

# **Mexatron Tizimlar uchun Elektronika Fani**

## **Ma'ruza № 2**

### **Operatsion Kuchaytirgichlar**

Reja:

- Operatsion Kuchaytirgichlar bilan tanishuv
- Ideal operatsion kuchaytirgich
- Invertlamaydigan (teskari bo'lmagan) kuchaytirgichlar
- Invertlovchi (teskari) kuchaytirgich
- Bir birlik kuchaytirgich
- Differensial kuchaytirgich (ayirish)
- Teskari qo'shish kuchaytirgichi

Xulosa

Foydalanilgan adabiyotlar

## Operatsion Kuchaytirgichlar bilan tanishuv

Operatsion kuchaytirgichlar elektron sxemalarni qurish uchun eng ko'p ishlatiladigan qurilish bloklari qatoriga kiradi. Buning sabablaridan biri shundaki, ular deyarli ideal kuchlanish kuchaytirgichlari bo'lib, bu dizaynni sezilarli darajada osonlashtiradi. Natijada, operatsion kuchaytirgichlar nafaqat ixtisoslashgan elektron muhandislar, balki asbobsozlik yoki nazorat qilish muammosini oddiy hal qilishni xohlaydigan boshqa muhandislar tomonidan ham qo'llaniladi. Shunday qilib, dvigatelning aylanish tezligini ko'rsatishni xohlaydigan mexanik muhandis yoki ko'prikdagi kuchlanishni kuzatishi kerak bo'lgan qurilish muhandisi kerakli asboblarni qurish uchun operatsion kuchaytirgichdan foydalanishi mumkin.

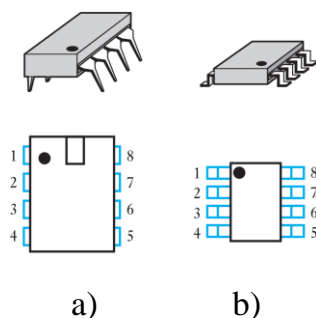
Operatsion kuchaytirgichlar integral mikrosxema (IC) shaklidir, ya'ni ular ko'p sonli elektron qurilmalarni bitta yarimo'tkazgich komponentiga birlashtirish orqali qurilgan.

Odatiy operatsion kuchaytirgich qurilmaning ichida va tashqarisida signallarni va quvvatni o'tkazish uchun tegishli miqdordagi pinli kichik plastik paket shaklida bo'ladi.

1-rasmda ikkita umumiy shakl ko'rsatilgan. Shakl 1 (a) sakkiz pinli "ikki chiziqli" yoki DIL paketini ko'rsatadi. Bu, ehtimol, bitta operatsion kuchaytirgich uchun paketning eng keng tarqalgan shaklidir, ayniqsa kontaktlarning zanglashiga olib keladigan soni nisbatan kichik bo'lganda. Ushbu paketning kattaroq versiyalari, ko'proq sonli pinlar, bitta komponent ichida ikki yoki to'rtta operatsion kuchaytirgichni joylashtirishi mumkin.

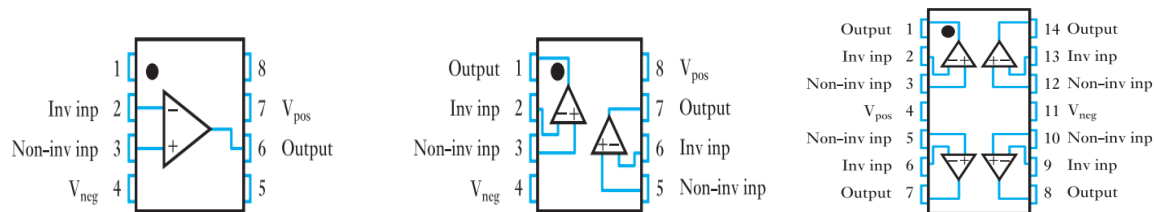
1 (b)-rasmda sirtga o'rnatilgan texnologiya (SMT) komponenti ko'rsatilgan.

