

TOK BILAN BOSHQARILADIGAN VA GISTEREZISLI TOK ROSTLAGICHLI INVERTORLI CHASTOTA O'ZGARTIRGICH.

F.F.Muzaffarov

Buxoro davlat texnika universiteti o'qituvchisi phd. ,

G.U.Bafoyeva

Buxoro davlat texnika universiteti magistranti

Bafoyevagulrux072@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada chastota o'zgartirgichli elektr yuritmalarda tokni boshqarishning samarali usullari, xususan, gisterezisli tok rostlagichli invertorlarning ishlash prinsiplari tadqiq etilgan. Tadqiqotda gisterezisli boshqarishning tizim dinamikasiga ta'siri, uning an'anaviy kenglik-impuls modulyatsiyasidan (KIM) afzalliklari va o'ziga xos kamchiliklari tahlil qilingan. Shuningdek, tok xatoligini berilgan gisterezis diapazonida ushlab turish orqali yuqori aniqlikdagi tezkor boshqaruvga erishish imkoniyatlari ko'rsatib o'tilgan. Maqola yakunida gisterezisli rostlagichlarning energiya samaradorligi va elektromagnit moslashuvchanlik ko'rsatkichlarini yaxshilash bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Аннотация: В данной статье исследованы эффективные методы управления током в электроприводах с частотными преобразователями, в частности принципы работы инверторов с гистерезисным регулятором тока. В исследовании проанализировано влияние гистерезисного управления на динамику системы, его преимущества по сравнению с традиционной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), а также характерные недостатки. Кроме того, показана возможность достижения быстрого и высокоточного управления путем удержания ошибки тока в заданном гистерезисном диапазоне. В заключение статьи приведены рекомендации по повышению энергетической эффективности и электромагнитной совместимости гистерезисных регуляторов.

Abstract: This article investigates effective methods of current control in electric drives with frequency converters, particularly the operating principles of inverters with hysteresis current regulators. The study analyzes the influence of hysteresis control on system dynamics, its advantages over conventional pulse-width modulation (PWM), and its specific drawbacks. In addition, the possibility of achieving fast and high-precision control by maintaining the current error within a specified hysteresis band is demonstrated. The article concludes with recommendations for improving the energy efficiency and electromagnetic compatibility of hysteresis regulators.

Tayanch soʻzlar: chastota oʻzgartirgich, inverter, gisterezisli tok rostlagichi, elektr yuritmalari, dinamik xarakteristika, garmonik buzilishlar, kommutatsiya chastotasi.

Ключевые слова: частотный преобразователь, инвертор, гистерезисный регулятор тока, электроприводы, динамическая характеристика, гармонические искажения, частота коммутации.

Keywords: frequency converter, inverter, hysteresis current controller, electric drives, dynamic characteristics, harmonic distortions, switching frequency.

KIRISH

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishining jadal rivojlanishi elektr yuritmalarning energiya samaradorligi va ishchi xarakteristikalarining aniqligiga boʻlgan talablarni kundan-kunga oshirmoqda. Ayniqsa, asinxron va sinxron motorlarni boshqarishda chastota oʻzgartirgichlar (ChOʻ) asosiy boʻgʻin hisoblanadi.

Ushbu sohadagi eng muhim masalalardan biri — oʻzgaruvchan tok mashinalarining dinamik xususiyatlarini yaxshilash va tarmoqqa qaytayotgan garmonik buzilishlarni kamaytirishdir. Mazkur muammolarni hal etishda tok bilan boshqariladigan inverterlar alohida oʻrin tutadi. Anʼanaviy kuchlanish bilan boshqariladigan tizimlardan farqli oʻlaroq, tokni bevosita nazorat qilish dvigatel momentini tezkor va aniq boshqarish imkonini beradi.

Gisterezisli rostlagichlarning asosiy kamchiligi — kommutatsiya chastotasining o'zgaruvchanligi bo'lib, bu quvvat kalitlarining qizib ketishiga va filtr tanlashda qiyinchiliklarga olib keladi. Shu sababli, gisterezisli tok rostlagichlarini optimallashtirish, ularning kommutatsiya chastotasini barqarorlashtirish va zamonaviy mikroprotsessorli boshqaruv tizimlariga tatbiq etish bugungi kunda elektrotexnikaning eng dolzarb vazifalaridan biri bo'lib qolmoqda.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METOD

Tok bilan to'g'ri boshqariladigan chastota o'zgartirgichning oddiyroq varianti ikki pozitsiyali gisterezisli rostlagichli sxema hisoblanadi. O'zgartirgich tarkibiga kiruvchi bunday rostlagichli avtonom invertorning tuzilmasi 1- rasmda ko'rsatilgan.

