

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Құттыбай Н.Б.

Аналогты электронды схемалар

«Өндірістік электроника және басқару жүйелері», «Радиотехника,
электроника және телекоммуникациялар» мамандықтары бойынша білім
алушы студенттерге арналған

Алматы

10 Дәріс

Тақырыбы: Аналогты сигнал генераторлары

Дәрістің мақсаты мен міндеттері:

Дәрістің мақсаты: Аналогты сигнал генераторларының жұмыс принциптерін, құрылымын және түрлерін түсіндіре отырып, олардың электронды құрылғылар мен жүйелерді тестілеу, баптау және зерттеу процестеріндегі маңыздылығын көрсету. Сигнал генераторларының әртүрлі типтерін (синусоидалық, тікбұрышты, үшбұрышты және ара тісті сигналдар) қолдану салалары мен олардың практикалық қолданылуын қарастыру.

Міндеттері:

1. Аналогты сигнал генераторларының жұмыс принципін түсіндіру.
2. Әртүрлі аналогты сигнал түрлерін сипаттау және қолдану салаларын көрсету.
3. Генераторлардың негізгі түрлерін және олардың ерекшеліктерін талдау.
4. Генераторлардың құрылымы мен негізгі блоктарын түсіндіру.
5. Аналогты сигнал генераторларының практикалық қолдану салаларын көрсету.

Түйінді ұғымдар мен терминдер

1. **Синусоидалық сигнал** – синус функциясына негізделген, жұмсақ және тегіс тербеліс береді. Радиожиілік жүйелерінде, байланыс техникасында және резонанстық зерттеулерде кеңінен қолданылады.

2. **Тікбұрышты сигнал (квадраттық сигнал)** – кенеттен жоғарылап, күрт төмендейтін екі деңгейлі форма. Цифрлық жүйелерде, логикалық схемаларды тестілеуде, микропроцессорлық техникада қолданылады.

3. **Үшбұрышты сигнал** – бірқалыпты жоғарылап, кейін бірқалыпты төмендейтін сызықты форма. Желілік жүйелерді талдауда, АЦП-терді тексеруде пайдаланылады.

4. **Ара тісті сигнал (пила тәрізді сигнал)** – бір бағытта бірқалыпты жоғарылап, кейін тез төмендейтін форма. Осциллографтар мен өлшеу құралдарын калибрлеу, теледидар және бейне сигналдарын сканерлеу жүйелерінде қолданылады.

Дәріс жоспары

Кіріспе

1. Аналогты сигнал түрлері
 2. Негізгі түрлері
 3. Жұмыс принципі
 4. Қолдану салалары
- Білімді бекітуге арналған сұрақтар
- Қорытынды
- Әдебиеттер тізімі

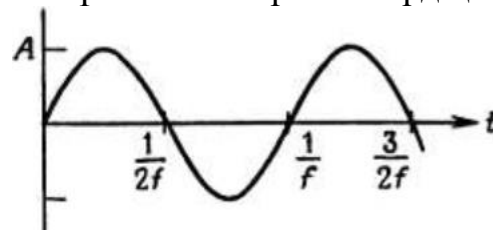
Кіріспе

Аналогты сигнал генераторлары — бұл электрлік сигналдарды (кернеу немесе ток түрінде) уақыт бойынша үздіксіз өзгеретін түрде өндіретін құрылғылар. Олар радиотехникада, телекоммуникацияда, автоматикада, медициналық жабдықтарда, түрлі зертханалық жұмыстарда кеңінен қолданылады.

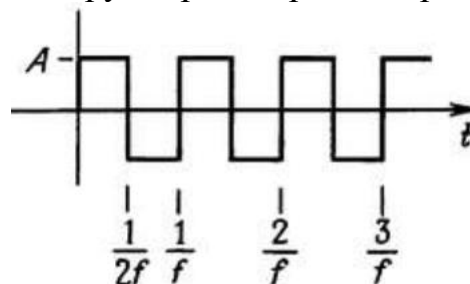
1. Аналогты сигнал түрлері

Аналогты сигналдар — бұл уақыт бойынша үздіксіз өзгеретін кернеу немесе ток сигналдары, және олар әртүрлі пішіндерге ие болуы мүмкін. Әрбір сигнал түрі өзінің физикалық сипаттамалары мен қолдану саласына қарай ерекшеленеді.

