

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасы



SATBAYEV
UNIVERSITY

№9 ДӘРІС

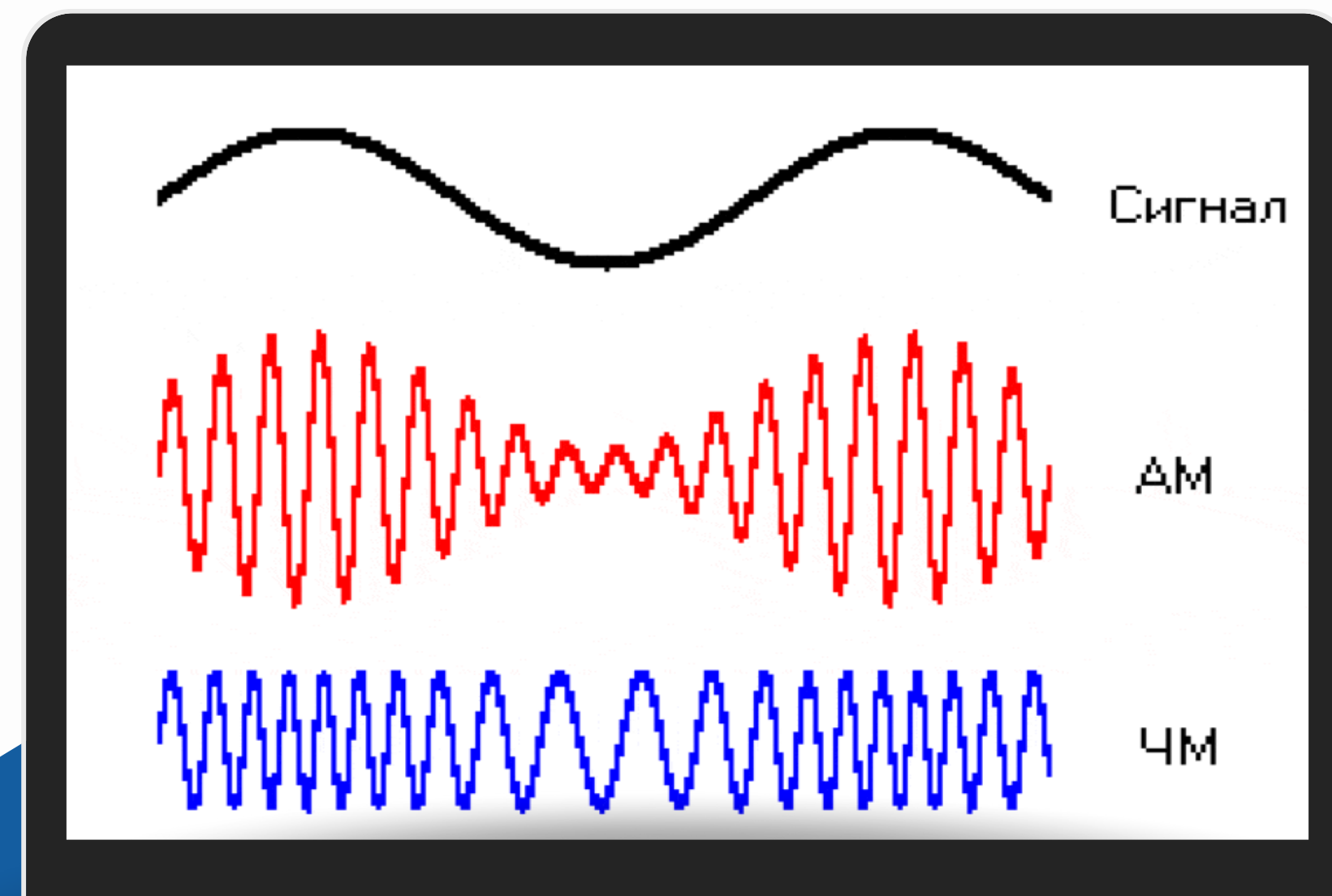
Тақырыбы: «Электрондық байланыс жүйелері: негізгі ұғымдар, модуляция және демодуляция»

Оқытушы: Хабай А.

ELC5511 «Электроника және схемотехника»

Алматы 2025 ж.

Электрондық байланыс жүйелері: негізгі ұғымдар, модуляция және демодуляция



Дәрістің мақсаты мен міндеттері



1. Электрондық байланыс жүйесінің негізгі элементтері мен құрылымын түсіндіру;
2. Аналогтық және сандық сигналдардың ерекшеліктерін көрсету;
3. Модуляция және демодуляция түрлерін қарастыру (АМ, ЖМ, ФМ);
4. Байланыс жүйелеріндегі шу көздері мен олардың әсерін түсіндіру;
5. Байланыс сапасын бағалау үшін **децибел (дБ), қуат деңгейлері, сигнал/шу қатынасы** ұғымдарын меңгерту;
6. Практикалық мысалдар арқылы телекоммуникация жүйелерінің жұмыс принципін түсіндіру.