Ushbu komponentlar ancha kichikroq jismoniy o'lchamdagi afzalliklarga ega, ammo bu ularni qo'lda yig'ishni qiyinlashtiradi. Bunday komponentlar ko'pincha avtomatik yig'ish texnikasi qo'llaniladigan yuqori hajmli mahsulotlarda qo'llaniladi.



1-rasm. Operatsion kuchaytirgich

Ikkala paketda pinlar yuqoridan qaralganda soat sohasi farqli ravishda raqamlangan. Pin raqami 1 odatda nuqta yoki tirqish yoki ikkalasi bilan belgilanadi. Pimlarning ichki ulanish usuli qurilmaning "pin-chiqishi" deb ataladi va 2-rasmda bir qator komponentlar uchun odatiy pin-chiqish tasvirlangan.



2-rasm. Operatsion kuchaytirgichlar pin chiqishlari

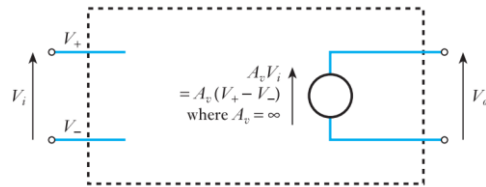
Ushbu rasmda  $V_{pos}$  va  $V_{neg}$  etiketli ulanishlar mos ravishda musbat va manfiy quvvat manbai kuchlanishlarini ifodalaydi. Ushbu miqdorlar uchun odatiy qiymatlar  $+15\text{ V}$  va  $-15\text{ V}$  bo'lishi mumkin.

Operatsion kuchaytirgichlarning ko'plab jozibali xususiyatlaridan biri shundaki, ular keng doiradagi elektron sxemalarni ishlab chiqarish uchun osongina sozlanishi mumkin. Bularga nafaqat turli ko'rinishdagi kuchaytirgichlar, balki signallarni qo'shish, ayirish yoki o'zgartirish kabi maxsus funksiyalarga ega bo'lgan sxemalar ham kiradi. Biz ushbu darsda bir nechta asosiy sxemalarni ko'rib chiqamiz.

### Ideal operatsion kuchaytirgich

Biz operatsion kuchaytirgichlar deyarli ideal kuchlanish kuchaytirgichlari ekanligini ta'kidladik. Ideallashtirilgan komponentlardan foydalanganda dizayn odatda ancha sodda bo'ladi va shuning uchun dastlab bizning komponentlarimiz mukammal deb taxmin qilish, keyin esa har qanday ideal bo'lmagan xususiyatlarning ta'sirini o'rganish odatiy holdir. Operatsion kuchaytirgichlarda buni amalga oshirish uchun, avvalambor, ideal komponent o'zini qanday tutishi haqida tasavvurga ega bo'lishimiz kerak. Ideal kuchlanish kuchaytirgichlari cheksiz kirish qarshiligiga va nol chiqish qarshiligiga ega bo'ladi. Bunday sharoitda kuchaytirgich manbadan oqim chiqarmaydi va uning chiqish kuchlanishi yukning qiymatiga ta'sir qilmaydi. Shuning uchun, bunday kuchaytirgichdan foydalanganda yuklash effektlari bo'lmaydi. Ideal kuchaytirgichning kirish va chiqish qarshiligini aniqlash nisbatan oson bo'lsada, bunday qurilmaning kuchaytirishi qanday bo'lishi aniq emas. Shubhasiz, sxema tomonidan talab etiladigan kuchaytirish qo'llanilishiga qarab farq qiladi va barcha holatlar uchun ma'lum bir kuchaytirish "ideal" ekanligi aniq emas. Biroq, biz salbiy teskari aloqa kuchaytirgichning kuchaytirishini har qanday ma'lum bir qiymatga moslashtirish uchun ishlatilishi mumkinligini ko'rdik (bu teskari aloqa kuchaytirishi bilan belgilanadi), agar ochiq tsiklning kuchaytirishi yetarlicha yuqori bo'lsa. Shuning uchun, salbiy teskari aloqadan foydalanganda, iloji boricha yuqori ochiq tsikli kuchaytirishga ega bo'lish foydalidir. Shunday qilib, ideal operatsion kuchaytirgich cheksiz ochiq tsikli kuchaytirishga ega bo'ladi. Shuning uchun, ideal op-amp cheksiz kirish qarshiligiga, nol chiqish qarshiligiga va cheksiz kuchlanishga ega