Uchala rostlagichlarning (invertorning fazaliri soni bo'yicha) har biri gisterezis xarakteriga ega. Invertor uchun boshqaruvchi signallar faza toklarining beriluvchi $i_{1A}^*, i_{1B}^*, i_{1C}^*$ signallari hisoblanadi. Bu signallar bilan stator faza toklarining i_{1A}, i_{1B}, i_{1C} haqiqiy qiymatlari solishtiriladi. Natijada gisterezisli tok rostlagichlarning kirishiga quyidagi mos signallar farqi ta'sir qiladi:

$$\Delta i_{1A} = i_{1A}^* - i_{1A};$$

$$\Delta i_{1B} = i_{1B}^* - i_{1B};$$

$$\Delta i_{1C} = i_{1C}^* - i_{1C}.$$

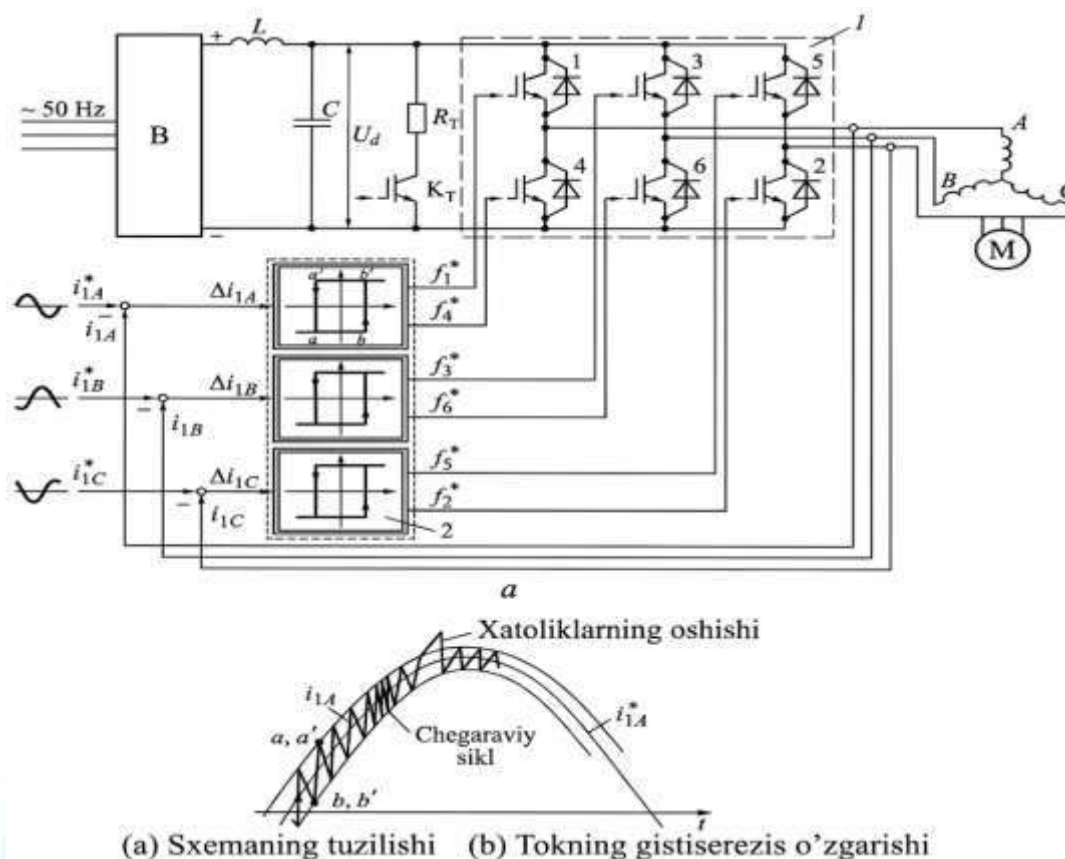
Gisterezisli rostlagich ikkita barqaror holatga ega bo'ladiki, ularning har biriga chiquvchi signallardan birining aktiv holati mos keladi. Bunda chiquvchi signaldan ikkinchisi passiv holatda bo'ladi. Masalan, Afaza uchun ushbu signallar f_1^* yoki f_4^* bo'ladi. SHartli ravishda aktiv holatni bir deb, passiv holatni esa nol deb qabul qilamiz. $f_1^* = 1$ qiymat 1-tranzistorning ochiq holatiga mos kelsa, $f_1^* = 0$ qiymat esa yopiq holatiga mos keladi. SHunga o'xshash tarzda $f_4^* = 1$ qiymat 4-tranzistorning ochiq holatigi, $f_4^* = 0$ qiymat esa yopiq holatiga mos keladi.

