

4-BOB. TIZIMLARNI TA'RIFLASH VA TAHLIL QILISH

4.1. Umumiy tushunchalar

O'quv qo'llanmaning dastlabki bobida signallar va tizimlar haqidagi tushunchalarga ega bo'ldik. Tizimlarni tahlil qilish mutaxassis – muhandislarning asosiy vazifasi hisoblanadi. Muhandislar jamiyat uchun biron-bir foydali buyum (ashyo)ni yaratishda dunyoviy bilimlarni qo'llagan holda matematik nazariyadan foydalanishadi. Ushbu muhandislar tomonidan yaratilayotgan buyumning loyihasi tizimga misol bo'ladi, ammo tizimga ta'rif berishda kengroq tushunchani nazarda tutish kerak. Tizim atamasi juda keng ma'noga ega.

Tizimni ifodalashning bir usuli bu uning qandaydir funksiyani bajarishi, yoki boshqa bir usuli unga ta'sir etganimizda javob qaytarishini misol sifatida keltirish mumkin. Tizim bir necha turda bo'lishi mumkin, ya'ni elektrik tizim, mexanik tizim, biologik tizim, kompyuter tizimi, iqtisodiy tizim, siyosiy tizim va boshqalar. Muhandislar tomonidan yaratilgan tizimlar sun'iy tizimlar hisoblanadi, tabiiy jarayonlar (hodisalar) natijasida, ya'ni vaqt o'tishi bilan rivojlanib borish va sivilizasiya natijasida yuzaga keladigan tizimlar tabiiy tizimlar hisoblanadi. Ayrim tizimlar matematik nuqtai nazardan to'la aniqlanib, tahlil qilinishi mumkin, boshqa bir tizimlarni matematik nuqtai nazardan tahlil qilish juda murakkab hisoblanadi. Ba'zi bir tizimlarni esa ularning xarakteristikalarini o'lchashdagi qiyinchilik tufayli yaxshi o'rganish imkoniyati bo'lmaydi. Ishlab chiqish, yaratish nuqtai nazaridan olganda tizim atamasi qo'llanilganda ma'lum bir signallar qo'llaniladigan va ushbu signallarga javob qaytaruvchi sun'iy tizim ko'zda tutiladi.

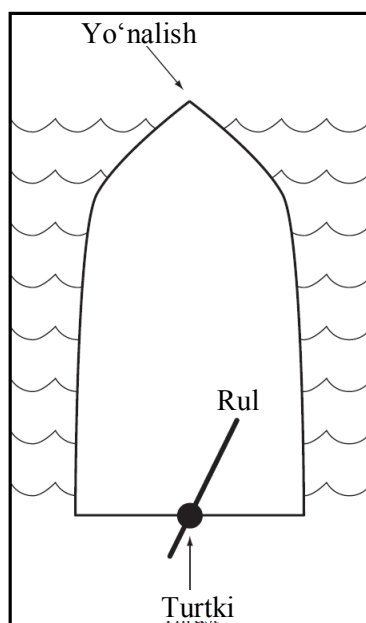
Ko'plab tizimlar juda qadim zamonlarda hunarmandlar tomonidan yaratilgan bo'lib, kuzatishlar va tajribalar asosida, sodda matematik jarayonlardan foydalanib, vaqt o'tishi bilan tizimlarni takomillashtirib borganlar. Hunarmandlar va muhandislar tomonidan yaratilgan tizimlarning asosiy farqi muhandislar tomonidan yaratilgan tizimlarni ifodalash, ularni hisob-kitobi va tahlil etishda matematikadan chuqurroq (kengroq) foydalanishidir.

4.2. Uzlüksiz vaqt tizimlari

4.2.1. Uzlüksiz vaqt tizimlarini modellashtirish

Signallar va tizimlarni tahlil qilishdagi asosiy jarayonlardan biri tizimni modellashtirish – matematik ifodalash; mantiqiy yoki grafik ko‘rinishda ifodalash hisoblanadi. Tizimning iloji boricha barcha xususiyatlarini tavsiflovchi hamda nisbatan sodda foydalanishga ega model eng maqbul (yaxshi) model hisoblanadi.

Umuman tizimlar tahlili deganda, bir yoki bir nechta kirish signali orqali tizimga ta’sir etilganda uning bir yoki bir nechta chiqish signali orqali javob reaksiyasini tahlil qilish tushuniladi. Tizimning harakatga kelishi uning harakatga kelishiga sabab bo‘luvchi energiyani qabul qilganligidan dalolat beradi. Misol sifatida inson tomonidan boshqarilayotgan, harakatga keltiruvchi dvigatelga ega qayiqni tizim deb hisoblasak, qayiq parrakining harakati natijasida yuzaga keladigan silkinish, boshqaruvchi inson holati va to‘lqinlarning harakati ta’sir etuvchi kuch (kirish signali) bo‘lsa, uning harakat yo‘nalishi va tezligi ta’sir etuvchi kuchga javob reaksiyasi, ya’ni chiqish signali bo‘ladi (4.1-rasm).



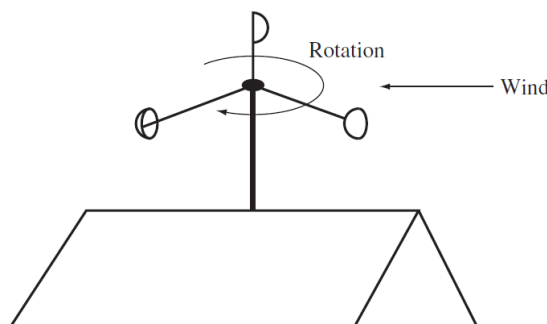
4.1-rasm. *Qayiqning sodda chizmasi*

E’tibor qaratishimiz kerak bo‘lgan bir jihat bu, yuqoridagi holatdagi qayiqning aks ta’siri: harakat yo‘nalishi va tezligidan tashqari

yana boshqa bir qator javob reaksiyalari ham bo'lishi mumkin. Haqiqatda ham har bir tizimning kirish signaliga bir qancha aks ta'sirlari mavjud bo'ladi, ulardan ayrimlari muhim aks ta'sirlar bo'lsa, yana bir qanchasi uncha muhim bo'lmagan aks ta'sir hisoblanadi. Masalan yuqorida keltirilgan misolda, ya'ni qayiqning harakat yo'nalishi va tezligi uning muhim aks ta'sirlari bo'lsa, qayiqning tebranishi (titrashi), qayiqning orqasida qoladigan suv hosil qiluvchi tovush, qayiqning tebranishi kabi bir qator aks ta'sirlar uncha muhim bo'lmagan aks ta'sirlar hisoblanadi va ushbu uncha muhim bo'lmagan aks ta'sirlarni tizimni amaliy tahlil etish jarayonida e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Xonadagi kondisioner (sovutkich) ning o'rnatilgan harorat qiymati va xonadagi harorat ushbu tizimning kirish signali hisoblansa, xonadagi haroratni o'rnatilgan haroratga yetkazish uchun issiq yoki sovuq havo haydashi tizimning javobi (chiqish signali) hisoblanadi.

