

Andijon mashinasozlik instituti “Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar” kafedrası dotsenti,  
PhD. D.Karinjonov

Mamadaliyev Maxammadjon Axmadaliyevich  
Andijon mashinasozlik instituti assistenti  
[mamadaliyev.1979@mail.com](mailto:mamadaliyev.1979@mail.com)  
tel: +99891 613-23-99  
Uzbekistan  
ORSID 0009-0004-2189-0994

## ENERGIYA SAMARADOR CHASTOTA O‘ZGARTGICHLAR VA INVERTORLAR

**Annotatsiya:** Hozirgi paytda, chastotaviy usul eng istiqbolli usullaridan biri bo‘lib, u AD tezligini rostlashda keng qo‘llaniladi. Usulning mohiyati shundaki, AD olayotgan kuchlanishning chastotasini o‘zgartirib,  $\omega_0 = 2\pi f_1/r$  ifodaga muvofiq uning tezligini o‘zgartirish va turli sun‘iy xarakteristikalarini olish mumkin. Ushbu usul tezlikni juda keng diapazonda ravon rostlashni ta‘minlaydi, olingan xarakteristikalar katta bikrlilik bilan xarakterlanadi. Chastotaviy usul yana bir muxim xossasi bilan farqlanadi: AD tezligini rostlash uning sirpanishini ortishi bilan olib borilmaydi, shuning uchun tezlikni rostlashdagi quvvat isroflari ( $\Delta R_2 = R_{em} - R_2 = M\omega_0 - M\omega = M(\omega_0 - \omega)$ ), unga katta bo‘lmasligi keltirilgan.

**Kalit so‘zlar:** kuchlanish, chastota, tezlik, o‘zgartirish, sun‘iy, xarakteristika, sirpanish, quvvat, isroflar, energetik, foydali ish koeffitsientlar, yuklamaga chidamlilik, kuchlanish qiymati.

### Kirish.

Hozirgi paytda, chastotaviy usul eng istiqbolli usullaridan biri bo‘lib, u AD tezligini rostlashda keng qo‘llaniladi. Usulning mohiyati shundaki, AD olayotgan kuchlanishning chastotasi  $f_1$  ni o‘zgartirib,  $\omega_0 = 2\pi f_1/r$  ifodaga muvofiq uning tezligi  $\omega_0$  ni o‘zgartirish va turli sun‘iy xarakteristikalarini olish mumkin. Ushbu usul tezlikni juda keng diapazonda ravon rostlashni ta‘minlaydi, olingan xarakteristikalar katta bikrlilik bilan xarakterlanadi. Chastotaviy usul yana bir muxim xossasi bilan farqlanadi: AD tezligini rostlash uning sirpanishini ortishi bilan olib borilmaydi, shuning uchun tezlikni rostlashdagi quvvat isroflari ( $\Delta R_2 = R_{em} - R_2 = M\omega_0 - M\omega = M(\omega_0 - \omega)$ ), unga katta bo‘lmaydi.

AD dan samarali foydalanish va uning ishlashidagi yuqori energetik ko‘rsatkichlarga - quvvat va foydali ish koeffitsientlari, yuklamaga chidamlilik qobiliyatiga ega bo‘lish uchun chastota bilan bir vaqtning o‘zida AD ga keltirilgan kuchlanish qiymatini ham o‘zgartirishi kerak bo‘ladi. Kuchlanishni o‘zgartirish qonuniyati bunda yuklama momentining  $M_s$  xarakteriga bog‘liq bo‘ladi .

O‘zgarmas yuklama momentida  $M_s = \text{const}$ , statordagi kuchlanish uning chastotasiga proporsional holda rostlanishi kerak bo‘ladi

$$U_1/f_1 = \text{const} . \quad (1)$$

Ventilyatorli xarakterdagi yuklama uchun bu bog‘lanish quyidagi ko‘rinishga ega

$$U_1/f_1^2 = \text{const} . \quad (2)$$

Tezlikka teskari proporsional yuklama momentida esa, u quyidagi ko‘rinishda yoziladi