A fazaning gisterezisli rostlagichining ishlashini batafsil ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik boshlang'ich vaqt momentida ishchi nuqta rostlagich xarakteristikasining $a - b$ qismidagi b nuqta yaqinida joylashgan bo'lsin. Bunda tok rostlagichining chiqishiga $f_4^* = 1$ chiqish signali ta'sir qiladi, 4-kalit ulangan

(tiristor ochiq), A fazadagi tok kamayadi va $\Delta i_{1A} = i_{1A}^* - i_{1A}$ kabi aniqlanadigan musbat toklar farqi, tokni haqiqiy qiymati i_{1A} ning kamayishi hisobidan oshadi. Rasmda b, b' harflar bilan belgilangan tokning minimal qiymatiga mos keladigan vaqt momentida ishchi nuqta b holatni egallaydi va shu lahzada b' nuqtaga ko'chadi. Bunda rostlagich chiqishidagi signallar o'zgarib $f_4^* = 0$, $f_1^* = 1$ ga teng bo'ladi, 4-kalit uziladi va 1-kalit ulanadi. Bu holat rasmda a, a' harflar bilan belgilangan. Bu holatda rostlagich xarakteristikasidagi ishchi nuqta a' holatni va shu zahoti a holatni egallaydi natijada 1-kalit uziladi va yana 4-kalit ulanadi. Bunday sikl doimiy takrorlanadi va yuklamaning A fazadagi tok gisterezis ilmog'ining kengligiga bog'liq ravishda maksimal farq bilan beriluvchi tok i_{1A}^* ga ergashib boradi.

MUHKAMA

Tokni rostlashning bunday usuli ma'lum bir kamchiliklardan xoli emas. Bu kamchiliklar shu bilan bog'liqki, tokni rostlashning uchala konturlari bir-biridan mustaqqil ravishda ishlasa ham, invertorning har bir elkasidagi kommutatsiya jarayoni uchala fazaning barchasiga ta'sir ko'rsatadi. Nol simisiz yulduz usulida ulangan uch fazali cho'lg'amda tokning oniy qiymatlari yig'indisi nolga teng, ya'ni faqatgina ikkita faza toki mustaqqil kattaliklar hisoblanadi. SHunday qilib, qaralayotgan tizimda ikkita mustaqqil o'zgaruvchilar bo'lgan holda uchta mustaqqil rostlagichlar ta'sir ko'rsatadi. Bu esa bir qator hollarda kalitlarni ulab-uzishning keraksiz kombinatsiyalarini hosil bo'lishiga olib keladi. Rasmda shu bilan bog'liq bo'lgan, gisterezis ilmog'i kengligi bilan aniqlanadigan rostlash chegarasidagi xatolikning oshishidek avtotebranishli rejimlarning paydo bo'lishi ko'rsatilgan.



1-rasm. Tok bilan boshqariladigan va gistereziyli tok rostlagichli invertorli chastota o'zgartirgich:

a-invertorning tuzilmasi; *b*- chiqishdagi tokning shakli [20]; 1-avtonom kuchlanish invertori; 2- ikkipozitsiyali gistereziyli tok rostlagichlari

