



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТИ**

Телекоммуникация және
инновациялық технологиялар
кафедрасы

ЭЛЕКТР БАЙЛАНЫС ТЕОРИЯСЫ

6В6201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация барлық
білім бағдарламасының студенттеріне курстық жұмысты орындауға арналған
әдістемелік нұсқау

Алматы 2022

Құрастырушылар: Т.А. Павлова, М.А. Хизирова. Электр байланыс теориясы пәнінен 6В6201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация БББ студенттеріне курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау . – Алматы: Ғ.Дәукеев ат. АЭЖБУ, 2022.- 18б.

Бұл әдістемелік нұсқаулық БББ 6В6201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникацияның барлық оқу түрлерінің студенттеріне арналған..

Нұсқаулықта электр байланысы теориясы бойынша курстық жұмысты орындау туралы жалпы ережелер бар. Курстық жұмыстың нұсқалары үшін тапсырмалар мен жеке бастапқы мәліметтер, курстық жұмыстың тапсырмаларын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар, оның мазмұны мен дизайнына қойылатын талаптар, ұсынылған әдебиеттер тізімі берілген
библиогр. - 5 атау.

Пікір беруші: ММУ кафедрасының аға оқытушысы

Рысбекова Г.А.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы Энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж.басылым жоспары бойынша басылады.

© Ғұмарбек Дәукеев атындағы «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ 2022ж

Кіріспе

Адамзат қоғамының даму тарихы үнемі хабарламалар туралы ақпарат алмасумен және бүгінде біз жеке адамдар мен олардың қауымдастықтары арасындағы ақпарат деп атайтын барлық нәрселермен байланысты.

Байланыс техникасының практикалық қажеттіліктері, оның күрделенуімен және кедергілермен күресу проблемасымен байланысты, 40-шы жылдары қашықтықтан ақпарат беру туралы ғылымның-электр байланысы теориясының пайда болуына әкелді. Бұл электр байланысының теориясы, Электр байланысының дамуының перспективалық бағыттарын көрсетеді.

Соңғы жылдары талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінің қарқынды дамуымен ғана емес, сонымен қатар радиобайланыс жүйелерінің айтарлықтай дамуымен де байқалды. Дәстүрлі радиорелелік және спутниктік радиобайланыс жүйелерінен басқа, мобильді цифрлық ұялы байланыс жүйелерінің желілері тез дамып келеді. Соңғы уақыттағы байланыс жүйелерін әзірлеу тек уақытша технологиялардың мүмкіндіктерін ғана емес, сонымен бірге берілетін ақпараттың көлемін ғана емес, сонымен бірге хабарлама беру сапасын (байланыстың дұрыстығын) арттыруға мүмкіндік беретін қазіргі заманғы байланыс теориясының жетістіктерін де қолданады.

Электр байланыс жүйелерінде әртүрлі сигнал түрлендірулері орын алады. Сигналдардың маңызды түрлендірулерінің бірі модуляция болып табылады – бастапқы ақпараттық сигналдың (модуляциялық сигналдың) лездік мәндерінің өзгеру Заңына сәйкес кейбір тасымалдаушы сигналдың (тасымалдаушы сигналдың) параметрлерін өзгерту. Осылайша модулятордың шығысында модуляцияланған сигнал пайда болады, ол берілген байланыс желісі арқылы жақсы сапада берілуі мүмкін.

Сигналдарды түрлендірудің принциптері мен әдістерін, модуляцияның классикалық түрлерін білу байланыс жүйелерін әзірлеу сатысында ғана емес, сонымен қатар оларды пайдалану кезінде де электр және радио маманы үшін қажет, өйткені ол қажетті сапа мен ақпарат беру жылдамдығына жету үшін кедергілермен күресті дұрыс ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Байланыс жүйесі үшін модуляция түрін және тасымалдаушы сигналдың түрін таңдау мәселесі модуляция түрінің кедергі болған кезде хабарламаларды берудің берілген сапасын (берілудің дұрыстығы мен жылдамдығы бойынша), сондай-ақ сигналдың байланыс желісі бойынша (арна бойынша) өтуінің тиімділігі, модуляция және демодуляция операцияларының қарапайымдылығы тұрғысынан қамтамасыз етуге қабілеттілігі тұрғысынан шешіледі.

Қазіргі уақытта ақпарат беретін сигнал байланыс жүйесі арқылы, негізінен, сандық түрде беріледі, ал цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы "радиотехника" түсінігін айтарлықтай өзгертті. Сигналдың сандық формасы оның шуылға төзімділігін, сонымен қатар сигналды өңдеудің тиімді әдістерін қамтамасыз етеді. Аналогтық сигналды (мысалы, сөйлеу) сандық сигналға түрлендіру үшін бірнеше әрекеттерді орындау керек: дискреттеу, кванттау және

кодтау. Сандық сигнал сонымен қатар тасымалдаушы тербелісті модуляциялауға және модуляция әдістеріне, сигналдарды қабылдауға, сондай-ақ байланыс жүйесінің шуылға қарсы максималды талаптарына негізделген байланыс жүйесіне сигнал беруге болады.

Курстық жұмысты орындаудың осы Әдістемелік нұсқауының мақсаты модуляция мәселелері бойынша теориялық материалды жалпылау және бекіту, сондай-ақ байланыс жүйелеріндегі сигналдарды Аналогты-сандық түрлендіру және байланыс жүйелерін құру болып табылады. Бұл материал электр және радио байланысы бойынша оқу әдебиеттерінде баяндалған, алайда "Радиоэлектроника және телекоммуникация" бағытындағы студенттер үшін "электр байланысы теориясы" пәні бойынша дәрістер оқу тәжірибесін ескере отырып, жоғарыда аталған мәселелерді шешу ұсынылады.

