар – радиомикрофондар);
- сым желілері бойынша (желі немесе өрт дабылы бойынша);
- ғимарат конструкциялары (электрондық стетоскоптар), терезе ойықтары (лазерлі микрофон немесе жіберілетін микрофон) арқылы сөйлеу ақпаратын алу);
- компьютерден немесе басқа ұйымдастыру техникасынан жанама сәулелерді алып тастау және дешифрлеу;
- диктофонға арналған келіссөздерді жазу және т. б.

Ақпараттың жария етілуі-бұл оның ұйымнан (аумақтан, ғимараттан, үй-жайдан) немесе оған сеніп тапсырылған адамдар шеңберінен тыс бақылаусыз шығуы. Әрине, ағып кетуді бірінші рет анықтаған кезде оны жою үшін белгілі бір шаралар қабылданады.



## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Ақпараттық қауіпсіздік: оқу құралы. 1 бөлім. – СПб.: Spbguet баспасы, 2010
- 2 Ярочкин В. и. ақпараттың ағып кетуінің техникалық арналары, Мәскеу, ИПКИР 2010
- 3 ҚР СТ 34.026-2006. Ақпаратты қорғау. Терминдер мен анықтамалар ГОСТ Р 50922-96 ақпаратты қорғау. Негізгі терминдер мен анықтамалар, MOD
- 4 Сөйлеу ақпаратын қорғау әдістерінің тиімділігін бағалау. Ақпаратты қорғаудың жалпы жүйелік сұрақтары / ред. Е. М. Сухарева. - М.: Радиотехника, 2003
- 5 Калниболотский Ю. М. және т. б. есептеу және құрастыру
- 6 Микросхемалар. Киев, Жоғары Мектеп, 2009
- 7 "Есептеу жүйелерінің архитектурасы "Мәскеу" Радио және байланыс " 1990 ж.Авторы А. Д. Смирнов.
- 8 "Электрондық есептеу машиналары мен жүйелері "Мәскеу" Радио және байланыс " 1991 ж. авторлары Б. М.Каган.
- 9 Транзисторлар: анықтамалық / ред.Григорьева О. П. және басқалар - М.: Радио және байланыс, 2010.- 387с.
- 10Киселев А. Е. коммерциялық қауіпсіздік. Мәскеу, Ақпарат 2003. Рудометов Е.А., Рудометов Б. Е. электроника және шпиондық құмарлықтар. – СПб.: Пергамент, 2008.- 253с.
- 11"Микропроцессорлық техниканың негіздері". Авторлар Ю. В. Новиков және п. К. Скоробогатов.

**Ғылыми жетекшінің пікірі**  
Төлеуғазы Ұлан Думанұлы  
(студенттің аты-жөні)  
5В100200-Ақпараттық қауіпсіздік жүйелері  
(мамандық атауы мен шифрі)  
дипломдық жобасына

**Тақырыбы:** «Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы»

Заманымызда ақпараттың нарықтық экономика талаптарындағы аса құндылығы оларды жасырын тыңдау, заңсыз алу әрекеттеріне әкеліп соғады. Бұл жағдайда ақпаратты радио арнасы арқылы ұрлауынан сақтау үшін сол құрылғылардың электрлік схемаларын жасаудың және олардың ерекшеліктерін білудің маңызы аса зор. Берілген дипломдық жобаның тақырыбы осы мәселені шешуге арналған. Мұнда құпия ақпаратқа заңсыз қол жеткізуге арналған техникалық құрылғылар, радиомикрофондар, олардың классификациясы, акустикалық (сөйлеу) ақпаратты рұқсатсыз тыңдау құрылғыларының мүмкіндіктері және олардың электрлік схемалары қарастырылынған.

Автор еңбегіннің ең маңыздысы, ол бақылынатын бөлмедегі дыбыстық ақпараттың заңсыз түрде радио арнасы арқылы алуға арналған құрылғылар сұлбаларына шолу жасалынып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін ескере отырып ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын жиілігінің тұрақтылығы жоғары орташа қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы жасалынғандығы және оның негізгі блогы – операциондық күшейткіштің микросхемасы таңдалынғандығы болып есептелінеді.

Бұл құрылғының негізгі ерекшеліктері: оның сезімталдығы, жасалуының қарапайымдылығы, ықшамдыдылығы, интегралды микросхемада орындала алатындығы және эксплуатацияда ыңғайлылығы болып табылады.

Автордың дипломдық жобасында дифференциалдық күшейткіш каскадының есептеулері орындалған. Бұлардың барлығының сапалы және техникалы сауатты орындалуы осы дипломдық жобаның тәжірибелік құндылығын арта түседі.

Төлеуғазы Ұланның «Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасын» жасау тақырыбына жазылған дипломдық жобасы жоғары деңгейде жазылған және оны мемлекеттік аттестациялық комиссияда қорғауға ұсынуға болады.

**Ғылыми жетекші**

Т.ғ.д., ассоциированды профессор  
(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



Ж.З. Жұрынтаев

(қолы)

«\_03\_» \_\_\_\_\_ 06\_\_\_\_\_ 2021ж.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Төлеуғазы Ұ.Д.

Название: Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы.

Координатор: Жұрынтаев.Ж.З

Коэффициент подобия 1: 7,16

Коэффициент подобия 2: 4,47

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:14

Белые знаки:0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование: Заимствования добросовестные.

Дата « 3 » мая 2021г.



Подпись Научного руководителя

**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Төлеуғазы Ұлан Думанұлы

**Название:** Ауыз екі ақпаратты заңсыз алатын орта қуатты микротаратқыштың электрлік сұлбасы

**Координатор:** Джолдас Джурунтаев

**Коэффициент подобия 1:7.2**

**Коэффициент подобия 2:4.5**

**Замена букв:210**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:12**

**Белые знаки:0**

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

**Заимствования не обнаружены**

.....  
.....

Дата 04.06.2021



Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

.....  
Допускается к защите  
.....  
.....  
.....

Дата 04.06.2021



Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

Зав.кафедрой КОиХИ Сейлова Н.А.