Мазмұны

1. Кіріспе
2. Электр байланысының негізгі түсініктері
3. Байланыс жүйесінің құрылымдық схемасы
4. Хабарды беру жиілігі
5. Пайда қуат және оны жоғалту деңгейлері
6. Электр сигналдарын модуляциялау және демодуляциялау
7. Амплитудалық модулятор және демодулятор моделі
8. Қорытынды
9. Бақылау сұрақтары

Кіріспе

Электрондық байланыс жүйелері – ақпаратты алыс қашықтыққа жеткізуге арналған негізгі құрал. XIX ғасырдың аяғында Герц, Попов, Маркони еңбектерінің арқасында электромагниттік толқындардың таралуы дәлелденіп, радио байланыс дүниеге келді. Қазіргі таңда телекоммуникация жүйелері радио, кабельдік, оптикалық және спутниктік арналар арқылы жүзеге асады.

Ақпарат аналогтық (сөйлеу, музыка) және сандық (екілік код түрінде) сигналдар арқылы беріледі. Сигналды тасымалдау үшін модуляциялау, ал қабылдау үшін демодуляциялау әдістері қолданылады.

Электр байланысының негізгі түсініктері

Электроника мен схемотехниканың дамуы адамдардың алыс қашықтықтарға хабар жіберу және қабылдау қажеттіліктерімен тікелей байланысты болды. Алғашқы электровакуумдық құрылғылар 19-шы ғасырдың басында радио таратқыштар мен радиоқабылдағыштарға арналып жасалды. Радио арқылы дауыстық және телеграфтық хабарламалар таратылды. Кейіннен теледидар, спутниктік байланыс, ұялы байланыс сияқты телекоммуникация құралдары пайда болды. Бұл құралдар екі немесе одан да көп пайдаланушылар арасында ақпаратты қабылдау, беру және өңдеу үшін электр сигналдарын қолдануға мүмкіндік береді.

Бастапқы ақпарат аналогтық (мысалы, адамның сөйлеуі немесе музыкасы) немесе екілік кодталған сандық түрде (сандар немесе алфавиттік-сандық кодтар) болуы мүмкін. Аналогтық сигналдар уақытқа тәуелді, мысалы, синус немесе косинус заңдылығына сәйкес үздіксіз өзгертін кернеулер мен токтар түрінде көрінеді. Сандық сигналдар кернеу немесе токтың дискретті қадамдармен немесе деңгейлермен өзгеруін сипаттайды. Ең қарапайым сандық сигнал формасы — тек екі мәнді қабылдай алатын екілік сигнал.

Қай формада болса да, бастапқы ақпарат байланыс арналары арқылы берілмес бұрын электромагниттік энергияға айналуы қажет. 1887-1895 жылдар аралығында көрнекті ғалымдар Генрих Герц, Александр Степанович Попов және маркиз Гульельмо Маркони тарихи тәжірибелер жүргізіп, радиосигналдарды электромагниттік толқындар арқылы сымсыз қашықтыққа беру мүмкіндігін растады.

Қазіргі заманғы телекоммуникациялық жүйелер электромагниттік сигналдарды беру үшін бос кеңістікті (радиобайланыс) немесе металл кабельдер мен шыны талшықтарды (кабельдік байланыс) пайдаланады.