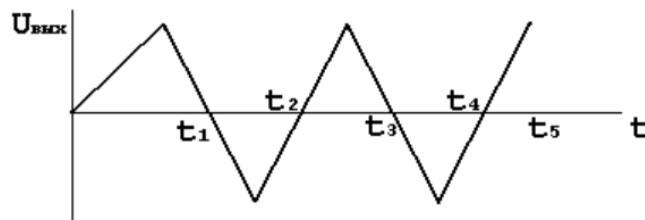
Синусоидалық сигнал — ең кең таралған және маңызды сигнал түрлерінің бірі. Оның формасы математикадағы синус функциясына негізделген және ол жұмсақ, тегіс тербеліс береді. Мұндай сигналдар көбінесе радиожиілік жүйелерінде, байланыс техникасында, резонанстық зерттеулерде, және электр тізбектеріндегі жиіліктік сипаттамаларды талдау кезінде қолданылады. Синусоида — бұл табиғи тербелістердің негізгі үлгісі.



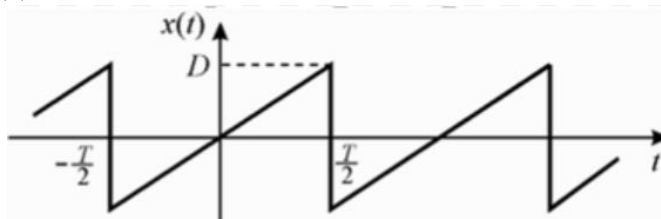
Тікбұрышты сигнал (пульстік немесе квадраттық сигнал) кенеттен жоғарылап және күрт төмендейтін екі деңгейлі формамен сипатталады. Бұл сигнал түрі цифрлық жүйелерде кеңінен қолданылады, себебі ол логикалық «0» және «1» деңгейлерін нақты көрсетеді. Мұндай сигналдар микропроцессорлық техникада, логикалық элементтерді сынауда, цифрлық тізбектерді модельдеу мен тексеруде ерекше рөл атқарады.



Үшбұрышты сигнал — бірқалыпты жоғарылап, кейін бірқалыпты төмендейтін, яғни сызықты түрде өзгеретін сигнал. Бұл сигнал түрі желілік жүйелерді талдауда, аналогты-сандық түрлендіргіштерді тексеруде, сондай-ақ кейбір модуляция әдістерінде пайдалы. Оның сызықты табиғаты кейбір спектралдық сипаттамаларды оңай зерттеуге мүмкіндік береді.



Ара тісті сигнал (пила тәрізді немесе «пилообразный» сигнал) бір бағытта бірқалыпты жоғарылап, кейін тез төмендейтін формаға ие. Мұндай сигналдар жиі осциллографтар мен басқа өлшеу құралдарын калибрлеу үшін қолданылады. Сонымен қатар, теледидар және бейне сигналдарын сканерлеу жүйелерінде, сандық-аналитикалық түрлендіргіштерде және генераторларда кеңінен пайдаланылады.



2. Негізгі түрлері

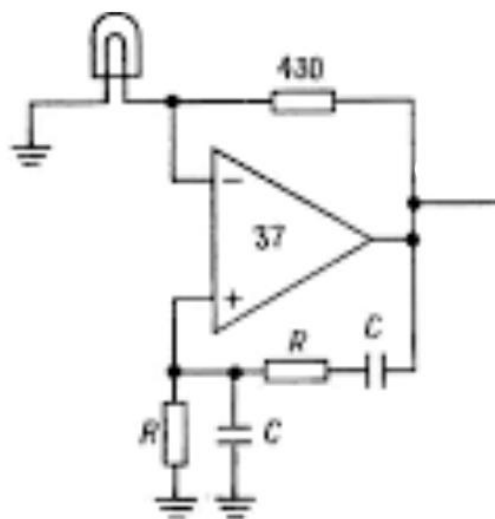
Аналогты сигнал генераторлары бірнеше негізгі түрлерге бөлінеді. Әр генератор түрі нақты бір сигнал формасын өндіруге бағытталған және қолдану аймағына, жиілік диапазонына, тұрақтылығына қарай ерекшеленеді.