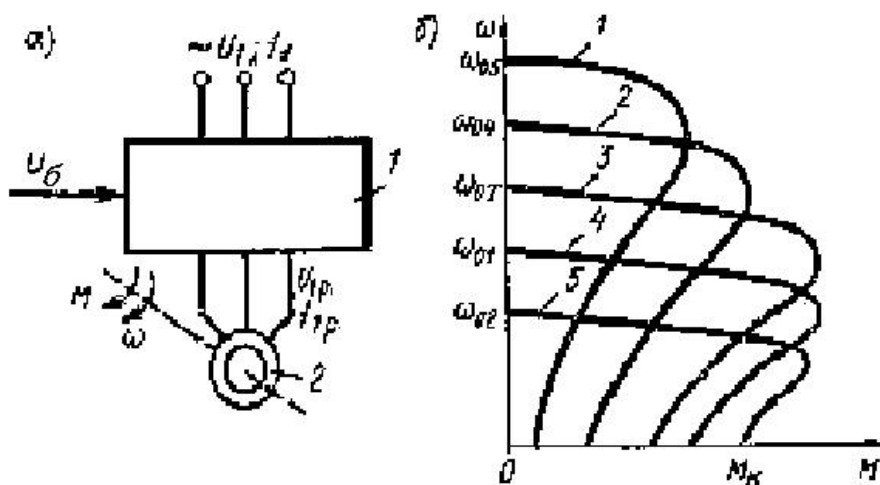
$$U_1/\sqrt{f_1} = \text{const} . \quad (3)$$

SHunday qilib, AD tezligini chastotaviy rostlash usulini amalga oshirishda, AD statoridagi kuchlanishni ham rostlash imkonini beradigan chastota o'zgartkichni qo'llanishni zarur bo'ladi.

AD ning ulanish sxemasi va xarakteristikalari. Elektr yuritmaning zaruriy elementi chastota va kuchlanish o'zgartkich 1 bo'ladi (chastota o'zgartkich - ChO'), uning kirishiga tarmoqning sanoat chastotali  $f_1=50$  Gts standart kuchlanishi  $U_1$  (220, 380 V va boshqalar) beriladi, chiqishidan esa rostlanadigan chastotali  $f_{1r}$  o'zgaruvchan kuchlanish  $U_{1r}$  olinadi. (3.a-rasm). Chastota va kuchlanish qiymatlari o'zaro (4.1)-(4.3) formulalar orqali aniqlanadigan ma'lum bir bog'lanishda bo'ladi. Chiqishdagi chastota va kuchlanishni rostlash boshqaruvchi signal  $U_b$  yordamida amalga oshiriladi,  $U_b$  ning o'zgarishi oqibatda, dvigatel 2 tezligini o'zgarishiga olib keladi. AD ning mexanik xarakteristikalarini eng sodda qonuniyat  $U_1/f_1 = \text{const}$  bilan boshqarilgandagi tahlili ko'rsatadiki, AD ning ideal salt yurish tezligi  $\omega_0$  – chastota  $f_1$  rostlanganda o'zgaradi, kritik moment  $M_k$  esa o'zgarmasdan qoladi. 3, b-rasmdagi mexanik xarakteristikalarni o'zining xususiyatlariga ko'ra ikki guruhga ajratish mumkin: nominal (tarmoq) chastotasidan quyiga mos keladigan va undan yuqori bo'ladigan xarakteristikalar.

$f_1 < f_{1n}$  chastotalar sohasi. Bu sohada  $f_{1.3} = f_{1n}$ ,  $f_{1.4} < f_{1.3}$ ,  $f_{1.5} < f_{1.4}$  (3-5 xarakteristikalar) chastotalar uchun  $U_1/f_1 = \text{const}$  bog'lanish bajarilishi mumkin, chunki AD ga berilayotgan kuchlanish, nominal (tarmoq) dagiga nisbatan kamayish tomoniga rostlanadi.

Shuning uchun,  $M_k = \text{sonst}$  va AD o'zgarmas yuklamaga chidamlilik qobiliyatiga ega bo'ladi. Shuni ta'kidlash kerakki, statorning aktiv qarshiligini  $R_1$  ta'siri ostida [formulani chiqarishda bu hisobga olinmagan],  $M_k$  moment AD ning kichik tezliklarida bir muncha kamayadi, shuning uchun  $M_k = \text{sonst}$  ni o'zgarmasdan ushlab turish uchun kuchlanish kichik chastotalarida unga propor-tSIONAL holda o'zgarmaydi.