1 Курстық жұмысты орындау жөніндегі жалпы ережелер

1.1 Курстық жұмысты орындауға қойылатын негізгі талаптар

Курстық жұмыстың құрамы келесі негізгі талаптарға сәйкес келуі керек:

- көлемі А4 (210x297 мм) стандартты форматтағы 30 қолжазба парақтан аспауы тиіс;
- мәтін компьютерде терілуі немесе тыныс белгілерін дұрыс орналастырумен түзетулерсіз және түзетулерсіз нақты жазылуы тиіс;
- сызбалар компьютерде немесе миллиметрлік қағазда қара пастамен, қарындашпен немесе калька – тушьпен орындалады, суреттің астына қойылатын атауы мен нөмірі болуы тиіс;
- есептелген немесе қарызға алынған шамалардың кестелерінде нөмірлеу және әр кестенің жоғарғы оң жағында жазылған атаулар болуы керек.

1.2 курстық жұмысты рәсімдеу тәртібі

Әр курстық жұмыста келесі бөлімдер болуы керек:

- титулдық бет;
- мазмұны;
- кіріспе;
- жалпы тапсырма;
- нұсқалар бойынша бастапқы деректер;
- жалпы тапсырмаға сәйкес жеке тараулар;
- қорытынды;
- әдебиеттер тізімі.

Курстық жұмыс курстық жұмысты рәсімдеу ережелеріне сәйкес жасалады.

Жалпы тапсырманың мәтіні толығымен қайта жазылады, деректерден сынақ кітапшасы нөмірінің соңғы екі санына сәйкес келетін нұсқа таңдалады және

әдістемелік нұсқауларға сәйкес тапсырманы орындауға қатысты барлық ба-
стапқы деректер жазылады. Сондай-ақ студенттің тегі мен ID-карта нөмірі
көрсетіледі.

2 Курстық жұмысты орындауға тапсырма

Курстық жұмыстың мақсаттары:

- 1) кодтау және модуляция критерийлерін жасаңыз, сонымен қатар белгілі кіріс әсеріне физикалық жүйенің реакциясын есептеңіз.
- 2) ИКМ сигналдарының спектрлік ыдырауын табыңыз.
- 3) ИКМ сигналдарының қарапайым түрлерін зерттеу. Дискретті амплитудалық модуляцияланған, дискретті жиілік модуляцияланған, дискретті фазалық модуляцияланған сигналдарды және оның нұсқасына сәйкес салыстырмалы дискретті фазалық модуляциясы бар сигналды алыңыз.
- 4) шуылға төзімді кодтау негіздері туралы білім алыңыз.
- 5) арнаның математикалық сипаттамасын беріңіз. Опцияға сәйкес оңтайлы немесе оңтайлы емес демодуляторды синтездеңіз.

2.1 Техникалық тапсырма

Курстық жұмыстың тапсырмаларына 100 нұсқа кіреді. нұсқа нөмірі ID-карта нөмірінің соңғы екі санына сәйкес таңдалады.

Берілгені:

$F_s, KГц$ – сигнал спектріндегі жоғарғы жиілік, M -кванттау деңгейлерінің саны, N -арналар саны, модуляция түрі және қабылдау әдісі.

Табу керек:

- а) Берілген модуляция түріне және қабылдау әдісіне арналған байланыс жүйесінің структуралық сұлбасын сипаттаңыз;
 - б) Берілген ақпараттық сигнал F_b спектр ені бар аналогтық сигнал деп алсақ, онда АЦТ-тен цифрлық ИКМ сигналына ауысқан кезіндегі түрленуді сипаттаңыз (кванттау деңгейінің саны M , екілік код);
 - в) Берілген аналогтық сигналды уақыт бойынша дискретизациялаңыз және деңгей бойынша кванттаңыз (тест кітапшасының соңғы екі цифрына тең санды оң импульс ретінде алыңыз және таңдалған санның жартысын теріс таңба ретінде алыңыз), кванттау қадамы $\Delta = 2$ ш.б. тең. Тиісті уақыт диаграммасын құрыңыз;
 - г) Қатені түзейтін циклдік кодпен алынған код комбинацияларын бір қатені түзету арқылы кодтау ($t_{қате} = 1$);
 - д) Циклдік кодтың кодтық комбинациясының құрылысының дұрыстығын тексеріңіз $F(0,1)$;
 - е) Циклдік код синдромдарының кестесін құрыңыз;
 - ж) Циклдік код комбинациясының ондық санында бір реттік i қатенің түзетілмейтінін тексеріңіз;
- з) Циклдік кодтық кодердің структуралық сұлбасын құрыңыз;

и) Тактілік интервал, кодтар жиынтығының бір элементінің ұзақтығын және N-каналды сандық тарату жүйесіндегі ИКМ сигнал ақпаратын беру жылдамдығын анықтаңыз;

к) Байланыс жүйесінің өткізу қабілеттілігін анықтаңыз;

л) Модулятор мен демодулятордың құрылымдық сызбаларын модуляцияның белгілі бір түріне және қабылдау әдісіне сәйкес келтіріңіз. Олардың жұмысының алгоритмдерін жазыңыз. Тиісті осциллограммасын салыңыз;

м) Жұмыс бойынша қорытынды жасау

Бастапқы деректер 2.1-2.3 кестелерде келтірілген.

2.1 кесте

Нұсқа нө- мірінің соңғы са- ныңың ал- дындағы цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_v, KГц$	25	5	20	600	20	10	35	3	15	100
M	128	128	256	512	256	128	256	512	512	128

2.2 кесте

Нұсқа нөмірінің соңғы цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	1	3	6	8	10	20	18	15	17	13

2.3 кесте

Нұсқа нөмірінің соңғы цифры	Модуляция түрі және қабылдау әдісі
1	ДЖМ, оңтайлы когерентті қабылдау (корреляциялық сұлба)
2	ДАМ, оңтайлы когерентті қабылдау (корреляциялық сұлба)
3	ДЖМ, оңтайлы когерентті қабылдау (СФ сұлбасы)
4	ДҚМ, оңтайлы когерентті қабылдау емес (полярилықты салыстыру сұлбасы)
5	ДЖМ, оңтайлы емес қабылдау (СФ сұлбасы)
6	ДҚФМ, оңтайлы емес қабылдау (АФ сұлбасы)
7	ДҚФМ, оңтайлы емес қабылдау (СФ сұлбасы)
8	ДЖМ оңтайлы емес когерентті қабылдау
9	Дфм, оптималды емес когерентті қабылдау
0	ДҚМ, оңтайлы емес когерентті емес қабылдау (фазаларды салыстыру сұлбасы)

2.4 кесте

Нұсқа нөмірінің соңғы санының алдындағы цифры	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
i – қателік разрядының номері	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4

2.2 Әдістемелік нұсқау

2.2.1 Модуляция туралы жалпы түсінік. Модуляция түрлері.

