



Аналогты электронды схемалар

ДӘРІСКЕР:

PhD, доцент м.а. Құттыбай Нұржігіт Бақытұлы

Дәріс 11 Аналогты сигналдарды сүзгілер

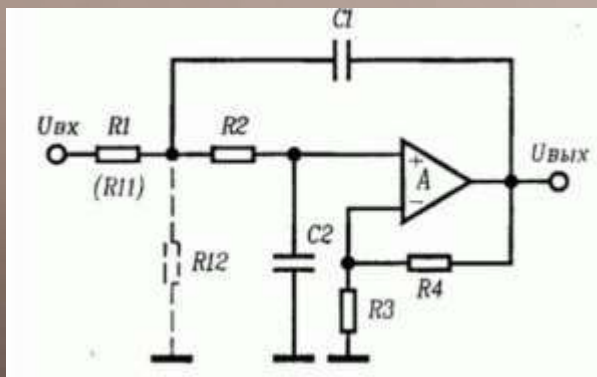
Дәрістің мақсаты: Аналогты сүзгілердің теориялық негіздерімен, түрлерімен, жұмыс істеу принциптерімен және қолдану салаларымен танысу.

Міндеттері: 1. Аналогты сигнал және оның физикалық процестерді бейнелеу рөлін түсіндіру. 2. Сүзгілердің маңыздылығын және қажетсіз сигнал элементтерін жоюдағы рөлін көрсету. 3. Төменгі жиілікті, жоғары жиілікті, жолақты және жолақты бөгейтін сүзгілердің принциптері мен қолдану салаларын талдау. 4. Сүзгілердің сипаттамалары: жиілік жауабы, реттілігі, типтері мен беріліс функциясын түсіндіру. 5. Пассив және актив сүзгілердің құрылымдық ерекшеліктерін, артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсету. 6. Аналогты сүзгілерді аудио, байланыс, өлшеу, медицина және өнеркәсіп салаларында қолдану жолдарын көрсету

Аналогты сүзгілердің түрлері

Аналогты сүзгілер — сигналды жиілік спектрі бойынша өңдеуге арналған құрылғылар. Олар кіріс сигналдан белгілі бір жиіліктегі компоненттерді өткізіп, қалғандарын басу арқылы жұмыс істейді. Мұндай сүзгілердің жұмыс істеу принципі резистор (R), конденсатор (C), индуктивтік катушка (L) секілді пассивті элементтерге, немесе операциялық күшейткіштерге (ОК) негізделеді.

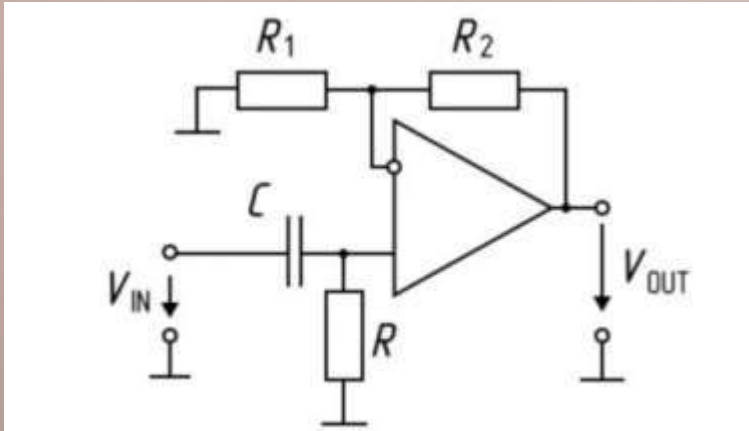
Аналогты сүзгілер жиілікке байланысты келесі төрт негізгі түрге бөлінеді: Бұл сүзгі төмен жиіліктегі сигналдарды еркін өткізеді, ал жоғары жиіліктерді басады. Яғни, ол тек қажет сигналдың баяу өзгеретін бөлігін қалдырып, жылдам өзгеретін шу немесе кедергіні жояды.



Қолданылуы:

- ☐ Аудиожүйелерде: Дыбыстық сигналдан жоғары жиілікті шуды жояды.
- ☐ Аналогты-цифрлық түрлендіргіш (АЦП) алдында: Сигналдың өткір шеттерін тегістейді (антиалиасинг фильтрі).
- ☐ Температура немесе қысым датчиктерінде: Сигналды баяулатып, нақты өлшем мәнін шығарады.