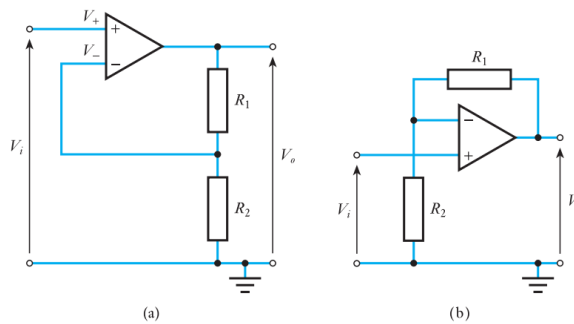
bo'ladi. 3-rasmga e'tibor bering, cheksiz kirish qarshiligi qurilmaga oqim o'tmasligi va kirish terminallari ulanmagan ko'rinadi. Xuddi shunday, nol chiqish qarshiligi chiqish qarshiligi yo'qligini anglatadi. Chiqish kuchlanishi boshqariladigan kuchlanish manbai tomonidan ishlab chiqarilgan kuchlanishga teng bo'lib, bu  $A_v$  ning differentsial kirish kuchlanishiga  $V_i$  ga teng. Bunday holda, kuchlanishning kuchayishi  $A_v$  cheksizdir.



3-rasm. Ideal operatsion kuchaytirgichning ekvivalent sxemasi

### Invertlamaydigan (teskari bo'lmagan) kuchaytirgichlar

Bizning standart sxemalarimizdan birinchisi teskari bo'lmagan kuchaytirgich. Bu 4 (a)-rasmga ko'rsatilgan.



4-rasm. Teskari bo'lmagan kuchaytirgich

Shuningdek, 4-rasmga (b) ko'rsatilgan, xuddi shu sxema boshqa yo'nalishda qayta chizilgan. Ushbu oxirgi shakl oldingi sxema bilan elektr jihatdan bir xil va bir xil xususiyatlarga ega. O'quvchilar ushbu sxemani har ikkala shaklda tanib olishlari va ulardan foydalanishlari muhimdir.

Sxemani birinchi printsiplardan tahlil qilish o'rniga, biz sxemaning ishlashini ko'rib chiqamiz, unda ideal operatsion kuchaytirgich mavjud deb faraz qilamiz. Bu tahlilni juda sodda qilishini ko'rasiz.

Birinchidan, operatsion kuchaytirgichning kuchaytirishi cheksiz bo'lgani uchun, agar chiqish kuchlanishi cheklangan bo'lsa, operatsion kuchaytirgichga kirish kuchlanishi ( $V_+ - V_-$ ) nolga teng bo'lishi kerak. Shuning uchun

$$V_- = V_+ = V_i$$

Operatsion kuchaytirgich cheksiz kirish qarshiligiga ega bo'lgani uchun uning kirish oqimi nolga teng bo'lishi kerak. Shuning uchun,  $V_-$  shunchaki chiqish kuchlanishi va  $R_1$  va  $R_2$  tomonidan hosil qilingan potentsial bo'luvchi bilan aniqlanadi. Shunday qilib

$$V_- = V_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

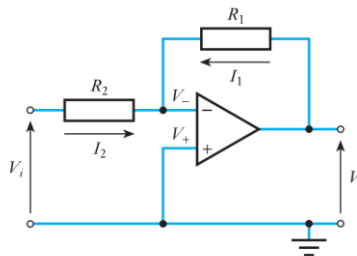
Shuning uchun,  $V_- = V_i$  bo'lgani uchun,

$$V_i = V_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

va sxemaning umumiy kuchaytirish ko'rsatkichi quyidagiga teng:

$$G = \frac{V_0}{V_i} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

### Invertlovchi (teskari) kuchaytirgich



5-rasm. Teskari kuchaytirgich.