Хабарлама көзінен келетін бастапқы сигналдар (микрофон, теледидар камерасы және т.б.), әдетте, радиоарна немесе оптикалық арна арқылы тікелей берілмейді, өйткені олар төмен жиілікті.

Кейбір бағыттаушы ортада сигналдардың тиімді берілуін жүзеге асыру үшін осы ортаның параметрлеріне сәйкес келетін сигналдарды қолдану қажет. Әдетте, хабары бар сигналдар спектрін төмен жиілікті аймақтан жоғары жиілік аймағына, белгілі бір ортада жақсы тарала алатын жиіліктерге ауыстыру қажет. Бұл тасымалдау процедурасы радиотехникада модуляция атауын алды.

Модуляцияны жүзеге асыру үшін таратқышта $u(t)$ тасымалдаушы тербелісі деп аталатын жоғары жиілікті көмекші сигнал пайда болады.

Модуляция – жеткізуші сигналдың бір немесе бірнеше параметрлерінің, оған әсер ететін бастапқы ақпаратты (модуляциялайтын) сигналдың лездік мәндерінің өзгеру заңына сәйкес өзгеру процесі.

Көп жағдайда жеткізуші сигналдың бір параметрінің өзгеруін қолданады, ал оның қалған параметрлері тұрақты болады.

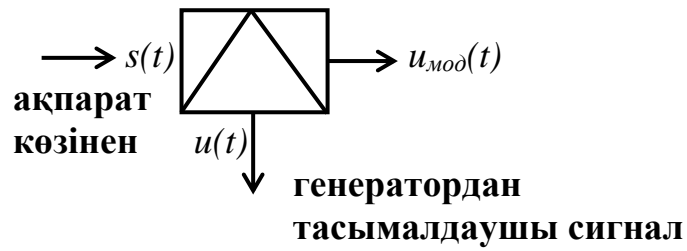
Модуляциялық сигналдың әсерінен уақыт өте келе өзгертін тасымалдаушы сигналдың параметрі Ақпараттық деп аталады, өйткені оның өзгеруінде ақпаратты тасымалдайтын хабарлама бар. Бастапқы ақпараттық сигнал $s(t)$ модуляциялық сигнал, модуляцияны жүзеге асыратын құрылғы – модулятор болып табылады. Тасымалдаушы сигналды модуляциялау нәтижесінде алынған екінші сигнал, модуляцияланған $u_{mod}(t)$ сигнал деп аталады.

Кез-келген модуляторда (2.1 сурет) екі кіріс және бір шығыс бар. Мұнда: $s(t)$ – хабарламаны (ақпаратты) тасымалдайтын бастапқы, ақпараттық (модуляциялайтын) сигнал; $u(t)$ – параметрлері желі (арна) параметрлеріне сәйкес келетін алып жүретін тербеліс (сигнал – тасымалдаушы); $u_{mod}(t)$ – модуляцияланған жж сигнал.

Осылайша, ақпараттық тұрғыдан модуляцияның мақсаты-желінің (арнаның) параметрлеріне сәйкес келетін сигналға ақпарат беретін хабарламаны енгізу.

Сонымен қатар, кез келген модуляцияның басты ерекшелігі-модуляция процесінде ақпараттық модуляциялық сигналдың спектрін түрлендіру, сондықтан модуляторларды жиі жиілік түрлендіргіштері деп атайды. Жалпы жағдайда спектр кеңейеді, ал гармоникалық тасымалдаушы сигналда ақпараттық сигналдың спектрі жиілік аймағына тасымалдаушы сигнал жиілігінің айналасына ауысады (әдетте ТЖ диапазонынан ЖЖ диапазонына дейін).

Модулятор



2.1 сурет – Модулятордың құрылымдық сұлбасы

Модуляцияланған сигналдар мен модуляция түрлері тасымалдаушы сигнал түріне және модуляцияланған (ақпараттық) параметрге байланысты ерекшеленеді. Көбінесе тасымалдаушы сигнал ретінде қолданылады:

- гармоникалық тербеліс (аналогты және дискретті модуляцияларда);
- бейне импульстардың мерзімді реттілігі (импульсті модуляция кезінде).

2.4 – кестеде тасымалдаушы және модуляциялық сигналдардың түрлері бойынша модуляция түрлерінің жалпы жіктемесі берілген.

2.4 кесте – Модуляция түрлерінің жалпы жіктелуі

модуляция түрі	модуляцияланатын (ақпараттық) сигнал $s(t)$ түрі	Тасымалдаушы $u(t)$ сигналының түрі
Аналогтық	Аналогтық	Аналогтық (әдетте гармоникалық)
Дискретті (цифрлік)	Дискретті (екілік немесе цифрлік)	Аналогтық (әдетте гармоникалық)
Модуляцияланған сигналдар мен модуляция түрлері тасымалдаушы сигнал түріне және модуляцияланған (ақпараттық) параметрге байланысты ерекшеленеді. Көбінесе тасымалдаушы сигнал ретінде қолданылады:	Модуляцияланған сигналдар мен модуляция түрлері тасымалдаушы сигнал түріне және модуляцияланған (ақпараттық) параметрге байланысты ерекшеленеді. Көбінесе тасымалдаушы сигнал ретінде қолданылады:	Модуляцияланған сигналдар мен модуляция түрлері тасымалдаушы сигнал түріне және модуляцияланған (ақпараттық) параметрге байланысты ерекшеленеді. Көбінесе тасымалдаушы сигнал ретінде қолданылады:

Гармоникалық тасымалдаушы сигнал болса да, модуляция түрлерінің шексіз саны теориялық тұрғыдан мүмкін. Қазіргі уақытта дерлік байланыс жүйелерінде модуляцияның елуден астам түрі қолданылады және олардың саны өсуде. Бұл модуляцияның әртүрлі түрлерінің шуылға қарсы иммунитеті,

спектрдің ені және модуляторлар мен демодуляторларды іске асырудың күрделілігі әртүрлі болуына байланысты.