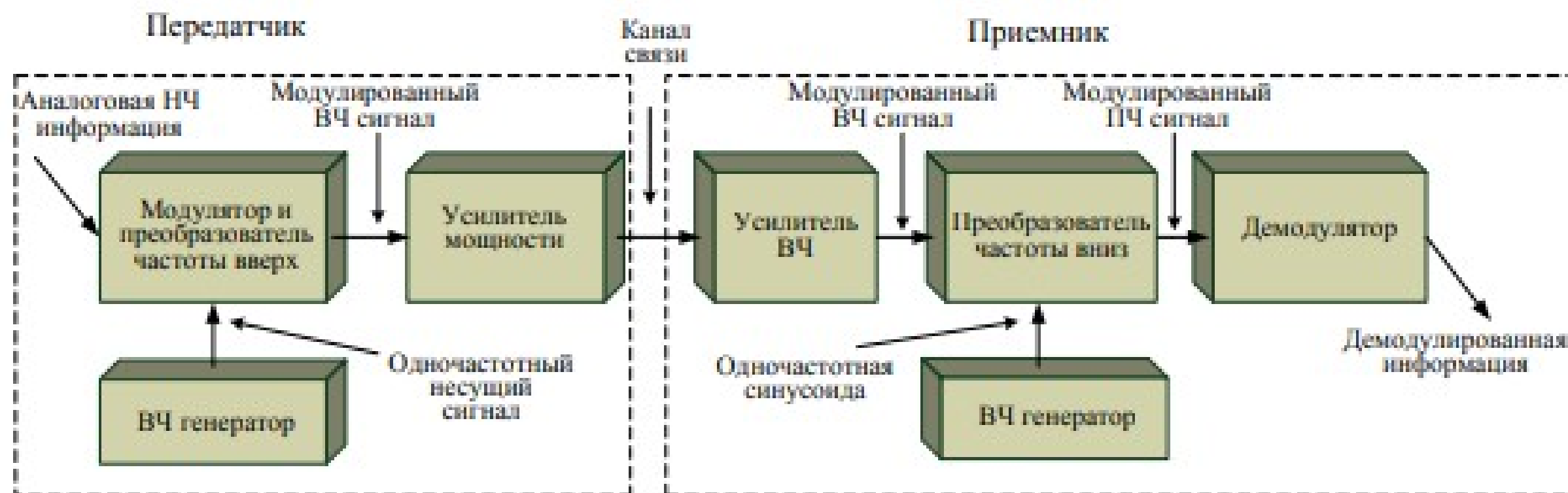
Байланыс жүйесінің құрылымдық схемасы

Телекоммуникация жүйесінің жалпыланған құрылымдық схемасы 6.1-суретте көрсетілген және таратқышты, тарату ортасын, қабылдағышты және жүйенің шу көзін қамтиды. Таратқыш – бұл бастапқы ақпаратты белгілі бір тарату ортасында беру үшін жарамды формаға түрлендіретін бір немесе бірнеше электронды құрылғылар. Мысалы, аналогтық дауыстық хабарламаларды жіберуге арналған радио таратқыш мыналарды қамтуы керек: төмен дыбыстық жиілікті күшейткіш, жоғары жиілікті автогенератор, дыбыстық хабарламаға сәйкес жоғары жиілікті сигнал параметрлерін өзгертетін модулятор, жоғары жиілікті күшейткіш және радио антенна.

Тарату ортасы немесе байланыс арнасы таратқыш пен қабылдағыш арасындағы сигнал беру түрін анықтайды және өте қарапайым, мысалы, мыс сымдарының жұбы, немесе радиорелелік, спутниктік немесе талшықты-оптикалық байланыс желісі сияқты өте күрделі болуы мүмкін.



6.1-сурет. Телекоммуникация жүйесінің құрылымдық схемасы



6.2-сурет.Аналогтық байланыс жүйесінің жеңілдетілген құрылымдық схемасы

Жүйенің шуы – бұл ақпараттық сигналға кедергі келтіріп, оны беру және түрлендіру процесіне әсер ететін кез келген қажетсіз электрлік сигналдар. Қабылдағыш – таратушы ортадан жіберілген сигналдарды қабылдап, кейіннен оларды бастапқы пішініне қайта түрлендіруге арналған электрондық құрылғылар жиынтығы.

Мысалы, кәдімгі тұрмыстық радиоқабылдағышта келесі элементтер бар: антенна, жоғары жиілікті күшейткіш, жоғары жиілікті аралық жиілікке түрлендіргіш, аралық жиілікті күшейткіш, детектор, төмен жиілікті күшейткіш және дыбыстық динамик (дауыс зорайтқыш). Аналогтық байланыс жүйесінің жеңілдетілген құрылымдық схемасы 6.2-суретте көрсетілген.