Standart sxemalarimizdan ikkinchisi teskari kuchaytirgichdir. Bu 5-rasmda ko'rsatilgan. Oldingi sxemada bo'lgani kabi, operatsion kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti cheksiz bo'lgani uchun, agar chiqish kuchlanishi cheklangan bo'lsa, operatsion kuchaytirgichga kirish kuchlanishi ( $V_+ - V_-$ ) nolga teng bo'lishi kerak. Shuning uchun

$$V_- = V_+ = 0$$

Operatsion kuchaytirgich cheksiz kirish qarshiligiga ega bo'lgani uchun uning kirish oqimi nolga teng bo'lishi kerak. Shuning uchun  $I_1$  va  $I_2$  oqimlari teng va qarama-qarshi bo'lishi kerak. Ikki rezistorga Ohm qonunini qo'llash orqali biz buni ko'ramiz

$$I_1 = \frac{V_0 - V_-}{R_1} = \frac{V_0 - 0}{R_1} = \frac{V_0}{R_1}$$

va

$$I_2 = \frac{V_i - V_-}{R_2} = \frac{V_i - 0}{R_2} = \frac{V_i}{R_2}$$

Shuningdek,  $I_1 = -I_2$  bo'lganligi sababli,

$$\frac{V_0}{R_1} = -\frac{V_i}{R_2}$$

va kuchaytirish koeffitsienti  $G$  quyidagicha juda soda natijaga erishadi:

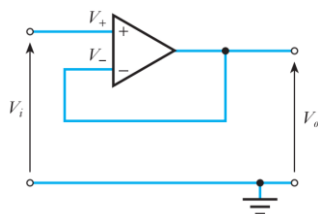
$$G = \frac{V_0}{V_i} = -\frac{R_1}{R_2}$$

Kuchaytirish koeffitsienti ifodasidagi minus belgisiga e'tibor bering, bu haqiqatan ham teskari kuchaytirgich ekanligini ko'rsatadi.

Ushbu sxemada manfiy teskari aloqa invertirgich kirishidagi ( $V_-$ ) kuchlanishni nol voltda saqlaydi. Buni shuni ta'kidlash orqali tushunish mumkinki, agar  $V_-$  teskari bo'lmagan kirishdagi kuchlanishdan (bu holda nol volt) musbatroq bo'lsa, bu operatsion kuchaytirgichning chiqishi manfiy bo'lishiga olib keladi, bu esa  $V_-$  manfiyni keltirib chiqaradi.  $R_1$  orqali. Agar boshqa tomondan,  $V_-$  nol voltga nisbatan manfiy bo'lsa, chiqish musbat bo'ladi, bu esa  $V_-$  ni yanada ijobiy holga keltiradi.

### **Bir birlik kuchaytirgich**

Bu teskari bo'lmagan kuchaytirgichning maxsus holati bo'lib,  $R_1$  nolga teng va  $R_2$  cheksizlikka teng. Uning sxemasi 6-rasmda ko'rsatilgan.



6-rasm. Birlik kuchaytirgich.

Teskari bo'lmagan kuchaytirgichlarda kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha ekanligi bizga ma'lum:

$$G = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Bu esa quyidagi ko'rinishga keltirilishi mumkin:

$$G = \frac{R_1}{R_2} + 1$$

Agar biz  $R_1$  va  $R_2$  uchun mos qiymatlarni almashtirsak, biz quyidagi formulani olamiz:

$$G = \frac{0}{\infty} + 1 = 1$$

va shuning uchun bizda 1 (birlik) kuchaytirgich mavjud deb ayta olamiz.

Bir qarashda, bu juda foydali sxema bo'lib tuyulmasligi mumkin, chunki chiqishdagi kuchlanish kirishdagi bilan bir xil. Biroq, kuchlanish signalning yagona muhim atributi emasligini yodda tutish kerak. Ushbu sxemaning ahamiyati shundaki, u juda yuqori kirish qarshiligiga va juda past chiqish qarshiligiga ega bo'lib, uni bufer sifatida juda foydali qiladi.