Синусоидалық генераторлар – ең көп таралған генератор түрі. Олар уақыт бойынша үздіксіз өзгертін, тұрақты амплитудасы және жиілігі бар синусоидалық сигналдарды өндіреді. Мұндай сигналдар байланыс техникасында, радиожиілік құрылғыларында, спектрлік талдау мен резонанстық құбылыстарды зерттеуде кеңінен қолданылады. Синусоидалық генераторлардың бірнеше негізгі типтері бар:

- ❖ RC-генераторлар (резистор-конденсатор тізбегі негізінде) – төмен жиілікті (әдетте 1 Гц-тен 100 кГц-ке дейін) синусоидалық сигналдар алу үшін пайдаланылады. Бұл генераторлар қарапайым құрылымымен ерекшеленеді, алайда олардың жиілік тұрақтылығы LC немесе кварцты генераторлармен салыстырғанда төменірек болады. Көп жағдайда оқу-зертханалық және дыбыстық жиіліктер диапазонында қолданылады.

- ❖ LC-генераторлар (индуктивтілік пен сыйымдылық негізінде) – орташа және жоғары жиіліктегі (100 кГц-тен бастап бірнеше МГц-ке дейін) сигналдарды өндіруге арналған. LC контуры жиілік таңдау мен тұрақтандыруда үлкен рөл атқарады. Мұндай генераторлар жиі радиотаратқыштарда және жиілік модуляция жүйелерінде қолданылады.

- ❖ Кварцты генераторлар – кварц кристалын қолданатын, өте жоғары жиілік тұрақтылығына ие генераторлар. Бұл генераторлар ұзақ уақыт бойы тұрақты жиілікте жұмыс істеуі қажет болатын құрылғыларда (мысалы, сағаттар, компьютерлер, телекоммуникациялық құрылғылар) қолданылады. Кварцтың резонанстық қасиеттері арқылы өте нақты жиілік беріледі.

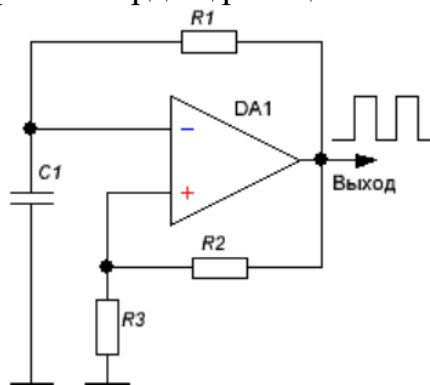


Импульстік генераторлар – уақыт бойынша кенет өзгертін, шектелген ұзақтықтағы сигналдар (импульстер) тудыратын генераторлар. Олардың ең кең таралған формасы – тікбұрышты сигнал.

Мұндай генераторлар келесі сипаттамалармен ерекшеленеді:

- ❖ Жоғары және төмен кернеу деңгейлерінің кезектесуі;
- ❖ Импульс ұзақтығы мен қайталану жиілігін өзгерту мүмкіндігі;
- ❖ Кенет көтерілу және түсу шектері.

Импульстік генераторлар микропроцессорлық техникада, логикалық схемаларды тестілеуде, импульстік режимдегі қуат көздерін басқаруда, және радиоэлектрондық құрылғыларды симуляциялауда жиі қолданылады. Олар қысқа уақыт аралығында құрылғылардың реакциясын зерттеу үшін өте тиімді.



Функционал генераторлар – бұл әртүрлі формадағы сигналдарды (синусоидалық, тікбұрышты, үшбұрышты, ара тісті т.б.) шығара алатын көпфункционалы құралдар. Олардың басты артықшылығы — бір құрылғыда бірнеше типтегі сигналдарды алу мүмкіндігі.

Функционал генераторлардың ерекшеліктері:

- ❖ Шығыс сигналдарының формасын, жиілігін және амплитудасын өзгерте алады;
- ❖ Кейбір үлгілері модуляция (АМ, FM) функцияларын орындай алады;
- ❖ Жиі цифрлық басқарумен жабдықталады, бұл оларды автоматтандырылған жүйелерге қосуға мүмкіндік береді.

Мұндай генераторлар зертханалық жұмыстарда, оқыту процесінде, электронды құрылғыларды сынауда, аудиожүйелерді тексеруде және

сенсорлық құрылғылардың жауаптарын зерттеуде кеңінен қолданылады. Олар инженерлер мен зерттеушілер үшін таптырмас құрал болып саналады.