Bir qancha o'lchov asboblari tizimi bitta kirish va bitta chiqishli tizimlar hisoblanadi. Ular o'lchanuvchi fizik hodisalarga ta'sirlanadi va ushbu hodisaga reaksiyasi asbobning ko'rsatkichi hisoblanadi. Bunga eng yaxshi misol bu kosachali anemometrdir (anemometr – havo va gaz oqimi tezligini o'lchaydigan asbob). Anemometrda shamol ta'sir qilganda uning aylanish tezligi anemometrning javob reaksiyasi bo'ladi (4.2-rasm).



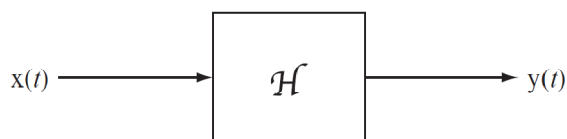
4.2-rasm. Kosachali anemometr

Biz ko'pincha tizim deb hisoblamaydigan ko'prik ham tizimga misol bo'la oladi. Bir qarashda ko'prik har qanday ta'sir etuvchiga aks ta'sir ko'rsatmaydi deb hisoblash mumkin, ammo ushbu ko'prikka bir qancha ta'sir etuvchi kuchlar mavjud. AQShdagi bir ko'prik juda qattiq shamol oqibatida qulab tushganligi bir misol bo'lib, bundan kelib chiqadigan xulosa har qanday tizimni keng tahlil etish lozimligi hisoblanadi. Shundagina yuqoridagiga o'xshash falokatlarga duchor bo'lmalik mumkin.

Tabiatdagi har bir biologik hujayra – juda murakkab tizimdir. Inson tanasi – juda ko‘plab hujayralarga ega tizim bo‘lib, tasavvur qilib bo‘lmaydigan darajadagi tizim hisoblanadi. Ammo ma’lum bir sharoitda nisbatan soddaroq shaklda, ayrim bir holatlar uchun ushbu tizimni ham modellashtirish mumkin.

Blok-sxema

Tizimlarni tahlil qilishda tizimlarni blok-sxemalar sifatida ifodalash ancha qulayliklar tug‘diradi. 4.3-rasmda bitta kirishli va bitta chiqishli tizim tasvirlangan. Kirish signali $x(t)$ operator \mathcal{H} yordamida chiqish signali $y(t)$ ga o‘zgartiriladi, bunda operator \mathcal{H} zarur bo‘lgan har qanday operatsiya (amal) ni bajaradi deb tasavvur qilinadi.

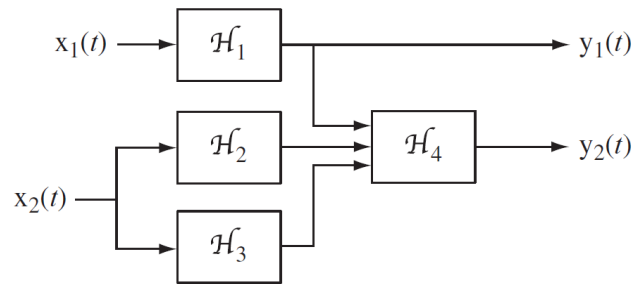


4.3-rasm. *Bitta kirishli va bitta chiqishli tizim*

Ko‘pincha tizimlarni ifodalash va tahlil qilishda tizimlarni bloklardan iborat tarkibiy qismlar (komponent) kombinatsiyasi shaklida tasavvur qilinadi. Komponent qandaydir ma’noda standart bo‘lgan va xossalari avvaldan ma’lum bo‘lgan nisbatan sodda kichik bir tizim hisoblanadi. Sxema ishlab chiqaruvchilari uchun qarshilik, kondensator, induktor, operatsion kuchaytirgich va h.k. lar komponentlar hisoblansa, quvvat kuchaytirgichlari, analog-raqam o‘zgartirgichlari, modulyatorlar, filtrlar va h.k. lar esa tizimlar hisoblanadi. Aloqa tizimi uchun kuchaytirgich, modulyator, filtr va antennalar komponentlar sifatida qaralsa, mikroto‘lqinli aloqa liniyalari, optik aloqa liniyalari, markaziy telefon stansiyalari esa tizim sifatida qoraladi. Avtomashinaga nisbatan esa g‘ildiraklar, bamper, o‘rindiqlar komponent hisoblansa, avtomashinaning o‘zi esa tizim deb tasavvur qilinadi. Tijorat aviakemalari, telefon tarmoqlari, elektrostansiyalar kabi ulkan, murakkab tizimlarda komponentlar va tizimlarning ko‘p darajali iyerarxiyalaridan foydalaniladi.

Tizimdagi barcha komponentlarning matematik ifodalari va ularning tavsiflanishini hamda ushbu komponentlarning bir-biri bilan aloqasini bilgan holda, muhandis matematika nuqtai nazardan tizimning qanday ishlashini uni yaratmasdan va tajribada sinab ko‘rmasdan turib

ham ayta oladi. 4.4-rasmda bir nechta komponentlardan tashkil topgan tizimning sxematik tasvirlanishi keltirilgan.