Жоғарғы жиіліктерді өткізеді, ал төменгі жиіліктерді басады. Бұл сүзгі баяу өзгеретін компоненттерді (мысалы, тұрақты тоқты немесе гулді) шектейді.



$$H(s) = sRC / (1 + sRC)$$

$$f_c = 2\pi RC$$

Қолданылуы:

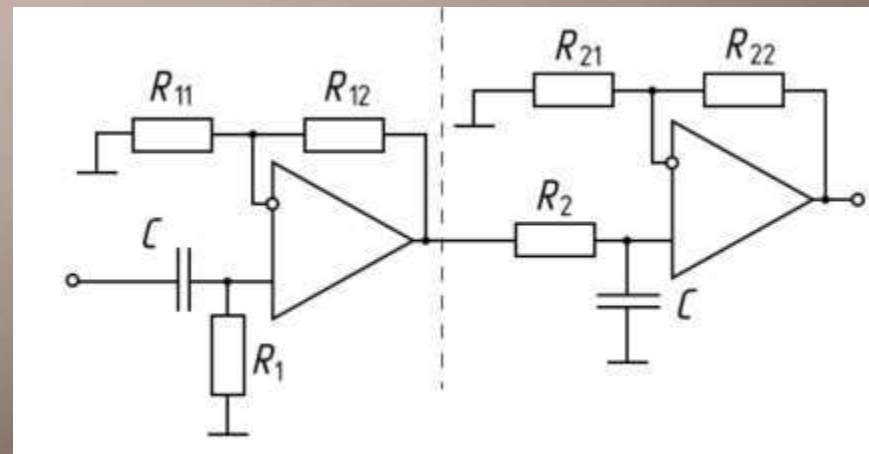
- ☐ Акустикада: Микрофон сигналдарынан төмен жиілікті гул мен шуылдарды алып тастау.
- ☐ Импульстік жүйелерде: Жылдам өзгеретін сигналдарды бөліп алу.
- ☐ ЭКГ жүйелерінде: Жүрек соғысы графигінен негізсіз тербелістерді жою.

Бұл сүзгі тек белгілі бір жиілік аралығындағы сигналдарды өткізеді, ал осы диапазоннан тыс жиіліктерді басып тастайды

Қолданылуы:

- ☐ Радио қабылдағыштарда: Белгілі бір жиіліктегі радиотолқындарды қабылдау.
- ☐ Музыкалық жабдықтарда: Арнайы дыбыс диапазондарын (мысалы, бас, орташа, жоғары дыбыс) бөліп шығару.
- ☐ Сейсмикалық өлшеулер: Белгілі жиіліктегі діріл сигналдарын сүзу

$$H(s) = sRC / (s^2LC + sRC + 1)$$



Белгілі бір тар жиілік диапазонын басып, ал қалған барлық жиіліктерді өткізіп жібереді. Бұл сүзгі ең қажет кезде дәл бір жиілікті ғана басу үшін қолданылады.

Қолданылуы:

- ☐ Желілік қуат сүзгілеу: 50 Гц немесе 60 Гц жиілікті шуылдарды жою (мысалы, медициналық ЭКГ құрылғыларында).
- ☐ Электронды құралдарда: Белгілі бір жиіліктегі гармоникаларды немесе кедергілерді басу.
- ☐ Акустикалық жүйелерде: Жоғары резонансты алып тастау.

$$H(s) = \frac{s^2 + \omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

Аналогты сүзгілердің сипаттамалары

Аналогты сүзгілердің жұмысы тек олардың өткізетін немесе басатын жиілік диапазонына ғана емес, сонымен қатар жиіліктік сипаттамаларға, реттілігіне, және математикалық жобалануының типіне де байланысты. Бұл параметрлер сүзгінің сигналға қалай әсер ететінін – мысалы, амплитуданың әлсіреуін, фазалық бұрмалануды, және өткізу аймағындағы тегістікті анықтайды. Жиілік жауабы — бұл сүзгінің әр түрлі жиіліктегі сигналдарды қалай өңдейтінін сипаттайтын график. Ол амплитудалық және фазалық сипаттамалардан тұрады. Көбіне амплитудалық жауап (gain vs frequency) қарастырылады.