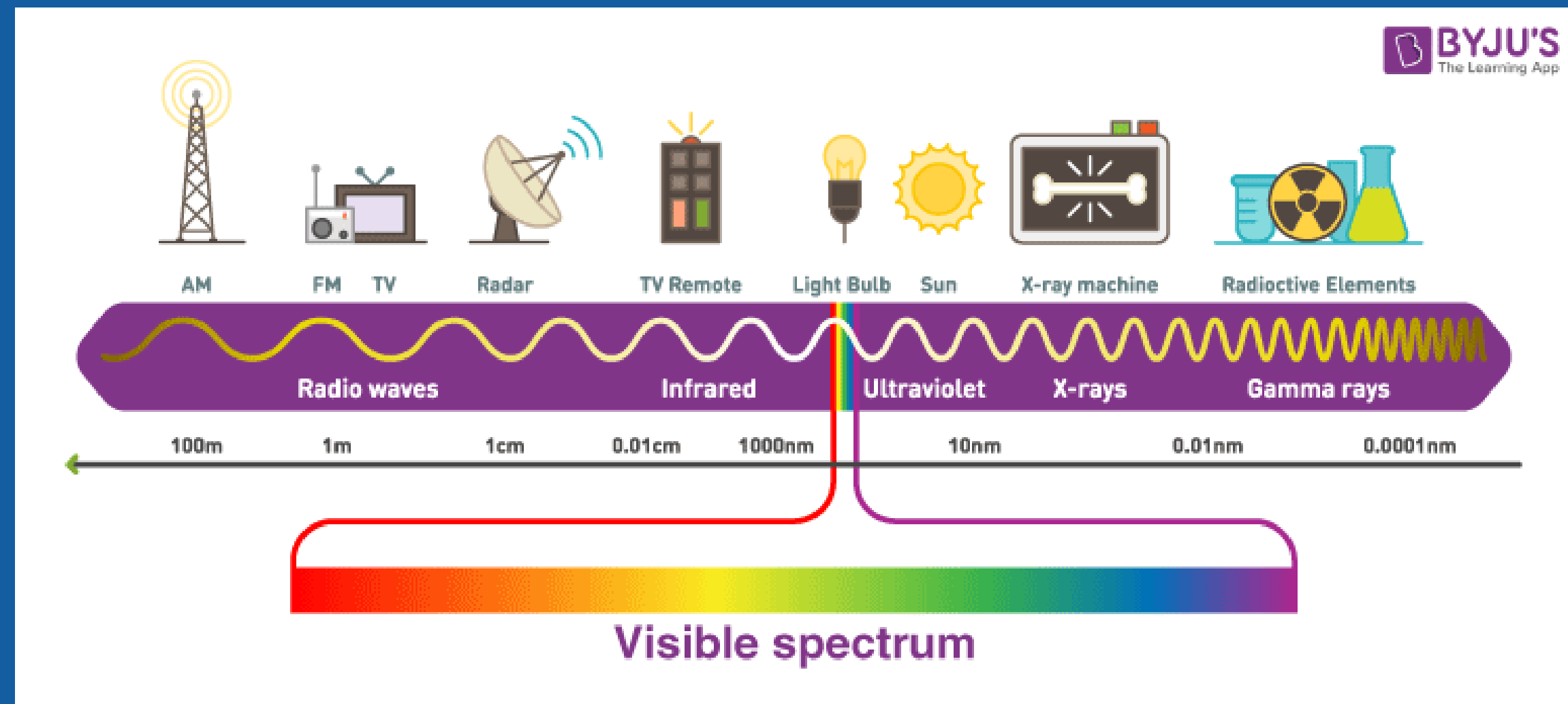
Хабарды беру жиілігі

Телекоммуникация әдетте түрлендіру арқылы қамтамасыз етіледі электромагниттік сигналдардағы бастапқы ақпарат және олардың біреуіне берілуі немесе алынған сигналды кері түрлендіру және бастапқы хабарламаны бөлектеу орын алатын бірнеше қабылдау станциялары. Электромагниттік энергия металл өткізгіш бойымен электр энергиясы түрінде, антенна шығаратын радиотолқын түрінде таралады бос кеңістік немесе оптикалық талшық бойымен өтетін жарық толқыны сияқты.

Байланыс жүйесінің маңызды сипаттамасы сигнал беру үшін қолданылатын жиілік болып табылады. Телекоммуникацияда қолданылатын жиіліктердің толық электромагниттік спектрі 6.3-суретте көрсетілген.

Іс жүзінде қолданылатын электромагниттік спектрдің диапазоны ол 10 кГц-тен бірнеше миллиард Герцке дейін созылады. Оптикалық байланыс жүйелері 10^{13} - 10^{15} гцчатоталары бар жарық диапазонын пайдаланады. Ең төменгі жиіліктер тек мамандандырылған жиіліктер үшін қолданылады қосымшалар(мысалы, су астындағы байланыс).

Хабарды беру жиілігі



6.3-сурет. Жиіліктің электромагниттік спектрі

Пайда қуат және оны жоғалту деңгейлері

Қуат, пайда және жоғалту деңгейлері — бұл телекоммуникация жүйелерінде сигналды тарату және өңдеу кезінде оның сапасы мен тиімділігін сипаттайтын негізгі параметрлер.