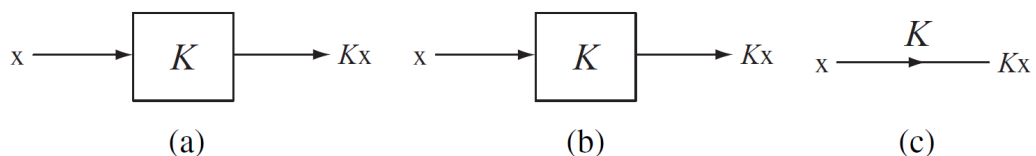


4.4-rasm. *Ikkita kirish va ikkita chiqishli bir-biriga bog'langan to'rtta komponentdan tashkil topgan tizim*

Ushbu blok-sxemada har bir kirish signali istalgan raqamli blok orqali o'tishi va har bir blok chiqishidagi signal istalgan raqamli blok kirishiga berilishi mumkin. Ushbu signallarga keyingi qo'shimcha ulanadigan bloklar ta'sir ko'rsatmaydi.

Tizimning blok-sxemasini tasvirlashda bir qancha amallar turi tez-tez takrorlanadi, shu sababli ular grafik simvollariga ega xususiy blok-diagrammalar orqali belgilanadi, masalan – kuchaytirgich, summator (jamlagich) va integrator.

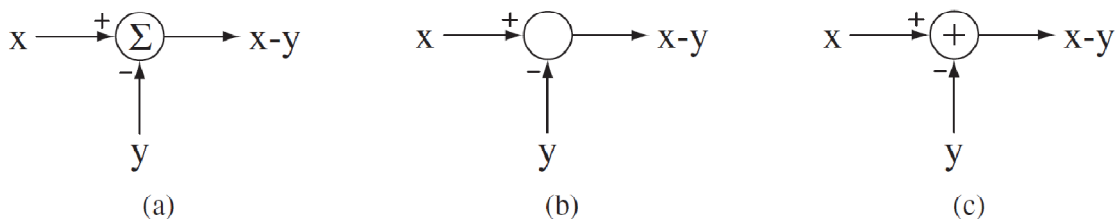
Kuchaytirgich kirish signalini o'zgarmas qiymat – konstantaga ko'paytirish vazifasini bajaradi. Kuchaytirish vazifasini bajaruvchi belgini mualliflar turli adabiyotlarda turlicha ifodalashadi. Nisbatan kengroq foydalaniladigan shakllari 4.5-rasmda keltirilgan. Bundan keyin kuchaytirgichni belgilashda biz 4.5c-rasmda keltirilgan shakldan foydalanamiz.



4.5-rasm. *Blok-sxemada kuchaytirgich tasvirlanishining uchta shakli*

Summator (jamlagich) kirishiga berilgan bir nechta signalni yig'ib chiqishida bitta signal ko'rinishida amalga oshiruvchi element hisoblanadi. Ayrim kirish signallari oldindan qarama-qarshisiga aylantirilishi mumkin va natijada summator chiqishidagi signal ushbu

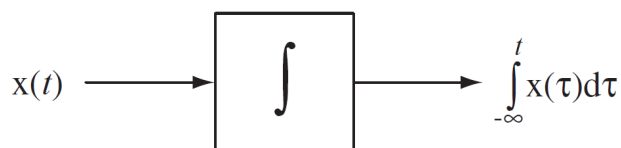
signallarning ayirmasi shaklida bo'lishi ham mumkin. 4.6-rasmda summator belgilanishining bir nechta shakllari keltirilgan.



4.6-rasm. Blok-sxemada summator tasvirlanishining uchta shakli

Bundan keyin matnda summatorni belgilashda biz 4.6c-rasmda keltirilgan shakldan foydalanamiz. Agar summatorning kirish qismlarida plyus yoki minus belgilari ko'rsatilmagan bo'lsa, u holda plyus belgisi, ya'ni qo'shish amali qo'llaniladi.

4.7-rasmda integratorning belgilanishi keltirilgan bo'lib, kirishiga berilgan signalning integralini hisoblash amalini bajaradi.



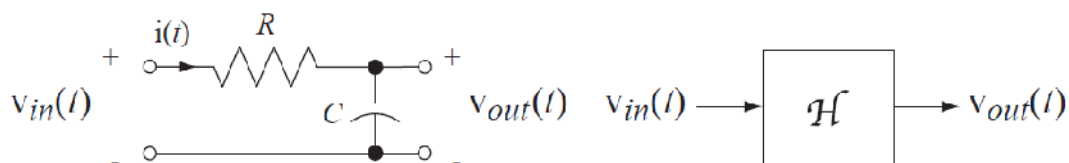
4.7-rasm. Blok-sxemada integratorning grafik tasvirlanishi

Yuqoridagilardan tashqari signallarga raqamli ishlov berishda foydalaniladigan yana boshqa turdagi komponentlar ham mavjud. U yoki bu sohada bir qator amallarni bajaruvchi belgilanishlar mavjud bo'lib, bular o'sha soha uchun kerakli amallarni bajarishga mo'ljallangan bo'ladi. Masalan, optik aloqa tizimlarida lazer, yorug'lik bo'lgichlar, qutblovchi, linza va ko'zgular simvollar hisoblanadi.

Signallar va tizimlar nazariyasida asosan ikkita: yopiq konturlar va teskari bog'lanishli tizimlar bir-biridan farqlanadi. Kirish signaliga bevosita javob qaytaruvchi (ta'sir ko'rsatuvchi) tizimlar yopiq tizimlar deb yuritiladi. Teskari bog'lanishli tizimlar ham kirish signaliga ta'sir ko'rsatuvchi va shu bilan birga chiqish signalining "orqaga" kirish signaliga ta'sirini amalga oshirib, tizimning talablarini qanoatlantirishni yaxshilaydi. Har qanday o'lchovchi asbob yopiq tizimga misol bo'la oladi, ya'ni ushbu o'lchov asbobining ko'rsatkichi uning kirishidagi ta'sirga javob reaksiyasi hisoblanadi.

4.2.2. Uzlüksiz vaqt tizimlarining xossalari

Bir muncha murakkab, umumlashtirilgan tizimlarning xususiyatlari to'g'risida tasavvurga ega bo'lish uchun nisbatan soddaroq bo'lgan tizim xususiyatlarini ko'rib chiqamiz. Ushbu tizim elektr muhandislariga tanish bo'lgan elektrik tizim hisoblanadi. Keng tarqalgan bitta kirish va bitta chiqishga ega bo'lgan RC past chastotalar filtri 4.8-rasmda keltirilgan.