1-rasm. CHastotaviy rostlanadigan asinxron elektr yuritmaning sxemasi a) va mexanik xarakteristikalari (b)

$f_1 > f_{1n}$  chastotalar sohasi. AD ning normal ishlash shartlari bo'yicha kuchlanishni nominal (pasport) qiymatidan yuqori ko'tarish mumkin emas. Shuning uchun tezlikni ushbu sohada rostlash o'zgarmas kuchlanishda  $U_1 = U_{1n} = \text{sonst}$  olib boriladi ( $f_{1.1}$  va  $f_{1.2}$  chastotalardagi 1 va 2 xarakteristikalar), kritik momenti  $M_k$  chastotani  $f_1 (f_{1.1} > f_{1.2} > f_{1n})$  ortishi bilan kamayib boradi.

**Usullar.** Chastotaviy rostlanadigan elektr yuritmalarning asosiy kamchiligi nisbatan murakkab sxemalarga ega bo'lgan chastota o'zgartkichlarni qo'llash zarurligidir. Elektr yuritmalarda turli ko'rinishdagi o'zgartkichlar ishlatiladi, ularni ikki guru'ga bo'lish mumkin: elektr mashinali va ventilli.

Elektr mashinali ChO' odatda u ikki mashinali agregatlardan iborat bo'ladi. Rostlanadigan AD, sinxron generatorli o'zgartkichdan quvvat oladigan sxemada, ChO' ikki qismdan iborat bo'ladi: o'zgarmas tezlik agregati. (AD va dvigatel harakatga keltiradigan o'zgarmas tok generatori) hamda o'zgaruvchan tezlik agregatidan (o'zgaruvchan chastotali sinxron generatorini aylantiradigan rostlanadigan o'zgarmas tok dvigateli) iborat bo'ladi. Bu o'zgartkichlar bir qator kamchiliklarga ega, ulardan asosiylari - f.i.k. ning kamligi (energiyani to'rt karra o'zgartirish oqibatida), sershovqinligi va inertsiyaliligidir.

hozirgi vaqtda ventilli chastota o'zgartkichlar keng tarqalgan. Shunday o'zgartiruvchi qurilmasi rostlanadigan chastota o'zgartkich bo'lgan ventilli o'zgaruvchan tok elektr yuritmasi «chastota o'zgartkich - asinxron dvigatel» (ChO'-AD) tizimi deb ataladi. Ventilli ChO' lardan foydalanish rostlanadigan chastotaviy elektr yuritmaning texnikaviy-iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirish (uning f.i.k. va tezkorligini orttirish, shovqinni yo'qotish va xizmat ko'rsatishni soddalashtirish hisobiga) imkoniyatini yaratadi.

### Natijalar.

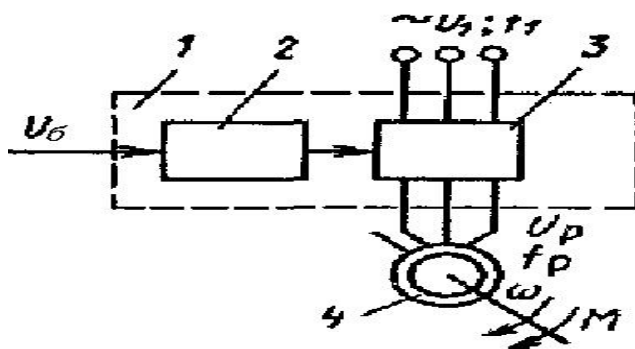
Ventilli ChO'lar ikki guruhga bo'linadi:

1) bevosita bog'lanishli o'zgartkich (tsiklokonvertor) unda to'g'rilagich va invertor funksiyalari birlashtirilgan bo'ladi. Bundan o'zgartkichning chiqish chastotasi olti fazali sxema qo'l-langanda ham tarmoq chas-totasi 50 gertsda 15 - 16 gertsdan ortmaydi.

Chiqishdagi kuchlanish bunda boshqariluvchi to'g'rilagichlarga o'xshash holda rostlanadi. Boshqarishning bunday usuli fazaviy boshqarish deb nomlangan.