Телекоммуникацияда қуаттардың қатынасы, сондай-ақ токтардың қатынасы және кернеу децибелмен өлшенеді. Децибел (дБ) – екі шаманың қатынасын өрнектеу үшін қолданылатын логарифмдік шама. Мысалы децибелдер дыбыс сигналдарының қарқындылығын өлшеу үшін қолданылады дыбыс қысымының деңгейлері. Нөлдік дБ деңгейі - есту шегі дыбыс (дыбыс қарқындылығы 10-12 Вт/м²). Жапырақтың сыбдыры – 10 дБ, ал ұшақ реактивті қозғалтқышының дыбысы 120-140 дБ. Телекоммуникацияда қуат өсімі децибелде формула бойынша есептеледі:

$$K_{P(дБ)} = 10 \lg \left(\frac{P_{шығ}}{P_{кір}} \right) \text{ Егер } \frac{P_{шығ}}{P_{кір}} = 100 \text{ болса, онда } K_{P(дБ)} = 20$$

Теріс дБ мәні шығыс қуатының кіріс қуатынан аз екенін және байланыс жүйесінде қуаттың бір бөлігі жоғалатынын білдіреді. Кернеудің жоғарылауы келесідей көрінеді:

$$K_{U(дБ)} = 20 \lg \left(\frac{U_{шығ}}{U_{кір}} \right) \quad (6.2)$$

Байланыс жүйелеріндегі шу

Электрлік Шу кез келген электр энергиясы ретінде анықталады, ол байланыс жүйесінің өткізу қабілеттілігінің шегіне жетеді. Шу екі санатқа бөлінеді:

- сигналдың болуымен байланысты корреляциялық Шу;
- сигнал бар ма, жоқ па, барлық уақытта болатын корреляцияланбаған шу.

Корреляцияланбаған шу екі санатқа бөлінеді: сыртқы және ішкі. Сыртқы шуларға атмосфералық кедергілер, жерден тыс шулар, күннің радио сәулеленуі, ғарыштық шулар, электр құрылғылары тудыратын жасанды шулар, радиоқабылдағыштардағы кедергілер жатады. Ішкі шулар – құрылғының немесе схеманың ішінде пайда болатын кедергілер. Оларға мыналар жатады:

- Заряд тасымалдаушылардың шуы – электрондар мен кемтіктердің қозғалысына байланысты туындайды.
- Тасымалдау шуы – зарядтардың құрылғының кірісінен шығысына өткен кезде пайда болады (мысалы, эмиттерден коллекторға дейін).
- Жылу шуы – өткізгіштегі электрондардың жылулық әсерден болатын жылдам және кездейсоқ қозғалысына байланысты пайда болатын шулар.

Электр сигналдарын модуляциялау және демодуляциялау

Көп жағдайда жүйеде ақпарат беру үшін электрондық байланыс ақпараттық сигналмен модуляцияланған тасымалдаушы деп аталатын жоғары жиілікті аналогтық сигнал қолданылады. Модуляция берілген ақпараттық сигналға сәйкес тасымалдаушы электр сигналының параметрлерін басқару деп аталады. Тасымалдаушы гармоникалық сигнал:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = U_m \cos \Psi(t)$$

Байланыс жүйелерінің екі түрі қолданылады: аналогтық және сандық жүйелер. Аналогтық байланыс жүйелері аналогтық сигналдарды жібереді және қабылдайды (үздіксіз өзгертін сигналдар, мысалы, синусоидтар). Аналогтық байланыс жүйелерінде ақпарат пен тасымалдаушы аналогтық сигналдар болып табылады.

Ақпараттық сигнал: $a(t) = U_{m\Omega} \cos \Omega t$ және $\Omega \ll \omega_0$ басқарылатын тасымалдаушы сигнал параметрлерінің амплитудалық модуляция (АМ):