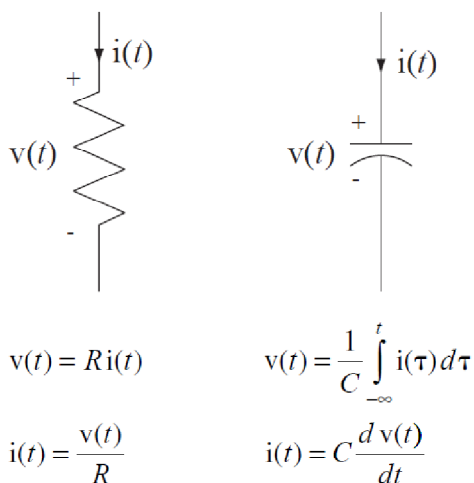


4.8-rasm. Bitta kirish va bitta chiqishga ega bo'lgan RC past chastotalar filtri

Ushbu filtrning past chastotalar filtri deb atalishiga sabab, kirishiga berilgan signalning yuqori chastotali spektr tashkil etuvchilariga qaraganda past chastotali spektr tashkil etuvchilariga ta'sirchanligi yuqori bo'lganligidir, ya'ni kirish signalining past chastotali spektr tashkil etuvchilarini ajratishidir. Yanada soddaroq tushuntiradigan bo'lsak, past chastotalarni "o'tkazadi", yuqori chastotalarni esa "o'tkazmaydi". Keng tarqalgan boshqa bir filtrlar: yuqori chastotalar filtri, polosa filtri va to'suvchi (berkituvchi, rejektorli) filtrlardir. Yuqori chastotalar filtri kirish signalining yuqori chastotali spektr tashkil etuvchilarini o'tkazib, past chastotali tashkil etuvchilarini o'tkazmaydi. Polosa filtrlari esa muayyan polosadagi spektr tashkil etuvchilarini o'tkazib, ushbu polosadan tashqaridagi spektr tashkil etuvchilarini o'tkazmaydi. To'suvchi filtrlar muayyan polosadagi spektr tashkil etuvchilarini o'tkazmaydi va ushbu polosadan tashqaridagi spektr tashkil etuvchilarni o'tkazadi. To'suvchi filtrlar yaqin joydagi kuchli radiostansiyalardan radioqabul qilish xalaqitlarini kuchsizlantirish, teleko'rsatuv dasturlarini olib borishda tovush chastotalarini bostirish uchun qo'llaniladi. Keyingi boblarimizda filtrlar to'g'risida kengroq to'xtalamiz.

RC past chastotalar filtri kirishiga $v_{kir}(t)$ kuchlanish berilsa, filtr ushbu kuchlanishga ta'sirlanib, uning chiqishida $v_{chiq}(t)$ kuchlanish hosil bo'ladi. Kirish signali sxemaning chap qismidagi juft qisqichlarga

ta'sir etadi, chiqish signali esa sxemaning o'ng tomonidagi juft qisqichlarda hosil bo'ladi (4.8-rasm). Ushbu tizim ikkita komponent: rezistor va kondensatordan iborat bo'lib, muhandis-elektriklarga juda yaxshi tanish. Rezistor va kondensator orqali o'tayotgan kuchlanish va tok orasidagi bog'liqlikni 4.9-rasmda keltirilgan grafik orqali tushuntirish mumkin.



4.9-rasm. Rezistor va kondensator orqali o'tayotgan kuchlanish va tok orasidagi bog'liqlik

Kirxgoff qonuni asosida quyidagi differensial tenglamani keltirishimiz mumkin:

$$\underbrace{RC v'_{chiq}(t)}_{= i(t)} + v_{chiq}(t) = v_{kir}(t). \quad (4.1)$$

Ushbu differensial tenglamaning yechimi gomogen (bir jinsli; tarkibi, kelib chiqishi jihatidan bir xil) va xususiy yechimlar yig'indisidan iborat. Gomogen yechimi quyidagicha $v_{chiq,h}(t) = K_h e^{-t/RC}$ bo'lib, bunda K_h hozircha noma'lum. Tenglamaning xususiy yechimi esa kirish signali $v_{kir}(t)$ ga bog'liq. Faraz qilaylik, kirish kuchlanishi $v_{kir}(t)$ ning qiymati o'zgarmas – qandaydir konstantaga teng bo'lsin. Kirish kuchlanishining qiymati doimiy bo'lsa, u holda xususiy yechim $v_{chiq,p}(t) = K_p$ ham o'zgarmas qiymat bo'ladi. Differensial tenglamaga ushuni qo'yib, $K_p = A$ deb belgilasak, tenglamaning to'liq yechimi quyidagicha bo'ladi:

$$v_{chiq}(t) = v_{chiq,h}(t) + v_{chiq,p}(t) = K_h e^{-t/RC} + A. \quad (4.2)$$

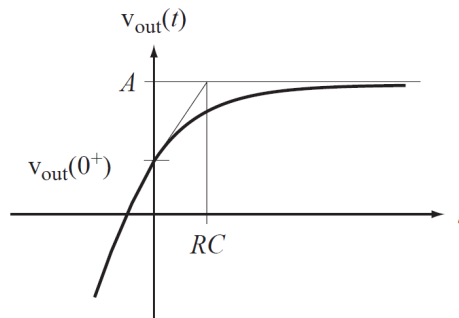
K_h doimiy qiymatni istalgan aniq bir vaqtdagi chiqish kuchlanishini bilish orqali topish mumkin. Faraz qilaylik, $t = 0$ vaqtda kondensator orqali o'tayotgan $v_{chiq}(0)$ kuchlanishining qiymatini bilamiz. Demak

$$v_{chiq}(0) = K_h + A \Rightarrow K_h = v_{chiq}(0) - A$$

va chiqish kuchlanishini quyidagicha yozish mumkin

$$v_{chiq}(t) = v_{chiq}(0)e^{-t/RC} + A(1 - e^{-t/RC}). \quad (4.3)$$

Ushbu chiqish kuchlanishining vaqtga bog'liqlik grafigi 4.10-rasmda keltirilgan.