Байланыс жүйесі үшін модуляция түрі мен тасымалдаушы сигнал түрін таңдау мәселесі байланыс желісі бойынша (арна бойынша) сигналдың өту тиімділігі және модуляция мен демодуляция операцияларының қарапайымдылығы тұрғысынан шешіледі. Бұл ретте модуляция түрінің кедергі болған кезде хабарламаларды берудің берілген сапасын (беру дұрыстығы мен жылдамдығы бойынша) қамтамасыз ету қабілеті ескеріледі.

Амплитудалық (АМ), бұрыштық (ЖМ және ФМ) модуляциялар түрлері бойынша [5; 92-108б; 6;] әдебиеттерінде танысуға болады

2.2.2 Дискретті сигналдарды қабылдаудың шуылға қарсы тұрақтылығы. Дискретті сигналдарды қабылдау тәсілдері.

Потенциалды шуылға қарсы тұру дегеніміз - берілген сигналдар мен кедергілердің түрлеріне өте қол жеткізуге болатын шуылға қарсы тұру. Берілген байланыс жүйесінде кедергі болған кезде сигналдарды өңдеудің кез келген әдісінен асып кетуге болмайды.

Қабылдаудың ең жоғары (потенциалды) Шу иммунитетін қамтамасыз ететін қабылдағыш оңтайлы деп аталады.

Дискретті сигналдарды қабылдаудың шуылға қарсы тұрақтылығы берілген сигналдарды қабылдаудағы қателіктің ықтималдығымен бағаланады. Бұл модуляция түріне және қабылдау әдісіне байланысты. Дискретті сигналдарды беру үшін дискретті амплитудалық (ДАМ), жиілік (ЖМ), фазалық (ФМ), қатысты фазалық (ДҚФМ) модуляцияларды қолданады.

Ең үлкен ықтимал шуылға төзімділік (қателіктің минималды ықтималдығы) ДЖМ жүйесі арқылы беріледі, содан кейін ДҚФМ, ДЖМ, ДАМ бар жүйелер бар. ДФМ пайдалану ДЖМ – мен салыстырғанда энергия ұтысын 2 есе (3 дБм-ге), ал ДАМмен салыстырғанда-4 есе (6 дБм-ге) береді. ДҚФМ ДЖМ артықшылықтарын пайдаланады. Модуляцияның бұл түрі ДЖМ ге қарағанда шуылға төзімді емес және ханымдарға қарағанда шуылға төзімді. ДҚФМ-мен салыстырғанда, ДФМ кішігірім кедергілерге көбірек және күшті кедергілерге аз шуылға төзімді.

ДЖМ шуылға төзімділікті қамтамасыз ету үшін қолданылады, ДҚМ мен ДАМ аз кедергілерге төзімді арналарда, көбінесе жоғары жылдамдықпен жоғары кедергілері бар радиоарналарда қолданылады.

Қабылдаудың екі әдісі бар:

- когерентті, онда демодуляция кезінде қабылданған сигналдың фазасы туралы ақпарат сигнал кернеулерінің лездік мәндерімен шығарылады;

- когерентті емес, онда сигнал фазасы туралы ақпарат пайдаланылмайды, ал қабылданған сигнал туралы шешім оның айналасындағы мәндерге сәйкес шығарылады.

Қабылдаудың бұл әдістерін модуляцияның кез келген түрі үшін қолдануға болады. Қабылдаудың когерентті әдістері қабылданған сигналдың фазасын бағалау үшін қабылдағыш тізбегін едәуір күрделендіруді қажет етеді. Сондықтан, шуылға тұрақтылықты қамтамасыз ететін ДФМ-ны қолданған жөн, ал сәйкес емес техниканы ДҚМ және ДЖМ-мен біріктірген дұрыс, бұл қабылдағыш тізбектерін жеңілдетеді және сигнал жиілігінің тұрақтылығына аз қатан талаптарды анықтайды.

Өртүрлі арналарда модуляция түріне және қабылдау әдісіне шектеулер бар. Фаза мен жиіліктің жылдам ауытқулары бар арналарда ФМ және ДМ қолдану тиімсіз (қабылдағыштардың сұлбалары күрделене түседі, бұл шуылға қарсы иммунитеттің жоғарылауымен өтелмейді) ДФМ бар жүйені керексіз қабылдау кезінде қолдануға болмайды, өйткені ДФМ кезінде ақпарат сигнал фазасының өзгеруіне негізделеді, ал сигналдардың белгісіз немесе белгісіз фазасында олар ажыратылмайды

Қабылдау кезінде сигналдың белгісіз фазасы бар арналарда күрделі құрылғылардың көмегімен қабылданған сигналдың бастапқы фазасын бағалауға болатын жағдайларда да қабылдаудың когерентті әдісін қолданудан бас тартуға тура келеді. Бұл жағдайда қабылдау алгоритмі қолданылады, ол қабылданған сигналдың бастапқы фазасы белгісіз, яғни қабылдаудың қолайсыз әдісі деген болжамға негізделген.

Алайда, фазаның баяу ауытқуы бар арналарда оны бағалау арқылы оны талдау интервалында сенімді түрде болжауға болады. Бұл жағдайда оңтайлы когерентті техниканы жүзеге асыруға болады, өйткені фаза өте баяу өзгереді және көрші элементтер арасындағы фазалық айырмашылықтар іс жүзінде сақталады. Мұнда ДҚФМ қолдану арқылы когерентті қабылдау әбден мүмкін. ЖМ-мен жиілігі баяу ауытқитын арналарда да солай.

ЖМ сигналдарының оңтайлы когерентті қабылдағышы фазаның және жиіліктің баяу ауытқулары бар арналарда оңтайлы болып табылады, бұл жоғары шуылға төзімділікті қамтамасыз ету қажет болған кезде қабылдау үйлесімділігін жүзеге асыруға мүмкіндік береді

ИКМ модуляциясы бойынша материалмен мына әдебиеттерден танысуға болады [1; 33б, 107–111б; 196-226 б; 9-11 б, 66-71 б, 80-82 б].

Қарапайым байланыс жүйесінің құрылымдық сұлбасы 2.2-суретте көрсетілген.