2)o'zgarmas tok bo'g'inli o'zgartkich (ikki bo'g'inli ChO') Chiqishdagi chastota tarmoq chastotasi bilan bog'lanmagan va u bir necha gertsdan bir necha ming gerts gacha o'zgarishi mumkin

Bevosita bog'lanishni ChO' ning soddalashtirilgan sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. O'zgartkich 1 kuchli tokli qism 3 dan va u bilan bog'langan asinxron dvigatel 4 va boshqarish bloki 2 dan tashkil topgan. Ko'rsatilgan bloklar yordamida, standart kuchlanish  $U_1$  va chastota  $f_1$  li o'zgaruvchan tok elektr energiyasini rostlanadigan kuchlanish  $U_r$  va chastota  $f_r$  li o'zgaruvchan tok energiyasiga o'zgartirish amalga oshiriladi. Kuchli tokli qism 3 yarim o'tkazgichli asboblardan (tiristor yoki tranzistorlar) asosida, va ba'zi bir hollarda muvofiqlashtiruvchi transformatorlardan 'am iborat bo'ladi.



2Bevosita  
o'zgartkichning blok-sxemasi

bog'lanishli chastota

O'zgarmas tok bo'g'inli ChO' ning sxemasi ikki asosiy blokdan iborat bo'ladi: boshqariluvchi to'g'rilagich 2 (2-rasm) va boshqariluvchi inverter 3 dan hamda boshqarish bloklari 1 va 5 dan tuzilgan bo'ladi. Standart chastota  $f_1$  li tarmoq kuchlanishi  $U_1$  boshqariluvchi to'g'rilagich 2 kirishiga berildi, to'g'rilagich o'zgaruvchan  $U_1$  ni o'zgarmas kuchlanish  $U_{e0}$  ga o'zgartiradi. Bu kuchlanishni, boshqarish bloki 1 yordamida keng ko'lamda rostlash mumkin. To'g'rilangan va rostlanadigan  $U_{e0}$  kuchlanish, inverter 3 ning kirishiga beriladi, u esa o'zgarmas tok kuchlanishi  $U_r$  ni rostlanadigan chastota  $f_r$  li uch fazali kuchlanish  $U_r$  ga o'zgartiradi. Inverter 3 chiqishidagi kuchlanish  $U_r$  dvigatel 4 ga beriladi. Invertorning chiqishidagi kuchlanish chastotasi  $f_r$  boshqarish bloki 5 orqali boshqaruv signali  $U_b$  funktsiyasida rostlanadi.

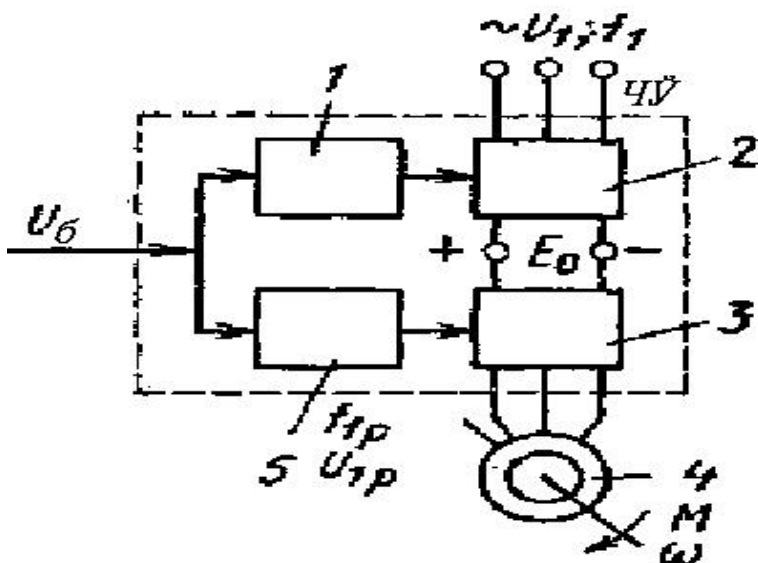
O'zgarmas tok bo'g'inli ChO' ning muxim xususiyati, AD statoridagi kuchlanish chastotasini tarmoqdagiga nisbatan ham quyiga, ham yuqoriga ravon rostlashni ta'minlash imkoniyatidir.

**Boshqariluvchi inverterlarning ko'rinishlari.** Hozirda chastotaviy asinxron elektr yuritmalarda tiristorli va kuchli tokli tranzistorli inverterlar ishlatiladi. Tiristorli inverterlar, tiristorlarni kommutatsiya qilish ko'rinishlari, ularni ulanish sxemalari, AD dagi kuchlanishning ro-stlash usullari bilan farqlanadi.