4.10-rasm. *RC past chastota filtring doimiy kuchlanishga ta'siri*

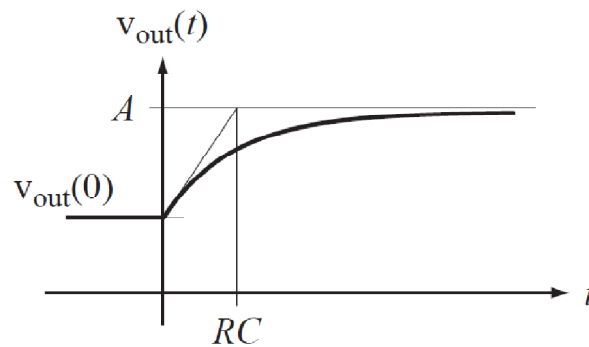
Kondensatorga ma'lum qiymatdagi boshlang'ich kuchlanish kiritilgan va u $t = 0$ vaqtgacha saqlanib qoladi. Keyin esa $t = 0$ vaqtdan boshlab qiymati A ga teng kuchlanish ta'sir etadi va natijada ushbu vaqtdan boshlab tizimni tahlil qilish mumkin. Va bu tahlil ta'sir etish vaqtidan boshlab u davom etadigan vaqtgacha bo'lgan diapazonda amalga oshiriladi,

$$v_{chiq}(t) = v_{chiq}(0)e^{-t/RC} + A(1 - e^{-t/RC}), \quad t \geq 0$$

va buni 4.11-rasmda keltirilgan grafik orqali ifodalash mumkin.

Ko'pgina uzluksiz tizimlarni yuqoridagi RC past chastota filtringni differensial tenglama orqali modellashtirganimizdek modellashtirishimiz mumkin. Bu turli elektrik, mexanik, ximik, optik va

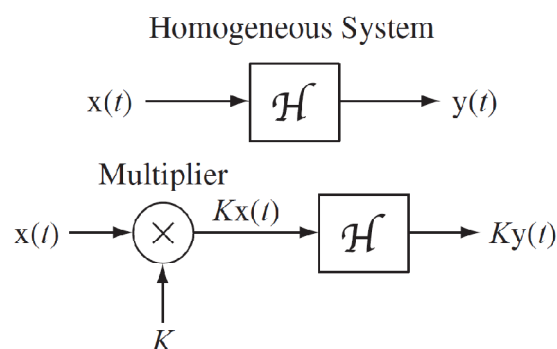
boshqa tur tizimlar uchun ham taalluqli. Shunday qilib, signallar va tizimlarni tadqiq qilish keng ma'noda juda muhim hisoblanadi.



4.11-rasm. *RC past chastota filtrining boshlang'ich va $t = 0$ dan boshlab doimiy kuchlanishga ta'siri*

Bir jinslilik (gomogenlik)

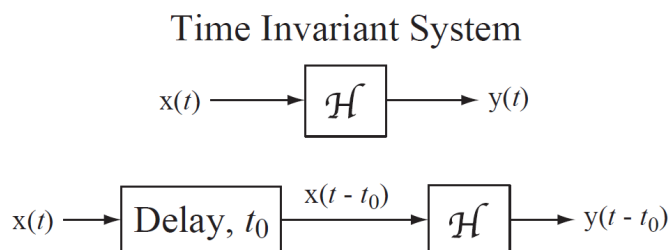
Agar RC past chastota filtrining kirish signalini ikki marta $v_{kir}(t) = 2Au(t)$ kattalashtirsak, filtr boshlang'ich holatining javobi ham ikki marta kattalashadi $v_{chiq}(t) = 2A(1 - e^{-t/RC})$. Agar kirish signalini qandaydir o'zgarmas qiymatga – doimiy kattalikka ko'paytirsak, boshlang'ich holati chiqishidagi signal ham ushbu doimiy kattalikka ko'paytirilgan bo'ladi. Tizimlarning ushbu xossasi tizimning bir jinsliliği (gomogenligi) deb ataladi. Ya'ni bir jinsli tizimlarda kirish signalining har qanday doimiy kattalik – konstantaga ko'paytmasi uning chiqishidagi signalning ham ushbu konstantaga ko'paytirilishiga olib keladi. Bir jinslilik xususiyatini ko'rsatuvchi blok-diagramma 4.12-rasmda tasvirlangan.



4.12-rasm. *Bir jinsli tizimlarning blok-sxemasi*

Vaqt bo'yicha invariantlilik

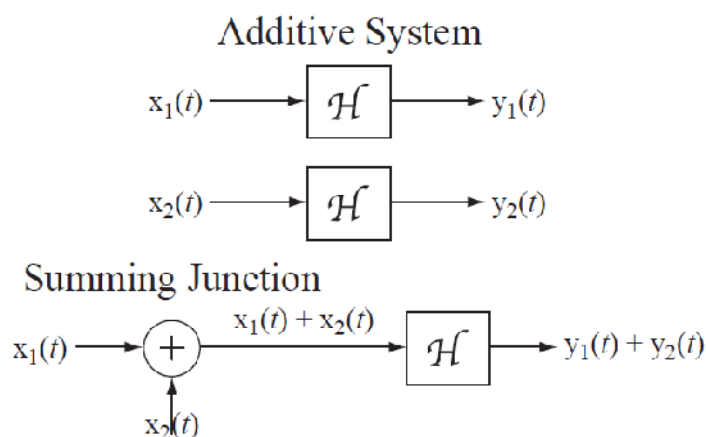
Agar tizim dastlab boshlang'ich holatida, ya'ni kirish signali $x(t)$ ga ta'sir reaksiyasi $y(t)$ bo'lsa, t_0 vaqtga kechiktirilgan kirish signali $x(t - t_0)$ ga ta'sir reaksiyasi $y(t - t_0)$ ga teng bo'lsa, bunday tizimlar invariant (vaqt bo'yicha ko'rsatkichlari o'zgarmas) tizimlar deb ataladi. 4.13-rasmda vaqt bo'yicha invariant tizimning tasvirlanishi keltirilgan.