Сұлбаның әрбір элементі белгілі бір функцияны орындайды. Хабарламаны сигналға түрлендіретін құрылғы таратушы деп аталады, ал қабылданған сигналды хабарламаға түрлендіретін құрылғы қабылдағыш деп аталады.

Аналогтық сигналды АЦТ-дағы сандық сигналға түрлендіру үшін үш операция тізбекті түрде жүзеге асырылады:ы:

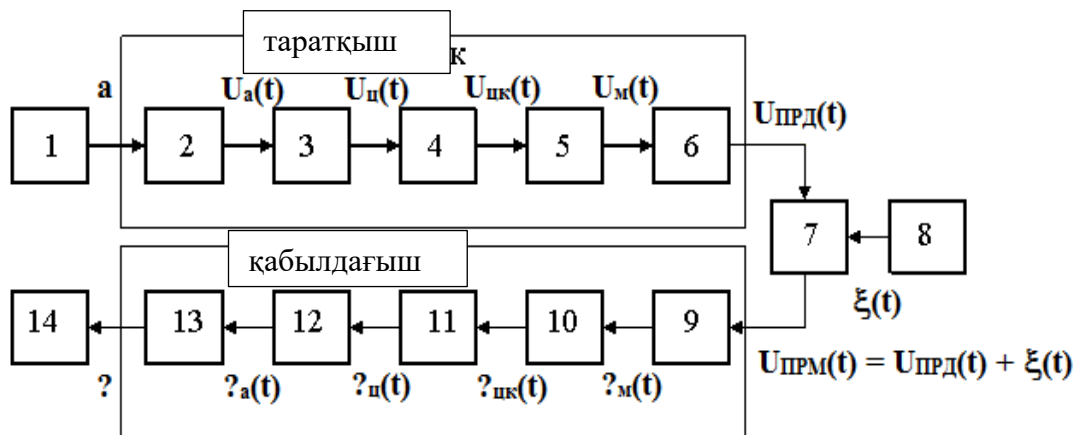
- аналогтық сигналды уақыт бойынша дискреттеу, яғни $U_a(t)$ бастапқы аналогтық сигналын Котельников теоремасына сәйкес таңдалатын уақыт аралығы (T_δ дискреттеу аралығы) арқылы алынған $U_\delta(nT_\delta)$ дискретті есептерімен ауыстыру: $T_\delta \leq 1/2F_e$, мұндағы F_e -аналогтық сигнал спектріндегі жоғарғы

жиілік (ТЖ сигналы үшін оның спектрінде $T_d \leq 1/2\Delta F$ с тұрақты компоненті бар, мұндағы ΔF -сигнал спектрінің ені, Гц);

- амплитудасы (деңгейі бойынша) бойынша сигналдың дискретті есептеу-лерін кванттау, яғни $U_d(nT_d)$ дискретті есептерінің мәндерін жақын рұқсат етілген кванттау деңгейлерінің мәніне ауыстыру- $U_{кв}(nT_d)$;

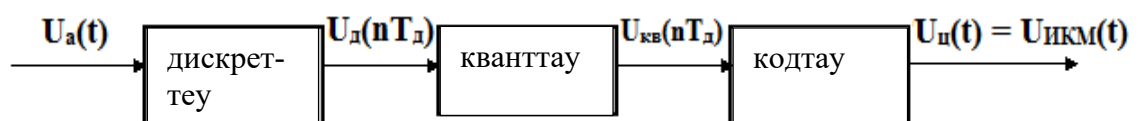
- сандық сигнал санауларының мәндеріне сәйкес келетін деңгей нөмірлерін кодтау (кодтау сандық санауды сандық санақтың мәніне сәйкес келетін сандық санаудың екілік кодының кодтық комбинацияларымен алмастырудан тұрады).

Аналогтан сандыққа сигналды түрлендіру тәртібі 2.3-суретте көрсетілген.



2.2 сурет – Байланыс жүйесінің құрылымдық сұлбасы

1-А хабарламаларының көзі; 2-үздіксіз а хабарламаларының түрлендіргіші, $U_a(t)$; үздіксіз аналық сигналына; 3-АЦТ -Аналогты- $U_a(t)$ аналогтық сигналды сандық $U_{ц}(t)$ - ге түрлендіретін сандық түрлендіргіш; 4-кодтаушы- $U_{ц}(t)$ сандық сигналын түрлендіру үшін $U_{шк}(t)$ паритетіне тексерумен қарапайым екілік шуылға төзімді кодтың кодтық комбинациясында; 5 – модулятор – бастапқы кодталған $U_{шк}(t)$ сандық сигналын байланыс желісі бойынша жақсы өтетін $U_{шк}(t)$ қайталама жоғары жиілікті сигналына түрлендіру үшін. Бұл дискретті модулятор, онда ақпарат Бастапқы, ақпараттық цифрлық сигнал $U_{шк}(t)$ мәндерінің өзгеру заңы бойынша тасымалдаушы гармоникалық сигнал параметрінің өзгеруіне салынады; 6- $U_{ПРД}(t)$, сигналын қалыптастыратын шығыс құрылғысы, оның ішінде көп жағдайда сигнал күшейткіші, өзара әсер ету кедергісін азайту үшін сигнал жиіліктерінің жолағын шектейтін жолақты сүзгі бар таратқыштың құрылғысын байланыс желісімен үйлестіретін әртүрлі арналарда; 7 - байланыс желісі-сигнал беруге арналған физикалық орта; 8 – қабылданған сигналдардың берілгендерден ауытқуын тудыратын (қабылдағышқа $\xi(t)$, сигналы келмейді, бірақ $U_{ПРД}(t)$, сигналы); 9-демодулятордың кіруіндегі кедергі деңгейін азайту үшін $U_{ПРМ}(t)$;кіріс сигналын сүзуді жүзеге асыратын кіріс құрылғысы, $U_{шк}(t)$ сигналын алу үшін байланыс желісімен сигнал және қабылдағышты үйлестіру; 10-демодулятор қабылданған ЖЖ сигналын бастапқы сандық төмен жиілікті сигналға $U_{ц}(t)$ кері түрлендіруге қызмет етеді, ол ақпаратты тасымалдайды (ақпараттық сигнал модуляция кезінде енгізілген жж сигналының параметрінен ерекшеленеді); 11-шуылға қарсы кодтың кодтық комбинациясын декодтайтын декодер $U_{шк}(t)$ де қателерді анықтау мақсатында (еселікпен тексерумен код қабылданған код комбинациясында қатенің бар-жоғын білдіреді, бірақ қателер санын олардың орналасқан жерін көрсете алмайды); 12 – ЦАТ-сандық сигналды $U_{ц}(t)$ аналогтық $U_a(t)$;сигналға түрлендіретін сандық-аналогтық түрлендіргіш; 13-аналогтық сигнал түрлендіргіші $U_a(t)$ хабарламаларға; 14-хабарлама алушы