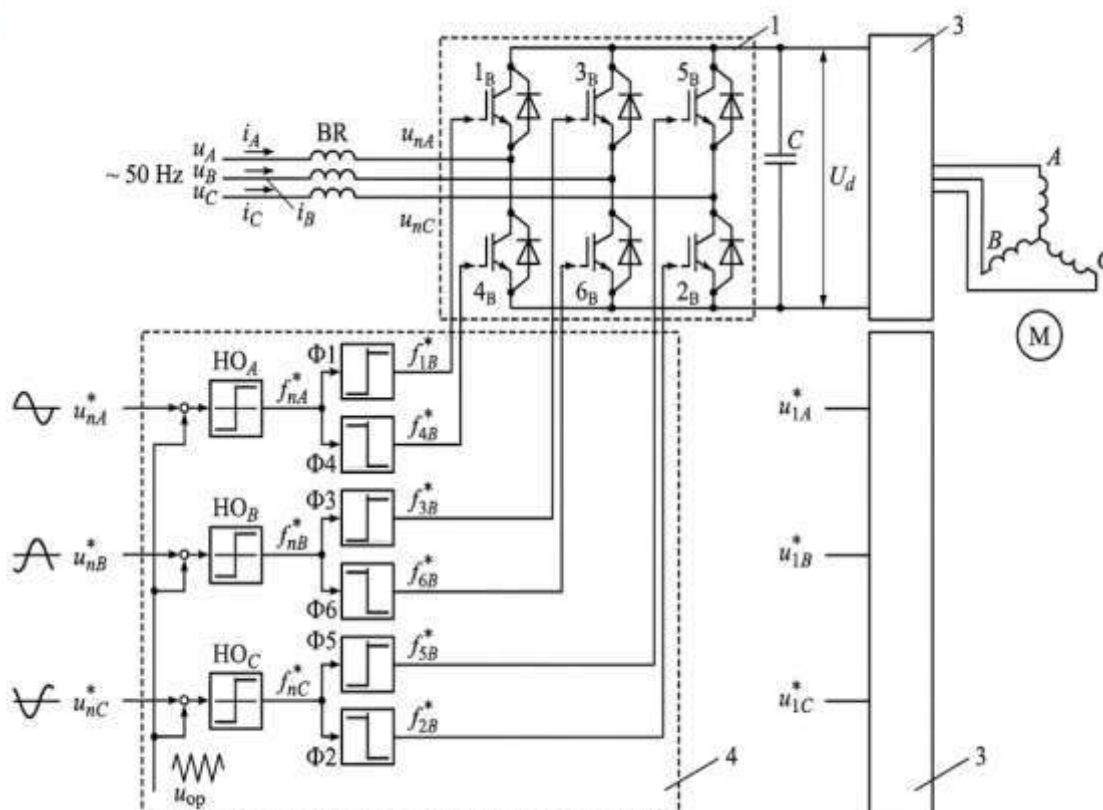
Oldin ta'kidlanganidek, avtonom invertor elkalarini hosil qiluvchi tranzistorli kalitlar ikki tomonlama o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi, chunki tokni to'g'ri yo'nalishda o'tkazuvchi har bir tranzistor teskari tok diodlari bilan shuntlangan. SHuning uchun ushbu kalit qo'llanilishi bilan qurilgan invertor quvvatni har ikkala yo'nalishda ham uzatishi mumkin. Agar bunday xususiyat o'zgarmas tok zvenosida ham bo'lganda edi, unda dvigatelni rekuperativ tormozlashning tadbiri bilan bog'liq muammo (isroflari chegirib tashlangan tormozlash quvvati ta'minlovchi tarmoqqa qaytadi) yuzaga kelmagan bo'lar edi. Agar qachonkim o'zgarmas tok zvenisi sifatida boshqarilmaydigan to'g'rilagich hisoblansa, u faqatgina dvigatel rejimiga mos keluvchi yo'nalishdagina quvvat oqimini uzatadi va tarmoqqa energiyaning qaytishi bilan bog'liq tormoz rejimi hosil

qilish mumkin bo'ldi. Dvigatelni tormoz rejimiga o'tishda invertor kirishidagi tokning o'zgarish tashkil etuvchisi yo'nalishini dvigatel rejimiga nisbatan teskarisiga qarab o'zgartiradi, bu esa to'g'rilagich chiqishidagi kondensatorning qo'shimcha zaryad yig'ishiga va undagi kuchlanishning oshishiga olib keladi. Tormozlash energiya isrofida qutilishning ikkita asosiy usuli mavjud:

tormozlash energiyasini maxsus tormoz rezistori R_T da sochilishi (tormoz rezistori, kondensatordagi kuchlanishning qiymati dvigatel rejimidagi qiymatiga qaraganda katta bo'lganda, K_T tranzistorli kalit yordamida ulanadi);

o'zgarish tok zvenosi sifatida aktiv kuchlanish to'g'rilagichining qo'llanilishi [17].