4.13-rasm. *Vaqt bo'yicha invariant tizimni tasvirlovchi blok-sxema*

Additivlik

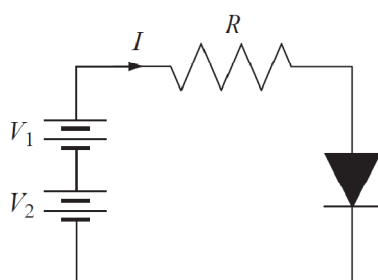
Agar tizimning kirishiga berilgan ixtiyoriy x_1 ga javob reaksiyasi y_1 hamda ixtiyoriy x_2 ga javob reaksiyasi y_2 bo'lib, ularning yig'indisi $x_1 + x_2$ ga javob reaksiyasi $y_1 + y_2$ ga teng bo'lsa, bunday tizimlar additiv tizimlar deb ataladi. 4.14-rasmda additiv tizimni tasvirlovchi blok-sxema keltirilgan.



4.14-rasm. *Additiv tizimni tasvirlovchi blok-sxema*

Keng tarqalgan additiv bo'lmagan tizimga misol sifatida 4.15-rasmda tasvirlangan diodli sxemani keltirish mumkin. Kirish signali manbaini ikkita ketma-ket ulangan doimiy kuchlanish manbalaridan iborat deb hisoblasak, har bir alohida doimiy kuchlanish manbai signallari V_1 va V_2 bo'lsa, ularning yig'indi signali $V = V_1 + V_2$ ga teng

bo‘ladi. Ushbu yig‘indi kuchlanishga tizimning javob reaksiyasi I ga teng deb belgilaymiz. Har bir alohida kirish kuchlanishiga (V_1 va V_2) tizimning alohida javob reaksiyasi I_1 va I_2 ga teng bo‘ladi deb faraz qilamiz. Endi tasavvur qilamiz, $V_1 > 0$ va $V_2 = -V_1$ bo‘lsin. Alohida kirish kuchlanishi V_1 ga tizimning javob reaksiyasi I_1 ga tengligini bilamiz, u holda alohida kirish kuchlanishi V_2 ga tizimning javob reaksiyasi juda kichkina (taxminan nol atrofida) bo‘ladi. Yig‘indi kirish kuchlanishi $V_1 + V_2$ ga tizimning javob reaksiyasi I nolga teng bo‘ladi, ammo alohida kirish kuchlanishlariga (V_1 va V_2) tizimning javob reaksiyasi nolga teng emas, taxminan I_1 ga teng bo‘ladi. Shunday qilib, ushbu tizim additiv tizim hisoblanmaydi.



4.15-rasm. *Diodli sxema*

Chiziqlilik va superpozitsiya

Har qanday ham gomogen ham additiv tizimlar chiziqli tizimlar deb ataladi. Chiziqli tizim kirishiga berilgan $x_1(t)$ ga uning javob reaksiyasi $y_1(t)$, va $x_2(t)$ ga javob reaksiyasi $y_2(t)$ bo‘lsa, u holda $x(t) = \alpha x_1(t) + \beta x_2(t)$ ta’sir etuvchiga tizimning javob reaksiyasi $y(t) = \alpha y_1(t) + \beta y_2(t)$ bo‘ladi. Chiziqli tizimlarning ushbu xossasi superpozitsiya prinsipi deb ataladi.

Superpozitsiya prinsipi yordamida tizimning ixtiyoriy kirish signaliga javob reaksiyasini topish uchun ushbu kirish signalini bir nechta nisbatan soddaroq bo‘lgan signallarga ajratib (ularning yig‘indisi kirish signalidan iborat bo‘lgan), har bir alohida sodda kirish signaliga tizimning javob reaksiyasini bilgan holda va ularning yig‘indisini jamlagan holda amalga oshirish mumkin. Bunda biz “ajratish va g‘alaba qilish” yondoshuvidan foydalanamiz, ya’ni bitta ulkan va murakkab muammoni yechish uchun uni bir nechta kichik va sodda muammolarga ajratgan holda yechishni amalga oshiramiz. Bitta kichik, sodda muammoni yechganimizdan so‘ng, keyingi kichik, sodda muammoni yechish qiyinchilik tug‘dirmaydi, chunki ikkinchi kichik va sodda

muammoni yechish oldingi sodda muammoni yechish jarayoni kabi amalga oshiriladi.

Tizimlarni tahlil qilishda chiziqlilik va superpozisiya prinsipi juda ko'p holatlarda ko'plab muammolarni yechishda asosiy o'rinlarni egallaydi. Nochiziqli tizimlarni tahlil qilish chiziqli tizimlarni tahlil qilishga nisbatan bir muncha murakkab, chunki nochiziqli tizimlar superpozisiya prinsipiga bo'ysunmaydi.

Vaqtga bog'liq bo'lmagan chiziqli tizimlar

Tizimlarni amaliy loyihalash nuqtai nazaridan nisbatan keng tarqalgan tizimlardan yana biri, vaqtga bog'liq bo'lmagan chiziqli tizimlardir. Agar tizim chiziqli bo'lsa va vaqtga bog'liq bo'lmasa, bunday tizimlar vaqtga bog'liq bo'lmagan chiziqli tizimlar deb ataladi.

Vaqtga bog'liq bo'lmagan chiziqli tizimlarda $x_1(t)$ kirishga $y_1(t)$ javob reaksiyasi va $x_2(t)$ kirishga $y_2(t)$ javob reaksiyasi sodir bo'lsa, chiziqlilik xossasiga ko'ra $\alpha x_1(t) + \beta x_2(t)$ ta'sir etuvchiga tizimning javob reaksiyasi $\alpha y_1(t) + \beta y_2(t)$ ga teng bo'ladi. Bunda α va β konstantalar har qanday son bo'lishi, shu jumladan kompleks son bo'lishi ham mumkin. Faraz qilamiz, $\alpha = 1$ va $\beta = j$ bo'lsa, $x_1(t) + jx_2(t)$ kirishga tizimning javob reaksiyasi $y_1(t) + jy_2(t)$ bo'ladi. Biz bilamizki, tizim $x_1(t)$ kirishga $y_1(t)$ javob reaksiyasi va $x_2(t)$ kirishga $y_2(t)$ javob reaksiyasiga ega bo'lib, bundan quyidagi umumiy xulosaga kelishimiz mumkin.