2.3 сурет - Аналогтықты сигналды сандық сигналға түрлендіру

Импульстік кодты модуляциялау сигналы (ИКМ) – екілік кодтың к-биттік код комбинацияларының тізбегі. Код симметриялы екілік. Онда 1-ші элемент кернеу белгісін (полярьлықты) кодтайды: жалған кернеу – "1", теріс кернеу – "0". Келесі (К-1) Элементтер ақпараттық символды кодтайды және кванттау деңгейінің нөмірі бойынша анықталады. Код комбинациясының элементтерінің (разрядтарының) жалпы саны кванттау – М деңгейлерінің санымен мына формула бойынша анықталады: $K = \log_2 M + 1$.

Нақты сандық жүйелерде F_Δ дискреттеу жиілігі $2\Delta F - F_\Delta > 2\Delta F$ -тен үлкен, ДИСКРЕТТЕЛГЕН АИМ сигнал спектрінде сүзу жолағын жасау үшін таңдалады, бұл аналогтық сигналды қабылдау жағындағы дискретті санақ арқылы қалпына келтіруді жеңілдетеді. Сонымен қатар, F_Δ сандық тарату жүйелерін біріктіру үшін 8 КГц жиілігін таңдайды.

Мысалы, егер $\Delta F = 10 \text{ КГц}$, $M = 512$, онда:

- жиілік дискретизациясы $F_\Delta > 2\Delta F$ формуласы бойынша $2 \cdot 10 = 20 \text{ КГц}$ - ке тең, ал сүзгілеумен 8 КГц еселәкке байланысты, жиілік дискретизациясы $F_\Delta = 24 \text{ КГц}$ -ке тең болады;

- дискретизация интервалы (период, дискретизация қадамы) $T_\Delta = 1/F_\Delta$ формуласымен анықталады және ол $T_\Delta = 1/24 \cdot 10^3 = 41,7 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 41,7 \text{ мкс}$ тең болады.

полярьлық белгісін ескере отырып, код комбинациясының ұзындығы

$K = \log_2 512 + 1 = 10$ элемент.

1) Егер кодтауды қажет ететін оң полярьлықтың импульсі ретінде (ID нөмірінің соңғы екі санына сәйкес келетін) 53 саны таңдалса, ал теріс полярьлықтың импульсі ретінде екі есе, яғни 26,5 болса, онда

$U_{\Delta 1} = 53 \text{ у.е.}$ $U_{\Delta 2} = -26,5 \text{ у.е.}$ $U_{кв1} = 52 \text{ у.е.}$ $U_{кв2} = -26 \text{ у.е.}$

Кванттау деңгейінің кодтық комбинациясы сәйкесінше тең:

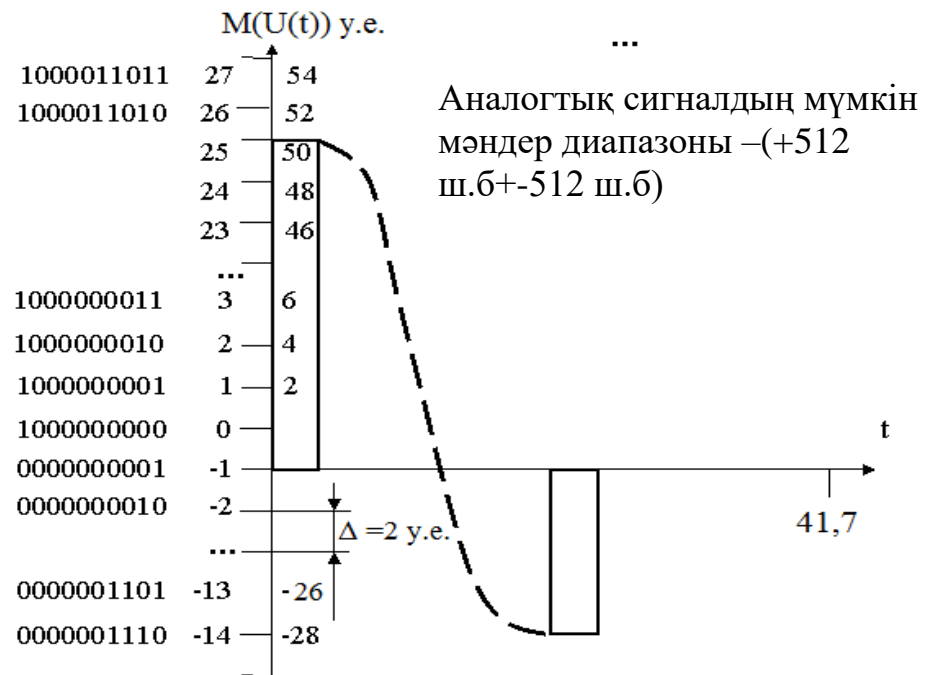
52 ш.б. 52 ш.б.: кванттау қадамы $\Delta = 2$ ш. б. болғандықтан, біз 26 санын кодтаймыз.

$26_{10} = 11010_2$, полярьлық белгісін ескере отырып, бит тереңдігі 10-ға тең, сондықтан код комбинациясы 1000011010 түрінде болады;

-26 у. е.: $\Delta = 2 \text{ у.е.}$, 13 санын кодтаймыз.