Негізгі бөліктері:

- ☐ Passband (өткізу жолағы)
- ☐ Stopband (басу жолағы)
- ☐ Transition band (ауысу жолағы)
- ☐ Cutoff frequency (f_c)

Аналогты сүзгі элементтері

Аналогты сүзгілердің жұмыс істеуі электрлік компоненттердің өзара әрекеттесуіне негізделген. Бұл элементтер сигналдың жиілігіне байланысты ток пен кернеудің өту жолын өзгертіп, қажетсіз жиіліктерді басады немесе өткізеді.

- 1) Резистор (R) – токқа қарсыласу көрсететін элемент. Жиіліктен тәуелсіз әрекет етеді және сигналдың деңгейін реттеуге көмектеседі.
- 2) Конденсатор (C) – сыйымдылық элементі. Жоғары жиілікті сигналды оңай өткізеді, ал төмен жиіліктерді тежейді. Осы қасиеті сүзгілерде жиілікке байланысты реакция жасау үшін пайдаланылады.
- 3) Индуктивтік катушка (L) – жиілігіне байланысты тоқты тежейтін элемент. Төмен жиілікте аз кедергі көрсетеді, ал жоғары жиілікте үлкен реактивті кедергі тудырады. Бұл оны жоғары жиілікті басу үшін тиімді етеді.
- 4) Операциялық күшейткіш (ОК) – бұл актив элемент, ол кернеуді күшейтіп, сигналдың формасын өзгертпей қажетті сүзу қасиетін қамтамасыз етеді. Актив сүзгілерде жиі қолданылады, себебі ол сыртқы қуат көзінің көмегімен сигналды күшейтуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Аналогты сүзгілер – сигналдарды өңдеуде маңызды рөл атқаратын электрондық құрылғылар. Олар сигналдың қажетсіз жиіліктерін басып, тек қажетті бөлігін өткізуге мүмкіндік береді. Сүзгілердің негізгі сипаттамалары – жиілік жауабы, реттілігі және типі – олардың тиімділігін және қолдану саласына сәйкестігін анықтайды.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар

1. Аналогты сигнал дегеніміз не және оның физикалық процестерді бейнелеудегі рөлі қандай?
2. Төменгі жиілікті және жоғары жиілікті сүзгілердің айырмашылығы неде?
3. Жолақты және жолақты бөгейтін сүзгілердің қолдану салалары қандай?
4. Пассив және актив сүзгілердің негізгі айырмашылығы неде?
5. Сүзгілердің негізгі сипаттамалары: жиілік жауабы, реттілігі және типі қандай маңызға ие?
6. Беріліс функциясы ($H(s)$) және кесетін жиілік (f_c) нені сипаттайды?
7. Butterworth, Chebyshev, Bessel және Elliptic сүзгілерінің ерекшеліктері неде?
8. Аудио жүйелерде сүзгілер қалай қолданылады?
9. Медициналық құрылғыларда (ЭКГ, ЭЭГ) сүзгілердің рөлі қандай?
10. Өндірістік автоматтандыру және өлшеу жүйелерінде аналогты сүзгілерді қолданудың маңыздылығы неде?

Әдебиеттер тізімі

1. Горяев Ю.И., Ключин В.А. Операционные усилители и их применение. — Москва: Радио и связь, 1988.
2. Гутник Л.Е. Электроника: Аналоговые и цифровые устройства. — Санкт-Петербург: Питер, 2012.
3. Седра А., Смит К. Микроэлектронные схемы. — Москва: Вильямс, 2006.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. — Москва: ДМК Пресс, 2017.
5. Трофимов В.А. Электроника. Аналоговые устройства и схемы. — Москва: Академия, 2010.
6. Franco S. Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits. — McGraw-Hill, 2002.
7. National Semiconductor. Application Note 31: Op Amp Circuit Collection. — Texas Instruments, 2002.
8. Sedra A.S., Smith K.C. Microelectronic Circuits. — Oxford University Press, 2015.