### **Differensial kuchaytirgich (ayirish)**

Signalni qayta ishlashda umumiy talab - bu bitta signalni boshqasidan ayirish zarurati. Ushbu vazifani bajarish uchun oddiy sxema 7-rasmda ko'rsatilgan. Operatsion kuchaytirgichning kirishlariga oqim o'tmaganligi sababli, ikkita kirishdagi kuchlanishlar tashqi rezistorlar tomonidan yaratilgan potentsial bo'linishlar tomonidan oddiygina aniqlanadi. Shunday qilib

$$V_+ = V_1 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_- = V_2 + (V_0 - V_2) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Oldingi sxemalarda, manfiy qayta aloqa zanjiri kuchlanishlari  $V_-$  va  $V_+$  bir biriga teng edi:

$$V_- = V_+$$

va

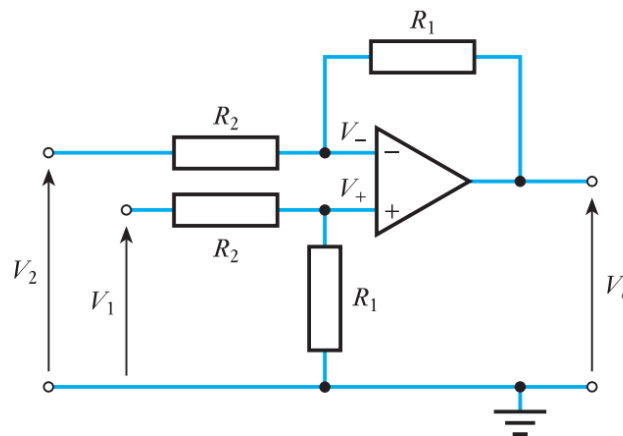
$$V_1 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = V_2 + (V_0 - V_2) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Har ikkala tomonlarni  $(R_1 + R_2)$  ga ko'paytirish orqali quyidagiga erishish mumkin:

$$V_1 R_1 = V_2 R_1 + V_2 R_2 + V_0 R_2 - V_2 R_2$$

Ushbu ifodadan esa chiqish kuchlanishini quyidagidek olamiz:

$$V_0 = \frac{V_1 R_1 - V_2 R_1}{R_2}$$



7-rasm. Differensial kuchaytirgich (yoki ayiruvchi)

Eng so'nggi ifodadan chiqish kuchlanishini quyidagidek ixcham va qulay ko'rinishga keltirib olishimiz mumkin:



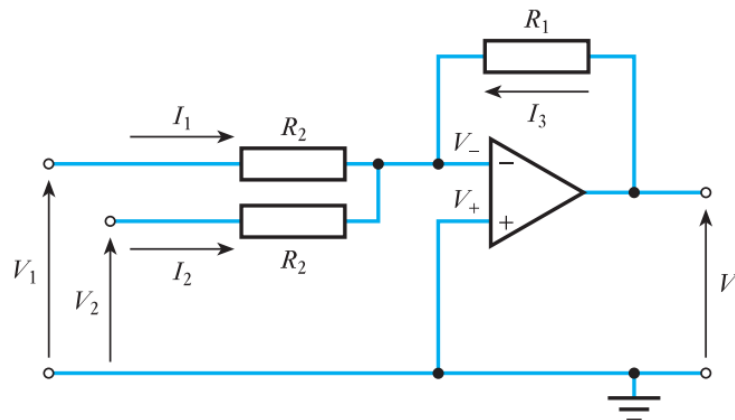
$$V_0 = (V_1 - V_2) \frac{R_1}{R_2}$$

Ko'rib turganingizdek, sxemaning chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishlari ( $V_1 - V_2$ ) ayirmasining  $R_1$  va  $R_2$  qarshiliklar nisbatiga ko'paytmasiga teng. Agarda,  $R_1$  va  $R_2$  qarshiliklar bir xil qiymatga ega bo'lsa, u holda chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishlarining ayirmasiga teng bo'lib qoladi:

$$V_0 = (V_1 - V_2)$$

### Teskari qo'shish kuchaytirgichi

Bitta signalni boshqasidan ayirish bilan bir qatorda, biz ko'pincha ularni bir-biriga qo'shishimiz kerak. 8-rasmda ikkita kirish signali  $V_1$  va  $V_2$  ni qo'shish uchun oddiy sxema ko'rsatilgan. Ushbu sxema qo'shimcha kirish rezistorlarini qo'shish orqali istalgan sonli signallarni yig'ish uchun osongina kengaytirilishi mumkin.



8-rasm. Teskari qo'shish kuchaytirgichi

Sxema qo'shimcha kirish qarshiligi qo'shilgan holda teskari kuchaytirgichiga o'xshaydi. Avvalgi sxemaga kelsak, operatsion kuchaytirgichga teskari kirish virtual ground (yer)ni hosil qiladi va shuning uchun  $V_-$  nolga teng. Bu zanjirdagi turli oqimlarni hisoblashni osonlashtiradi

$$I_1 = \frac{V_1}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_0}{R_1}$$

Operatsion kuchaytirgichdan hech qanday tok oqmasligi sababli, virtual yerga oqayotgan tashqi tok kuchlarining umumiy yig'indisi nolga teng bo'lishi shart. Shuning uchun

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Yoki, qayta tartiblashtirilsa,

$$I_3 = -(I_1 + I_2)$$

Har bir tok kuchlarining o'rniga ularning kuchlanish va qarshiliklardagi ifodalari (Om qonuni) ni qo'yib chiqsak,

$$\frac{V_0}{R_1} = -\left(\frac{V_1}{R_2} + \frac{V_2}{R_2}\right)$$

va chiqish kuchlanishi quyidagidek bo'ladi:

$$V_0 = -(V_1 + V_2) \frac{R_1}{R_2}$$

Chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishlarining yig'indisi ( $V_1 + V_2$ ) va  $R_1$  va  $R_2$  rezistorlarining nisbati bilan aniqlanadi. Kuchaytirish koeffitsienti ifodasidagi minus belgisi bu teskari qo'shuvchi ekanligini ko'rsatadi. E'tibor bering, agar  $R_1 = R_2$  bo'lsa, chiqish oddiygina  $-(V_1 + V_2)$  bo'ladi.

Ushbu sxema ikkitadan ortiq kirish signallarini qo'shish uchun osongina o'zgartirilishi mumkin.

Har qanday miqdordagi kirish rezistorlaridan foydalanish mumkin va agar ularning barchasi  $R_1$  qiymatiga ega bo'lsa, chiqish shunday bo'ladi.

$$V_0 = -(V_1 + V_2 + V_3 + \dots) \frac{R_1}{R_2}$$

## Xulosa

Ushbu darsdagi materialni o'rganganimizda, biz quyidagilarni bilib oldik:

- bir qator muhandislik dasturlarida operativ kuchaytirgichlardan foydalanishni tavsiflash
- tipik operatsion kuchaytirgichning fizik shakli va uning tashqi ulanishlarini tavsiflash

- ideal operatsion kuchaytirgich tushunchasini tushunish va bunday qurilmaning xususiyatlarini tavsiflash
- signallarni kuchaytirish, buferlash kabi funktsiyalarni bajarish uchun bir qator standart sxemalarni chizish va tahlil qilish
- oddiy vazifalarni, shu jumladan tegishli passiv komponentlarning spetsifikatsiyasini bajarish uchun operatsion kuchaytirgich sxemalarini loyihalash

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

- 1) Electronics: A Systems Approach (6th edition), Neil Storey, Pearson Education UK, 2017
- 2) Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, William Bolton, Pearson Education Limited 2015
- 3) Elektronika. X. Aripov, A. Abdullayev. Fan va texnologiya nashriyoti, 2011
- 4) wikipedia.org veb sayti