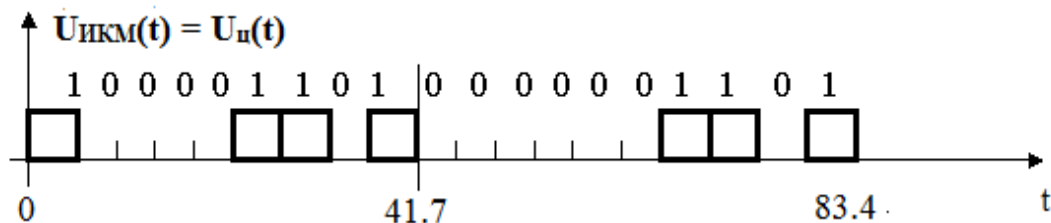
$13_{10} = 1101_2$, алынған санды таңбалы таңбамен және 10 бит алу үшін нөлдермен толықтырамыз. Біз 0000001101 аламыз.

Кванттау деңгейіндегі сандардың графикалық кодтық комбинациясы 2.4-суретте көрсетілген.



2.4 сурет-Кодтау қажет кванттау деңгейлерінің (дискреттелген сигнал деңгейлері) графикалық көрінісі

2.5 – суретте көрсетілгендей, кодтар комбинациясының уақыт диаграммаларын импульстар түрінде көрсетеміз (1 – импульс бар, 0-импульс жоқ).



2.5 сурет - Қарапайым кодтың кодтық комбинациясының уақыт диаграммалары

2) Түзету кодтары бойынша материалмен [5, 273-282 Б.; 6, 307-319 Б.; 7, 110-118 Б., 123-124, 127-129] әдебиеттерден танысуға болады.

Циклдік кодтар сызықтық жүйелік кодтар класына жатады. Циклдік кодтың кодтық комбинацияларын белгілі бір дәрежеде көпмүшелік ретінде қарастыру ыңғайлы

$$F(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x + a_0, \quad (1)$$

мұндағы x – сандық жүйенің негізі;

a_i – бұл сандық жүйенің сандары;

$n - 1, n - 2, \dots$ - негіз тұрғызылатын дәреже көрсеткіші және сонымен бірге реттік нөмірлер.

Минималды кодтық қашықтық түзетілген тәуелділік қателерінің санына байланысты

$$d_0 = 2t_{испр} + 1 \quad (2)$$

Есте сақтау керек, тек $d_0 = 3$ коды үшін r : (6.9) [8] тексеру таңбаларының санын анықтау үшін нақты қатынас белгілі, мұндағы $n = k + r$. мұнда k – қарапайым кодтың кодтық комбинациясының ұзындығы (ақпараттық таңбалар саны), n – түзету кодының жалпы ұзындығы. Бұл қатынасты келесі түрде ұсынуға болады:

$$2^r \geq r + k + 1 \quad (3)$$

Таңдау осы қатынасты қанағаттандыратын r мәнін анықтайды.

R шамасы 18.1 [6, С.316] кестесінен немесе 6.2 [7, с. 114] кестесінен таңдауға болатын түзуші көпмүшенің дәрежесінің көрсеткіші болып табылады.

Тапсырманың 1-тармағы ретпен орындалуы керек.

d_0 , содан кейін r және n анықтаңыз, генеративті көпмүшені таңдап, циклдік кодтың кодтық комбинациясын жасаңыз. Кодтауды алгебралық және сандық түрде де жүргізуге болады. Циклдік кодты кодтау 18.5 [6] және 6.3 [7] мысалдарында қарастырылған.

Код комбинациясын құрудың дұрыстығы құрастырылған комбинацияны генеративті көпмүшеге бөлу арқылы тексеріледі. Егер бөлу кезінде нөлдік емес қалдық пайда болса, бұл дұрыс емес кодтауды білдіреді, яғни алынған код комбинациясы осы кодтың тыйым салынған комбинацияларын білдіреді. Нөлдік қалдықты алу (қалдықсыз бөлу) дұрыс дегенді білдіреді кодтау, яғни код комбинациясы рұқсат етілген.

Циклдік кодтың өндіруші матрицасының құрылысы 6.9 мысалында қарастырылған. [7].

Өндіруші матрицаның құрылысы-материал [7, 121-122 б].

Синдром матрицасының құрылысы тест матрицасын транспозициялау арқылы жүзеге асырылады. 18.2-кестеде [6] синдром мен бұрмаланған циклдік код белгісі арасындағы байланыс келтірілген.

Қатені түзету мүмкіндігін тексеру қатені код комбинациясының берілген разрядына енгізуден, алынған құрамды түзуші көпмүшеге бөлуден, қалдықты табудан және осы разрядтағы қате кезінде алынған қалдықтың (синдромның) код синдромына сәйкестігін анықтаудан тұрады.

Кодер сұлбасы түрі бойынша орындалады (6.9 сурет) в [7]. Циклдік кодтың кодтау құрылысын құру принципінің сипаттамасы [7, 127-129 Б.] келтірілген. Ауыстыру регистрі мен кідіріс регистрінің ұяшықтарының саны генератрицалық көпмүшенің дәрежесіне тең, ал қосқыштар саны генератрицалық

көпмүшенің салмағынан бір бірлікке аз болатындығын есте ұстаған жөн. Модуль бойынша қос қосқыштар аға разрядты қоспағанда, түзуші көпмүшеде бірлік позицияларында тұрған ұяшықтардың алдында қосылады. Мысалы, егер түзетуші көпмүшелік $P(x) = x^3 + x^2 + 1$, ол $P(0,1) = 1101$ сәйкес келеді, онда ығысу регистры 3 ячейкаға ие (3-ші дәрежелі көпмүшені құрайтын), оған екі қосынды қосылады (түзуші көпмүшенің салмағы $W=3$ болғандықтан), қосқыштар бірінші және үшінші ұяшықтардың алдында қосылады.

3) Сандық ИКМ сигналының кодтық комбинациясының бірлік элементінің паритетті тексерумен ұзақтығы дискретизация аралығының шамаларына сүйене отырып анықталады – T_j және n жұптығын тексерумен кодтың кодтық комбинациясының ұзындығы. – $T_{макт}$, элементтердің қайталану жиілігі- тактілік жиілігі – $F_{макт}$.

$$T_{макт} = T/n, c; F_{макт} = 1/T_{макт}, Гц; \text{ или } F_{макт} = nF_0, Гц \text{ и } T_{макт} = 1/F_{макт}, Гц;$$

$$T_{макт} = 1/264 * 10^3 = 3,8 * 10^{-6} = 3,8 \text{ мкс}; F_{макт} = 24 * 11 = 264 \text{ КГц}.$$

Ескертпелер:

1) құрылымдық сұлба тарату жағында мыналарды қамтуы тиіс: үздіксіз хабар көзі, хабарламаны аналогтық сигналға түрлендіргіш, аналогтық сигналды цифрлық ИКМ сигналына түрлендіретін құрылғылар, модулятор, сүзгі және қабылдау жағындағы қайта түрлендіретін құрылғылар.