$$U_m(t) = U_m + a(t) = U_m + U_{m\Omega} \cos \Omega t \quad (6.7)$$

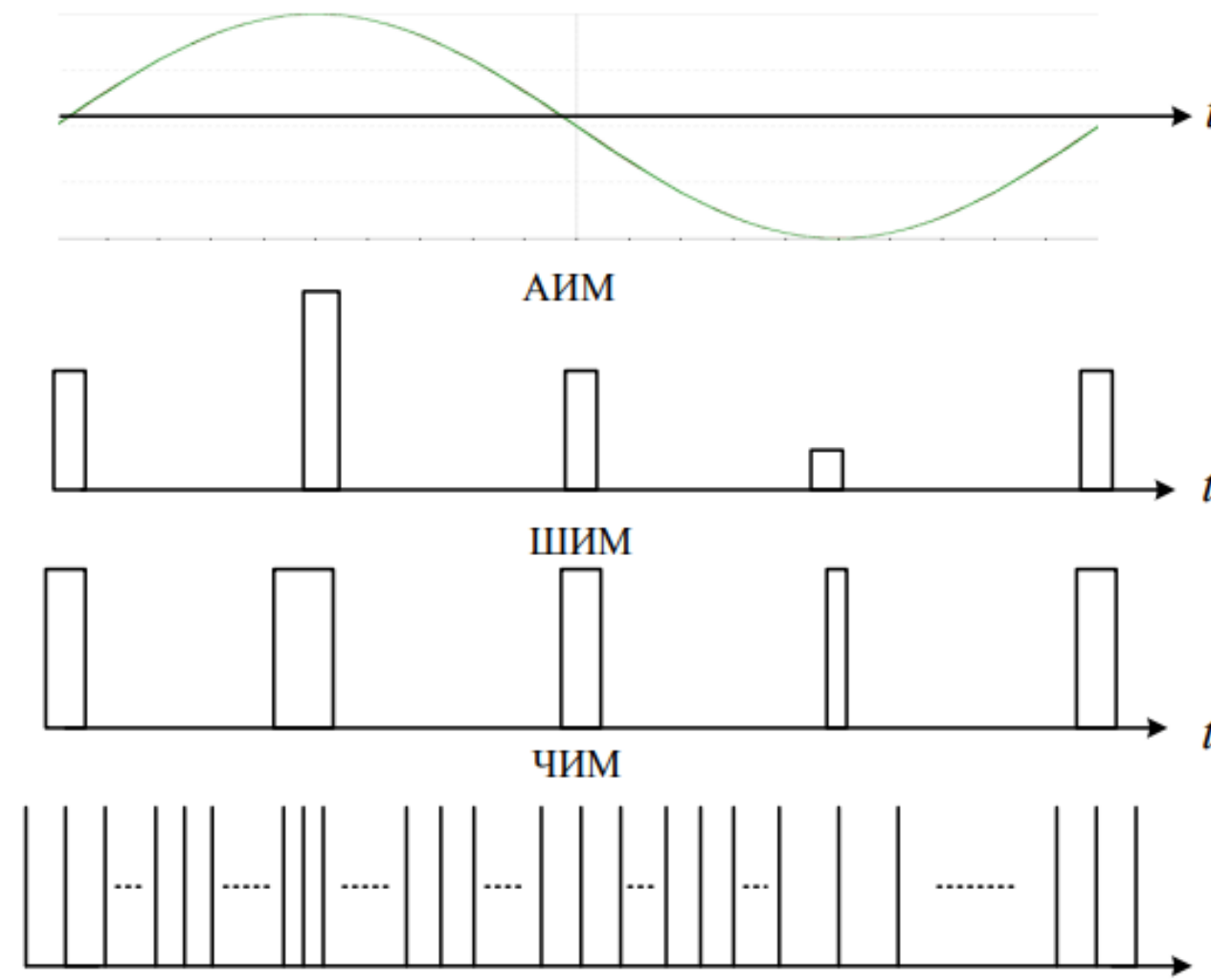
Жиілікті модуляциялау (ЖМ):

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t = \omega_0 + K_{\text{ЖМ}} a(t) \quad (6.8)$$

Жиіліктің ауытқуы $K_{\text{ЖМ}}$ - жиілік модуляциясының коэффициенті. Фазалық модуляция (ФМ) $\Psi(t) = \omega_0(t) + \varphi_0 + K_{\text{ФМ}} a(t)$ $K_{\text{ФМ}}$ -фазалық модуляция коэффициенті.

Импульсті модуляция түрлері

Импульстік сигналдарға түрлендірілген ақпараттық сигналдар модельдеудің келесі түрлері бар (6.4-сурет): АИМ-амплитудалық импульстік модуляция, ИЕМ-импульстің ені модуляциясы; ЖИМ-жиілік-импульстік модуляция, КИМ-код-импульстік модуляция және т. б.