Tiristorlardagi tokning kommutatsiya qi-lish usuliga ko'ra, in-vertorlar tarmoqdan boshqariluvchi va avtonom (mustaqil, AI) in-vertorlarga bo'linadi.

Tarmoqdan boshqa riluvchi inverterlarda tokning tiristordan tiristorga kommutatsiya-si, ta'minlovchi manbaning o'zgaruvchan tok kuchlanishi bilan amalga oshiriladi. Avtonom inverterlarda tokning kommutatsiyasi uchun maxsus kommutatsiya tuguniga (uzeliga) birlashtirilgan elementlar – tiristor, diod, kondensator va induktivli g'altaklar qo'llaniladi.

Avtonom inverterlar kuchlanish va tok inverterlariga bo'linadi. Avtonom kuchlanish inverterlari (AKI-AIN) kuchlanish manbasiga, masalan chiqishiga katta sig'imli kondensator qo'yilgan boshqariluvchi to'g'rilagichga ulanadi. AKI biki xarakteristikaga ega bo'ladi, ya'ni yuklama tokini o'zgarishi bilan, uning chiqishidagi kuchlanishi amaliy jihatdan o'zgarmaydi. Ushbu xossalari sababli, AKIdan foydalanilganda, dvigatelga boshqaruvchi ta'sirlar sifatida chastota va kuchlanish bo'ladi. Avtonom tok inverterlarini (ATI-AIT) ta'minlash tok manbasidan, masalan katta induktivlikka ega bo'lgan reaktor qo'yilgan boshqariluvchi to'g'rilagichdan amalga oshiriladi. ATIdan foydalanilganda, ADga boshqaruvchi ta'sirlar chastota va stator toki bo'ladi.



3-rasm. O'zgarmas tok bo'g'inli chastota o'zgartkichning sxemasi

Hozirgi vaqtda, avtonom invertorli asinxron elektr yuritmalar kichik (10 kVtgacha) va o'rta (500 kVtgacha) quvvatli sistemalarning asosiy ko'rinishi bo'lib qoldi. Bunda 50 kVtgacha quvvatlar diapazonida, avtonom kuchlanish invertori sxemasida kuchli tokli tranzistorlar qo'llaniladi. Avtonom tok invertorlari asosan bundan yuqori quvvatlar diapazoni va faol to'xtatish talab qilinadigan yuklamalar (tsentrifuga, sinov qurilmasi, kran va boshqalar) uchun ishlatiladi.

### **Natijalar.**

AD dan samarali foydalanish va uning ishlashidagi yuqori energetik ko'rsatkichlarga - quvvat va foydali ish koeffitsientlari, yuklamaga chidamlilik qobiliyatiga ega bo'lish uchun chastota bilan bir vaqtning o'zida AD ga keltirilgan kuchlanish qiymatini ham o'zgartirishi, kuchlanishni o'zgartirish qonuniyati bunda yuklama momentining  $M_s$  xarakteriga bog'liq bo'ladi .

**Xulosa.** ChO' larda tiristorlar o'rniga kuchli tokli tranzistorlardan foydalanish, elektr energiyasining rostdash va o'zgartirish sxemasini sezilarli soddalashtiradi, chunki ularni tokdan uzish faqat boshqaruv signalini olib tashlash orqali hosil qilinadi. Shu sababli, o'zgartkichning o'lchamlari (gabariti) va massasi kamayadi, u yuqori f.i.k. ga va ishonchlilikka, ta'minlovchi tarmoqqa kam ta'siri hamda birga yaqin bo'lgan quvvat koeffitsientiga ega bo'ladi. Ushbu qurilmalar raqamli boshqaruv texnikasi, xizmat ko'rsatish va taxshis (diagnostika) sistemalari bilan qulay birikadi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Гульков Г.И., Петренко Ю.Н., Раткевич Е. Системы автоматизированного управления электроприводами. Учебное пособие. – М.: Новое знание, 2004.
2. Ким Д.П., Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. В 2-х тт Т:2. – М.: Физматлит, 2004.
3. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода. Учебник. – М.: Инфра-М, 2004.
4. Мамадалиев, Махаммаджон Ахмадалиевич. "ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ." International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING 4.2 (2024): 75-78.