Birinchi usul tormozlash energiya isrofi nisbatan kichik ahamiyatga ega bo'lgan kichik va o'rta quvvatli elektr yuritmalarda keng qo'llaniladi. Ikkinchi usul katta quvvatli elektr yuritmalarda qo'llaniladi. U nafaqat uskunaning FIK ni oshiradi, balki o'zgartirgich tarmoqdan ta'minot olayotgan yoki tarmoqqa qaytarilayotgan tokning garmonik tarkibini yaxshilash, hamda elektr yuritma quvvat koeffitsientining kerakli qiymatini olish imkoniyatini beradi



2-rasm. Aktiv to‘g‘rilagichli chastota o‘zgartirgichni kuch qismining tuzilmasi:

1- aktiv kuchlanish to‘g‘rilagichi; 2- avtonom kuchlanish invertori; 3- AKI ni boshqaruv tizimi; 4- AKT ni boshqaruv tizimi

NATIJALAR

Tarkibida aktiv kuchlanish to‘g‘rilagichi (AKT) bo‘lgan o‘zgartirgichli elektr yuritmaning tuzilmasi 2-rasmda tasvirlangan. AKTning sxemasi avtonom kuchlanish invertori sxemasi bilan bir xil. Rasmda shuningdek yaqqol ko‘rinadigan arrasimon kuchlanishli boshqaruv tizimining tuzilmasi ham ko‘rsatilgan. O‘zgartirgichning kirish zanjirida buferli reaktorlar o‘rnatilgan bo‘lib, ulardagi i_A, i_B va i_S toklardan bo‘ladigan kuchlanish tushuvilari tarmoq sinusoidal kuchlanishining oniy qiymatlari va o‘zgaruvchan tok AKT qismalaridagi kuchlanishlar orasidagi farqini aks ettiradi. O‘z navbatida o‘zgaruvchan tok AKT qismalaridagi kuchlanishlarning yuqori garmonikalari keng-impulsli modulyasiya yuqori chastotalari bilan aniqlanadi. Invertorni boshqarish tizimi kirishidagi $u_{1A}^*, u_{1B}^*, u_{1C}^*$ boshqaruvchi signallar (bu signallarning chastotasi inverter chiqishidagi kuchlanishni asosiy garmonikasining chastotasini beradi) dan farqli ravishda, AKT kirishida u_A, u_B va u_S ta‘minot kuchlanishi oniy qiymatlarini beruvchi $u_{pA}^*, u_{pB}^*, u_{pC}^*$ boshqaruv signallari, tarmoq kuchlanishi chastotasiga teng bo‘lgan chastotaga ega bo‘lishi kerak. Bu tarkibida toklarini rostlanishning ichki konturi va to‘g‘rilangan kuchlanish U_d ni rostlashning tashqi konturi bo‘lgan chastotani rostlashning xususiy yopiq tizimi yordamida amalga oshiriladi.

XULOSA

Dvigatel tarmoqdan quvvat oladigan dvigatel rejimida, AKT to‘g‘rilagich rejimida ishlaydi, AKI esa inverter rejimida ishlaydi. Bunda AKT $1_B - 6_B$ tranzistorli kalitlardagi tokning aksariyat qismi teskari tok diodlari orqali oqib o‘tadi. Tormozlash rejimida AKI to‘g‘rilagich rejimiga o‘tadi, AKT esa C kondensatordagi kuchlanishni inverterlab inverter rejimida ishlaydi. Bunda tok asosan tranzistorli kalitlardagi tranzistorlar orqali oqib o‘tadi.

Keng-impulslı modulyasiyani qo‘llanilishi tarmoqdan ta‘milanayotgan i_A, i_B, i_S toklar shaklini sinusoidallikkka yaqin olish imkoniyatini beradi. Boshqaruv signallari boshlang‘ich fazasini o‘zgartirib o‘zgartirgichning quvvat koeffitsientini o‘zgartirish mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Brod, D. M., & Novotny, D. W. (1985). "Current control of VSI-PWM inverters". IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-21, No. 3, pp. 562-570.
2. Kazmierkowski, M. P., & Malesani, L. (1998). "Current control techniques for three-phase voltage-source PWM converters: a survey". IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 45, No. 5, pp. 691-703.
3. Bose, B. K. (2002). "Modern Power Electronics and AC Drives". Prentice Hall.
4. Zeyad, A. "Fixed-frequency hysteresis current control of three-phase voltage source inverters". International Journal of Engineering Science, 2017.
5. Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. "Power Electronics: Converters, Applications, and Design". Wiley, 2003.