Vaqtga bog'liq bo'lmagan chiziqli tizimlarda tizimning javob reaksiyasi kompleks qiymat bo'lsa, uning haqiqiy qismi kirish ta'sirining haqiqiy qismiga javob reaksiyasi va mavhum qismi esa kirish ta'sirining mavhum qismiga javob reaksiyasi hisoblanadi.

Barqarorlik

Misol sifatida, RC past chastota filtrining kirishiga kuchlanishning qiymati cheklangan signal, ya'ni uning absolyut qiymati ma'lum bir qiymatdan oshmaydigan $|x(t)| < B$ (t ning barcha qiymatlari uchun) bo'lgan signal berilgan. Ushbu cheklangan kirish signaliga RC past chastota filtrining javob reaksiyasi ham cheklangan signal hisoblanadi.

Har qanday cheklangan kirish signaliga cheklangan chiqish signali orqali javob qaytaruvchi har qanday tizim "cheklangan kirish – cheklangan chiqish" tizimi, ya'ni barqaror tizim deb ataladi.

Differensial tenglama orqali ifodalangan vaqtga bog‘liq bo‘lmagan uzluksiz chiziqli tizimlarda xususiy yechimining haqiqiy qismi noldan katta yoki nolga teng bo‘lsa, bunday tizim nobarqaror tizim deb ataladi.

Barqarorlikni amaliy jihatdan tahlil qilish jarayonida qiziqarli holat yuzaga keladi. Har qanday amaliyotda qo‘llaniladigan tizim cheklanmagan javob reaksiyasiga ega bo‘lmaydi, ya’ni qo‘pol ravishda har qanday tizim barqaror tizim hisoblanadi.

Bog‘liqlik (bog‘langanlik)

Tizimlarni tahlil qilishda biz shu vaqtgacha tizimning javob reaksiyasi unga ko‘rsatilayotgan ta’sir vaqti davomida yoki ta’sir etish tugagandan so‘ng yuzaga kelishini kuzatdik. Bu aniq va tabiiy holat hisoblanadi. Axir qanday qilib tizim unga ta’sir ko‘rsatilmasidan oldin javob reaksiyasi qaytarishi mumkin. Bu mantiqan qaralganda haqiqatga mos, chunki biz moddiy dunyoda yashaymiz va bunda real fizik tizimlar faqatgina ularga ta’sir ko‘rsatilayotgan vaqtda va ta’sir to‘xtagandan keyingina javob reaksiyasini yuzaga keltiradi. Ammo, shunday tizimlar borki ular ta’sir ko‘rsatilmasidan oldin javob reaksiyasini yuzaga keltirishi mumkin, masalan ideal filtrlar. Aslida bunday tizimlarni yaratish mumkin emas.

Javob reaksiyasi unga ko‘rsatilayotgan ta’sir vaqti davomida yoki ta’sir etish tugagandan so‘ng yuzaga keladigan har qanday tizim bog‘langan tizim deb ataladi.

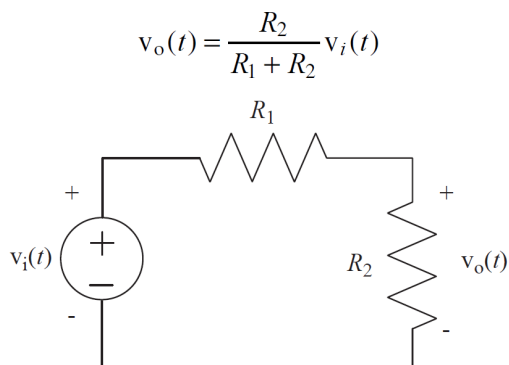
Barcha fizik tizimlar bog‘langan tizimlar hisoblanadi, chunki ular kelajakni tadqiq qilib, ta’sir etilishidan oldin javob reaksiyasini qaytarmaydi.

Xotira

Biz ko‘rib chiqqan tizimlarning javob reaksiyasi joriy kirish va oldingi kirish ta’sirlariga bog‘liq. RC past chastota filtrining kondensatoridagi zaryad undan oqib o‘tgan tok orqali aniqlanadi. Ushbu mexanizm qaysidir ma’noda o‘zining o‘tmishi haqida xotiraga ega. Tizimning joriy javob reaksiyasi oldingi va joriy kirish ta’sirlariga bog‘liq.

Agar qandaydir ixtiyoriy vaqtda tizimning javob reaksiyasi boshqa qandaydir ixtiyoriy vaqtdagi kirish ta’siriga bog‘liq bo‘lsa, bunday tizim xotiraga ega tizim bo‘lib dinamik tizim hisoblanadi. Shunday tizimlar borki, joriy javob reaksiyasi faqatgina joriy kirish ta’siriga bog‘liq

bo‘ladi. Rezistorli kuchlanish bo‘lgich bunga yaxshi misol bo‘la oladi (4.16-rasm).



4.16-rasm. Rezistorli kuchlanish bo‘lgich

Agar ixtiyoriy vaqtdagi biror-bir tizimning javob reaksiyasi faqatgina ushbu vaqtdagi kirish ta’siriga bog‘liq bo‘lsa, bunday tizim statik tizim deb ataladi va u hech qanday xotiraga ega bo‘lmaydi.

Bog‘liqlik va xotira tushunchalari bir-biri bilan bog‘liq tushunchalar hisoblanadi. Barcha statik tizimlar bog‘langan tizimlar hisoblanadi. Bundan tashqari tizimning xotiraga ega yoki yo‘qligini sinov signali orqali tekshirish mumkin, ya’ni vaqtga bog‘liq bo‘lmagan chiziqli tizimlarning birlik impulsi $\delta(t)$ ga javob reaksiyasi $t = 0$ dan boshqa har qanday vaqtda noldan farqli bo‘lsa, bunday tizim xotiraga ega tizim hisoblanadi.