3. Жұмыс принципі

Аналогты сигнал генераторларының жұмыс принципі тербелістерді өздігінен генерациялауға, оларды күшейтіп, тұрақты күйде сақтауға негізделген. Генератордың сәтті жұмыс істеуі үшін оның құрылымында белгілі бір шарттар орындалуы тиіс. Жалпы алғанда, аналогты генератор үш негізгі функционалдық бөліктен тұрады:

1) Тербеліс генерациялайтын блок

Бұл блок генератордың "жүрегі" болып табылады және қажетті жиіліктегі тербелістерді өндіреді. Ол көбінесе RC (резистор–конденсатор) немесе LC (индуктивтік–конденсаторлық) тербелмелі контур негізінде құрастырылады. Контурдың жиілігі келесі формуламен анықталады:

❖ LC контуры үшін:

$$f=1/(2\pi LC)$$

❖ RC контуры үшін:

$$f=1/(2\pi RC)$$

Бұл контур бастапқыда қысқа уақыт аралығында болатын тербелістерді тудыра алады, бірақ олар табиғи түрде өшіп қалуға бейім. Сондықтан тербелісті ұзақ әрі тұрақты ұстап тұру үшін қосымша элементтер қажет.

2) Күшейткіш (усилитель)

Генераторда пайда болған сигналдың амплитудасы төмен болады, сондықтан күшейткіш каскад осы әлсіз сигналды қажетті деңгейге дейін күшейтеді. Күшейткіш рөлін көбінесе транзистор немесе операциялық күшейткіш (ОК) атқарады. Бұл каскадтың негізгі міндеті — сигналды жоғалтпай, күшейтіп, жүйеде берілген формасын бұзбай сақтау.

Күшейткішсіз генератор жұмыс істей алмайды, себебі кез келген практикалық жүйеде сигнал белгілі бір дәрежеде әлсірейді. Күшейткіш бұл әлсіреуді өтейді.

3) Кері байланыс тізбегі (обратная связь)

Тербелісті өздігінен ұстап тұру үшін генераторда міндетті түрде кері байланыс тізбегі болуы керек. Бұл тізбек арқылы шығыс сигналдың бір бөлігі қайтадан кіріске беріледі. Нәтижесінде жүйеде тұйықталған тербеліс процесі басталады — яғни шығыс пен кіріс арасында өзін-өзі қолдайтын тербеліс циклі пайда болады.

Кері байланыстың фазасы мен амплитудасы жүйенің тұрақты және үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

4. Қолдану салалары

Аналогты сигнал генераторлары ғылымда, өнеркәсіпте және тұрмыстық техникада кеңінен қолданылады. Олардың басты артықшылығы — әртүрлі формадағы сигналдарды дәл әрі тұрақты түрде шығара алуында. Бұл қасиет түрлі жүйелерді сынау, калибрлеу және баптау жұмыстарында аса маңызды. Төменде аналогты генераторлардың негізгі қолдану салаларына тоқталамыз:

1) Осциллографтарды тексеру және калибрлеу

Аналогты генераторлар — осциллографтар сияқты өлшеу аспаптарын тексеру мен калибрлеудің негізгі құралы. Генератор белгілі бір жиілік пен амплитудадағы сигналды береді, ал осциллограф осы сигналды дәл көрсетуі тиіс. Егер көрсетілімде ауытқу болса, бұл осциллографтың дұрыс жұмыс істемейтінін көрсетеді. Осылайша генератор осциллографтың сенімділігі мен дәлдігін қамтамасыз ету үшін қолданылады.

2) Радиожиілік жүйелерін баптау және тестілеу

Синусоидалық генераторлар жоғары жиілікті сигналдарды өндіру арқылы радиожиілік (RF) жүйелерді баптау мен тексеруде маңызды рөл атқарады. Олар радио қабылдағыштар, таратқыштар, антенналар мен күшейткіш тізбектердің жұмысын сынау үшін қолданылады. Жиілігі белгілі сигналды қолдану арқылы жүйенің резонанстық қасиеттері зерттеледі және оңтайлы жұмыс режимдері таңдалады.

3) Аудио жүйелерді сынау

Аналогты генераторлар аудио техника саласында — дыбыс күшейткіштерін, колонкаларды, эквалайзерлер мен микрофондарды тексеруде кеңінен қолданылады. Генератор түрлі жиіліктегі дыбыстық сигналдарды шығарып, дыбыс арнасының бүкіл диапазонында жұмысын бағалауға мүмкіндік береді. Мысалы, төмен жиіліктен жоғары жиілікке дейінгі синусоидалық сигнал арқылы колонканың жауап беру жиілігі өлшенеді.