2) T_d сигналын іріктеу аралығын анықтаңыз, аналогтық сигнал спектрінің жоғарғы жиілігін F_B – ге тең етіп алыңыз, кванттау біркелкі, код екілік симметриялы.

3) синхросигналды беру үшін бір арна аралығын пайдалануды ескеру.

4) сандық ИКМ сигналының кодтық комбинациясын M кванттау деңгейінің берілген санына сәйкес жасаңыз, сигнал деңгейі оң белгісі бар нұсқаның нөміріне (сынақ кітапшасының соңғы екі саны) және теріс белгісі бар нұсқаның жартысына тең. Нұсқа нөмірі кванттау деңгейінің берілген санынан асып кеткен жағдайда, нұсқа нөмірінің жартысы мен төрттен бір бөлігінің деңгейіне сәйкес келетін үлгілерді алыңыз.

5) арнаның өткізу жолағы модуляцияланған сигнал спектрінің еніне қарай анықталады:

$$F_{дам} = F_{дофм} = 2/T; F_{дчм} = 4/T, \quad (4)$$

мұндағы T -бірлік элементтің ұзақтығы.

б) модуляцияның берілген түріне және қабылдау әдісіне сәйкес модулятор мен демодулятордың егжей-тегжейлі сызбаларын бөлек салыңыз. Олардың жұмыс алгоритмдерін жазыңыз. Модулятор мен демодулятор тізбегінің әр нүктесінде осциллограммалар мен сигналдардың спектрлік диаграммаларын сызыңыз.

Бақылау сұрақтары

- 1) Байланыс жүйелерінде модуляция қандай мақсаттарда қолданылады?
- 2) Қай қабылдағыш оңтайлы деп аталады?
- 3) Қабылдағыштың жұмыс алгоритмі (шешуші сұлба) нені түсінеді?
- 4) Дискретті хабарламаларды беру кезінде идеалды бақылаушы (Котельников) өлшемінің мағынасын түсіндіріңіз.
- 5) Жүйенің ықтимал шуылға төзімділігі нені білдіреді?
- 6) ФМ жүйелерінде байқалған "кері жұмыс" құбылысы қандай?
- 7) Неліктен ҚФМ жүйелерінде "кері жұмыс" құбылысымен сәтті күресуге болады?
- 8) ҚФМ сигналдарын оңтайлы когерентті қабылдау қандай сұлбамен жүзеге асырылады және арнадағы тербелмелі шуды есепке алу кезінде осы ұлбада қате қабылдау ықтималдығы қалай анықталады?
- 9) Сигналдың белгісіз фазасында дискретті хабарламаларды оңтайлы емес қабылдау алгоритмін қалай жазуға болады?
- 10) ҚФМ сигналын оңтайлы қабылдау кезінде және белгісіз фазада қате ықтималдығы қалай анықталады?
- 11) Әртүрлі қабылдау арқылы байланыс жүйелерінің сапасын жақсарту мүмкіндіктерін түсіндіріңіз (әсіресе үзіліссіз арналарда).

Әдебиеттер тізімі

Негізгі:

1. Оптимальный прием сигналов на фоне помех и шумов. Под ред. Савватеева Ю.И. М.: «Радиотехника», 2011.

2. Балашов В.А. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами. М.: «Эко-трендз», 2012.

3. Братко А.И., Автоматизированные системы управления и связь: основы электросвязи : учеб.пособие / А.И. Братко. - М : ИНФРА-М, 2021. - 332 с.

4. «Теория электрической связи» для специальностей РЭТ. Учебное пособие, НАО АУЭС, - Алматы – 2017-90с. М.А.Хизирова, У.Шугайып.

Қосымша:

5. Скляр Б. Цифровая связь – М. С-П, К., 2003.

6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2003.

7. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач. – М.: Высшая школа, 2002.

15. Теория электрической связи. Под редакцией профессора Д.Д. Кловского – М.: «Радио и связь», 1999.

16. Панфилов И.П., Дырда В.Е. Теория электрической связи – М.: «Радио и связь», 1991.

17. Кловский Д.Д., Шилкин В.А. Теория электрической связи. Сборник задач и упражнений – М.: «Радио и связь», 1990.

18. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов – М.: «Радио и связь», 2006.

19. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов. – М.: Высшая школа, 2006.

20. Борисов В.И., Зинчук В.М. Помехозащищенность систем радиосвязи. □ М.: Высшая школа, 2008.

21. Биккенин Р.Р. Теория электрической связи. М.: «Академия», 2010.

22. Улахович Д.А. Основы теории линейных электрических цепей. СПб., 2010.

23. Ушаков П.А. Цепи и сигналы электросвязи. М.: «Академия», 2010.

24. Акуличев Ю.П. Теория электрической связи. СПб., 2010.

Мазмұны

Кіріспе	3
1 Курстық жұмысты орындау жөніндегі жалпы ережелер	4
1.1 Курстық жұмысты орындауға қойылатын негізгі талаптар	4
1.2 курстық жұмысты рәсімдеу тәртібі	4
2 Курстық жұмысты орындауға тапсырма	5
2.1 Техникалық тапсырма	5
2.2 Әдістемелік нұсқау	7
Бақылау сұрақтары.....	16
Әдебиеттер тізімі.....	17

Павлова Татьяна Александровна
Хизирова Мухаббат Абдисаттаровна

ЭЛЕКТР БАЙЛАНЫС ТЕОРИЯСЫ

6В6201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация барлық білім бағдарламасының студенттеріне курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау

Редактор:
Стандарттау бойынша маман:

Изтелеуова Ж.Н.
Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды __. __. __.
Таралымы 50 дана.
Көлемі – 2,0 оқу- бас.ә.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс Бағасы 1000 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірме – көбейту бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1