Statik nochiziqlilik

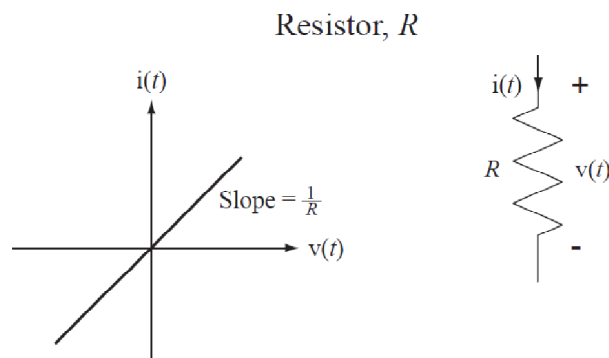
Statik nochiziqli tizim xotirasiz tizim bo‘lib, uning kirish va chiqish signallarining munosabati nochiziqli funksiya hisoblanadi. Statik nochiziqli komponentlarga misol sifatida diod, tranzistor va kvadratik djetektorlarni keltirish mumkin. Ushbu komponentlar nochiziqli, sababi ularning kirishiga berilayotgan signal qandaydir qonuniyat asosida o‘zgarsa ham chiqish signali turlicha qonuniyat asosida o‘zgarishi mumkin.

Chiziqli va nochiziqli komponentlar orqasidagi farqni kirish va chiqish signallari munosabatini grafik shaklda tasvirlash orqali ko‘rsatish mumkin. Statik tizim hisoblanuvchi chiziqli rezistor uchun ushbu munosabat Ohm qonuni asosida aniqlanadi

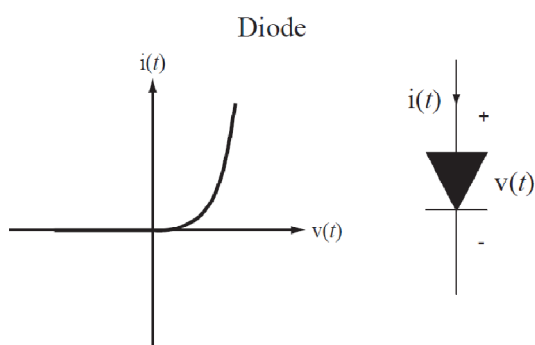
$$v(t) = Ri(t).$$

Kuchlanishning tokka bog‘liqligi chiziqli ko‘rinishda bo‘ladi (4.17-rasm).

Diod statik nochiqliq komponentga juda yaxshi misol bo‘la oladi. Kuchlanish va tok munosabati $i(t) = I_t(e^{qv(t)/kT} - 1)$, bunda I_t – teskari to‘yinish toki, q – elektronlar zaryadi, k – Bolsman doimiysi, T – absolyut harorat bo‘lib, ushbu bog‘liqlik 4.18-rasmda tasvirlangan.



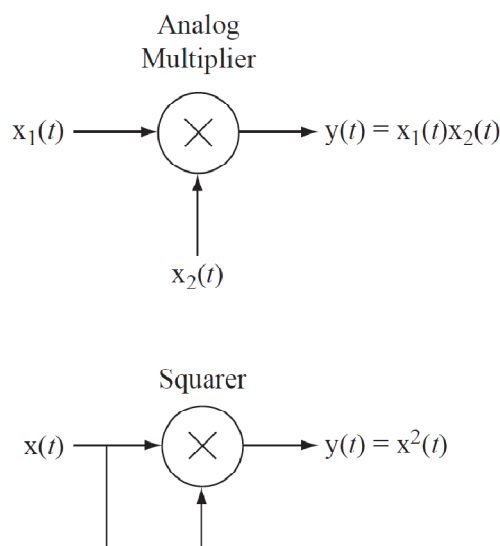
4.17-rasm. Rezistordagi kuchlanish va tok munosabati



4.18-rasm. Dioddagi kuchlanish va tok munosabati

Statik nochiqliq komponentga yana boshqa bir namuna bu kvadrator sifatida qo‘llaniluvchi analog ko‘paytirgichdir. Analog ko‘paytirgich qurilmasida ikkita kirish va bitta chiqish bo‘lib, chiqish signali kirish signallarining ko‘paytmasidan iborat bo‘ladi (4.19-rasm).

Chiqish signali $y(t)$ kirish signallari $x_1(t)$ va $x_2(t)$ larning ko‘paytmasidan iborat bo‘ladi. Agar $x_1(t)$ va $x_2(t)$ signallar bir-biriga teng bo‘lsa, u holda chiqish signali $y(t) = x^2(t)$ bo‘ladi. Bu statik nochiqliq bog‘lanish hisoblanadi, chunki kirish signalidan biri qandaydir A qiymatga kattalashsa, u holda chiqish signali A^2 ga kattalashadi.



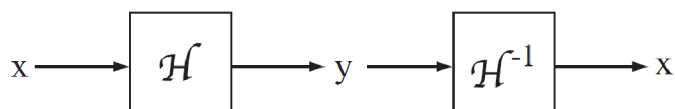
4.19-rasm. Analog ko'paytirgich va kvadrator

Dastlabki holatiga qayta olish (qaytariluvchanlik)

Ko'pincha tizimlarni tahlil qilishda biz uning kirishiga ta'sir ko'rsatib chiqishida javob reaksiyasini aniqlaymiz. Ammo buning aksi, ya'ni tizimning javob reaksiyasi asosida uning kirish ta'sirini aniqlashimiz ham mumkin, agar tizim qayta tiklanuvchi tizim bo'lsa.

Agar tizim yagona kirish ta'siriga yagona javob reaksiyasi ko'rsatsa bunday tizim qayta tiklanuvchi tizim deb ataladi. Ko'pgina tizimlar qayta tiklanuvchi tizimlar hisoblanadi. Qayta tiklanuvchi tizimlarni ta'riflashning yana bir usuli, agar tizim qayta tiklanuvchi bo'lsa, unda teskari tizim mavjud bo'ladi, ya'ni birinchi tizimning javob reaksiyasiga ta'sirlanish natijasida birinchi tizimning kirish ta'siri orqali javob qaytaradi (4.20-rasm). Qayta tiklanuvchi tizimlarga har qanday chiziqli, vaqtga bog'liq bo'lmagan, doimiy koeffitsientli, differensial tenglama orqali ifodalangan tizimlarni misol qilish mumkin:

$$a_k y^{(k)}(t) + a_{k-1} y^{(k-1)}(t) + \dots + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = x(t). \quad (4.4)$$



4.20-rasm. Tizim va uning inversiyasi