4) Медициналық құрылғыларда қолдану

Медицинада аналогты генераторлар кейбір құрылғыларды калибрлеу немесе модельдеу үшін қолданылады. Мысалы:

- ❖ ЭКГ аппараттарында жүрек ырғағына ұқсас сигналдарды модельдеу үшін.

- ❖ Ультрадыбыстық (УЗИ) сканерлерде — жоғары жиілікті сигналдарды генерациялау арқылы сынау және реттеу үшін.

Мұндай құрылғылардың жұмыс істеу сенімділігі адам денсаулығына тікелей әсер ететіндіктен, генератор арқылы жасалатын сынақтар өте маңызды.

5) Автоматтандырылған тестілеу жүйелері

Өндірісте аналогты генераторлар автоматтандырылған сынақ стендтерінде (ATE — Automated Test Equipment) жиі қолданылады. Бұл жүйелер электронды платаларды, микросхемаларды немесе түрлі құрылғыларды автоматты түрде тексеруге арналған. Генератор тестілік сигнал береді, ал жүйе жауапты өлшеп, құрылғының дұрыстығын бағалайды. Бұл әдіс көп көлемде өнім шығаратын кәсіпорындар үшін өте тиімді.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

1. Аналогты сигнал генераторы дегеніміз не?
2. Синусоидалық, тікбұрышты, үшбұрышты және ара тісті сигналдардың айырмашылықтары қандай?
3. Генераторлардың негізгі түрлері және олардың қолдану салалары қандай?

4. Тербеліс генерациялайтын блок, күшейткіш және кері байланыс тізбегінің функциясы неде?
5. RC және LC контурларының айырмашылығы неде?
6. Barkhausen критерийі генератордың жұмысында қандай рөл атқарады?
7. Аналогты сигнал генераторлары осциллографтар мен аудио жүйелерде қалай қолданылады?
8. Импульстік және функционал генераторлардың практикалық ерекшеліктері қандай?
9. Генератор арқылы медициналық құрылғыларды тестілеудің маңызы неде?
10. Автоматтандырылған тестілеу жүйелерінде (АТЕ) аналогты генераторлардың рөлі қандай?

Қорытынды:

Аналогты сигнал генераторлары – электроника мен автоматика салаларындағы ең маңызды құралдардың бірі. Олар әртүрлі формалы электрлік сигналдарды (синусоидалық, тікбұрышты, үшбұрышты және ара тісті) дәл және басқарылатын түрде генерациялай алады. Мұндай генераторлар зертханалық өлшеулерде, өндірістік сынақтарда, медициналық құрылғыларды тексеруде және радиожилік жүйелерді баптауда кеңінен қолданылады.

Генераторлардың жұмыс принципі RC немесе LC тербелмелі контур негізінде тербеліс жасау, оны күшейту және кері байланыс арқылы тұрақтандыруға негізделген. Бұл ретте Barkhausen критерийі генерацияның тұрақты болуы үшін маңызды шарт болып табылады.

Аналогты генераторлар – түрлі электрондық жүйелердің сенімділігі мен сапасын бағалау, ақауларды табу, құрылғыларды баптау және оқыту процестерінде таптырмас құрал. Электроника саласын терең меңгеру үшін бұл құрылғылардың құрылымы мен жұмыс істеу қағидаларын түсіну өте маңызд

Әдебиеттер тізімі:

1. Грабовский А.В., Калинин В.Н. "Электронные устройства и схемы: Справочник." — М.: Радио и связь, 2003.
2. Хейл Р. "Основы электроники." — М.: Техносфера, 2010.
3. Железнов В.А. "Электронные генераторы." — М.: Высшая школа, 2002.
4. Левинсон И.И. "Основы радиотехники." — М.: Радио и связь, 2005.
5. Петров В.А. "Электронные схемы и устройства." — М.: Энергия, 1985.
6. Бекер С.М., Поляков В.В. "Цифровая обработка сигналов." — М.: Издательство МГУ, 2008.
7. Зеннер А. "Принципы радиотехники и электроники." — М.: Мир, 1992.
8. Качалкин В.А. "Основы схемотехники." — М.: Высшая школа, 2001.
9. Шереметев М.Е. "Теория и расчет электрических цепей." — М.: Энергия, 1995.
10. Скляров С.В. "Практическая электроника." — СПб: БХВ-Петербург, 2006.