6.4-сурет. Импульсті модуляция түрлері

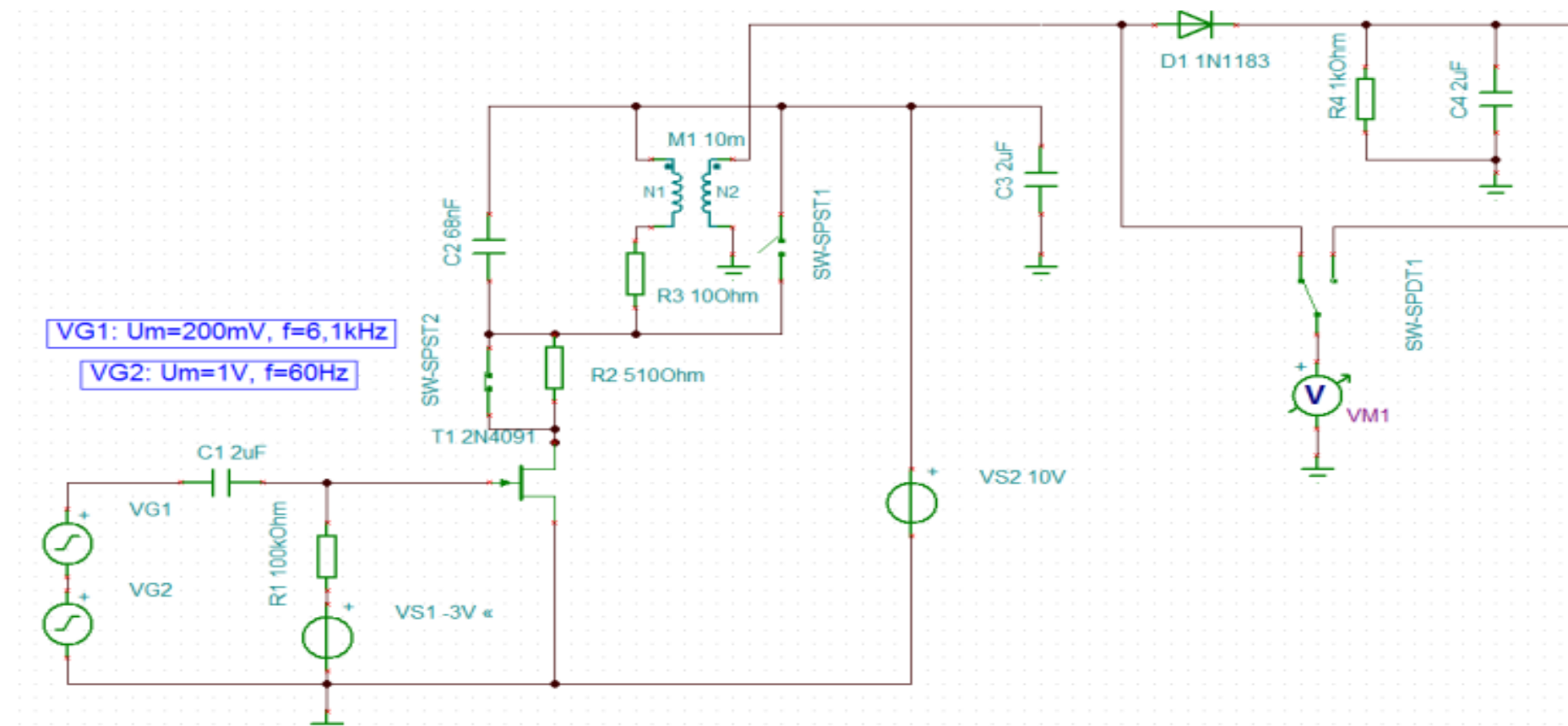
Амплитудалық модулятор және демодулятор моделі

6.6-суретте 2N4091 далалық транзисторын қолданатын қарапайым амплитудалық модулятор моделі көрсетілген. Транзистордың исток тізбегіне екі синусоидалық сигнал генераторы қосылған. VG1 тасымалдаушы жиілік генераторының амплитудасы $U_m=200\text{ мВ}$ және жиілігі $f_0=6.1\text{ кГц}$. Бұл жиілікке транзистордың сток тізбегіндегі резонанстық контур теңшелген. VG2 хабарлама генераторының амплитудасы $U_m=1\text{ В}$ және жиілігі $f_\Omega=60\text{ Гц}$. Қолданылған далалық транзистордың басқару сипаттамалары сигналдардың өзара әсерін қамтамасыз етіп, амплитудалық модуляцияны жүзеге асырады.

$$i(u) = a_1(u - u_{\text{пор}}) + a_2(u - u_{\text{пор}})^2 \quad (6.13)$$

Модулятордың кірісіне сигналдардың қосындысы келеді:

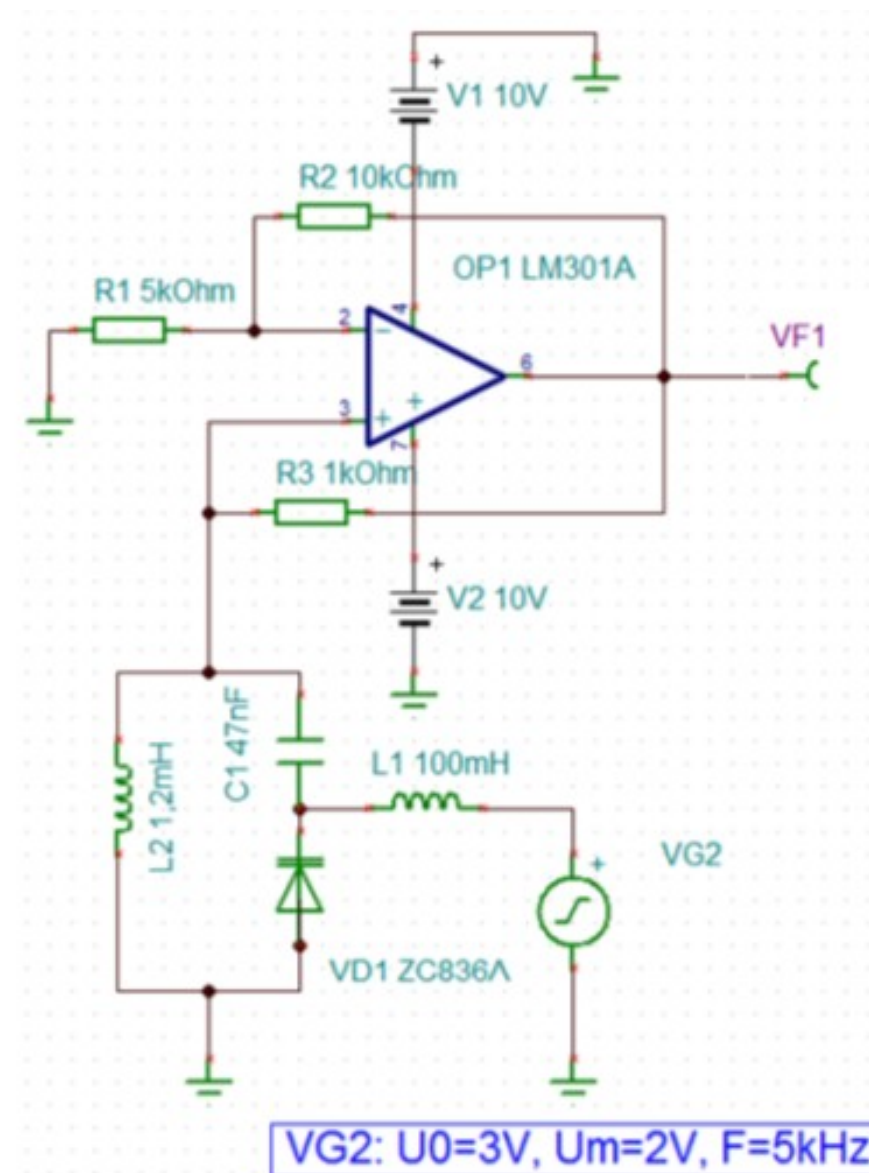
$$U_m \cos \omega_0 t + U_{m\Omega} \cos \Omega t \quad (6.14)$$



6.6-сурет. Амплитудалық модулятор және детектор моделі

Варикапты жиілік модуляторы

6.12- суретте.параллель тізбегі және тербелістердің жиілік модуляциясы бар КБ-де генератор моделі көрсетілген. Контур дәйекті С1 сыйымдылығы vd1 zc836a варикапын қосады. L1 айырбастау индуктивтілігі арқылы варикапқа төмен жиілікті Ақпараттық хабарлама келеді жиілігі $f=5\text{кГц}$ және амплитудасы $U_m=2\text{В}$.



6.12-сурет. Варикаптағы жиілік модуляторы

Қорытынды:

Электрондық байланыс жүйелері қазіргі қоғамда ақпарат алмасудың негізгі инфрақұрылымы болып табылады.

- Модуляция ақпаратты тасымалдаушыға жүктеп, оны алысқа жеткізуге мүмкіндік береді.
- Демодуляция тасымалдаушыдан ақпаратты бөліп, бастапқы түріне қайтарады.
- Шуларды азайту және сигнал/шу қатынасын арттыру – байланыс сапасын жақсартудың басты міндеті.
- Сандық байланыс жүйелері аналогтыққа қарағанда сенімдірек әрі кедергіге төзімді, сондықтан бүгінгі таңда басты технология ретінде кеңінен қолданылады.

Бақылау сұрақтары

1. Электрондық байланыс жүйесінің негізгі элементтерін атаңыз.
2. Аналогтық және сандық сигналдардың айырмашылығы қандай?
3. Байланыс жүйесіндегі таратқыштың атқаратын қызметі қандай?
4. Қабылдағыштың негізгі функционалды блоктарын атаңыз.
5. Байланыс арналарының қандай түрлері бар?
6. Шу көздерінің қандай түрлері бар?
7. Жылулық (Джонсон) шуы қалай сипатталады?
8. Сигнал/шу қатынасы қалай есептеледі және не үшін қажет?
9. Децибел (дБ) дегеніміз не, оның телекоммуникациядағы рөлі қандай?
10. Амплитудалық модуляция (АМ) формуласы қандай және оның спектрі қалай құрылады?
11. Жиіліктік модуляцияның (ЖМ) ерекшелігі неде?
12. Фазалық модуляция (ФМ) кезінде тасымалдаушы сигнал қалай өзгереді?
13. Импульстік модуляция түрлерін атаңыз (АИМ, ИЕМ, ЖИМ, КИМ).
14. Варикап негізіндегі жиілік модуляторы қалай жұмыс істейді?
15. Бір тізбекті және екі тізбекті жиілік дискриминаторларының айырмашылығы қандай?
16. Неліктен сандық байланыс жүйелері аналогтыққа қарағанда сенімдірек болып саналады?

Назарларыңызға рақмет!

