UDK 621.3

MOSLASHUVCHAN UCH FAZALI AC/DC KONVERTORLARI (IPQC) VA ULARNING ELEKTR ENERGIYANING SIFATINI YAXSHILASHDAGI O‘RNI

H.SH. Ne’matjonov,
Farg‘ona politexnika universiteti
A.X. Eraliev
Farg‘ona politexnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqola uch fazali AC/DC konvertorlarining IPQC (Improved Power Quality Converters) turli sxemalari va ularning energiya sifatini yaxshilashdagi ro‘li haqida batafsil tahlil beradi. IPQC texnologiyasi, yuqori samaradorlik va elektr energiya sifatini ta’minlashda katta ahamiyatga ega bo‘lib, passiv va aktiv filtrlarga nisbatan kichikroq hajm, yuqori samaradorlik va iqtisodiy jihatdan arzonlligi kabi afzalliklarga ega. Maqolada IPQC konvertorlarining ikki turdagi sxemalari, ya’ni, buck va boost konvertorlar keltirilgan va har bir sxemaning energiya sifatini yaxshilashdagi o‘rni tahlil qilingan. Shuningdek, yangi zamonaviy qurilmalar va boshqaruv algoritmlarining kiritilishi IPQC texnologiyasining samaradorligini yanada oshirishga olib keladi. Konvertorlar yuqori kuchlanish va yuqori quvvat talab qiladigan tizimlarda keng qo‘llaniladi va ularning arzonlashishi hamda integratsiyalashishi samaradorlikni oshirishga yordam beradi. Umuman olganda, IPQC tizimlari energiya sifatini yaxshilashda samarali, ishonchli va iqtisodiy jihatdan foydalidir.

Kalit so‘zlar: Uch fazali tarmoq, konvertor, elektr energiyaning sifati, kuchlanish, tok, konvertor sxemalari, aktiv filtr, passiv filtr.

Аннотация. Данная статья подробно анализирует различные схемы трехфазных AC/DC преобразователей IPQC (Improved Power Quality Converters) и их роль в улучшении качества энергии. Технология IPQC имеет большое значение в обеспечении высокой эффективности и качества электрической энергии, обладая такими преимуществами, как меньшие размеры, высокая эффективность и экономичность по сравнению с пассивными и активными фильтрами. В статье рассматриваются два типа схем IPQC преобразователей, а именно, понижающие и повышающие преобразователи, и роль каждой схемы в улучшении качества энергии. Также введение современных устройств и алгоритмов управления способствует дальнейшему повышению эффективности технологии IPQC. Преобразователи широко применяются в системах, требующих высокого напряжения и мощности, а их удешевление и интеграция помогают повысить эффективность. В целом, IPQC системы являются эффективными, надежными и экономичными для улучшения качества энергии.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: трехфазная сеть, преобразователь, качество электрической энергии, напряжение, ток, схемы преобразователей, активный фильтр, пассивный фильтр.

Annotation. This article provides a detailed analysis of various schemes of three-phase AC/DC converters known as IPQC (Improved Power Quality Converters) and their role in improving energy quality. IPQC technology plays a significant role in ensuring high efficiency and electric energy quality, offering advantages such as smaller size, higher efficiency, and cost-effectiveness compared to passive and active filters. The article examines two types of IPQC converter schemes, namely, buck and boost converters, and analyzes the role of each scheme in enhancing energy quality. Additionally, the integration of new modern devices and control algorithms further increases the efficiency of IPQC technology. Converters are widely used in systems requiring high voltage and high power, and their reduced cost and integration help boost efficiency. Overall, IPQC systems are effective, reliable, and economically beneficial for improving energy quality.

Keywords: three-phase network, converter, electric energy quality, voltage, current, converter schemes, active filter, passive filter.

Kirish.

Elektr energiyasining uch fazali o‘zgaruvchan tok konvertatsiyasi keng ko‘lamli texnologiyalarda, jumladan qayta tiklanuvchi elektr manbalarini elektr tarmoqqa ulashda, doimiy quvvat manbalari (UPS), HVDC tizimlari, quyosh fotoelektrik (PV) tizimlari, batareya energiyasini saqlash tizimlari (BESS), payvandlash qurilmalari, elektr transport vositalari uchun zaryadlash tizimlari va telekommunikatsiya uchun quvvat manbalarida keng qo‘llaniladi.

An’anaviy ravishda rektifikatorlar deb nomlanuvchi o‘zgaruvchan tok konvertorlari bir yo‘nalishli yoki ikki yo‘nalishli doimiy tokni boshqariladigan va boshqarilmaydigan holatni ta'minlash uchun diodlar va tiristorlardan foydalanib ishlab chiqilgan. Biroq, ular tok garmoniklari tufayli kirishdagi o‘zgaruvchan tok tarmog‘ida kuchlanish buzilishiga, past samaradorlikka va katta o‘lchamli AC-filtrlar talab qilinishi kab muammolar ham mavjud.

Bu muammolarni bartaraf etish uchun MOSFETlar, izolyatsiyalangan bipolyar tranzistorlar (IGBT) kabi qattiq holatdagi o‘z-o‘zini almashtiruvchi qurilmalar yordamida yangi turdagi rektifikatorlar ishlab chiqildi. Ushbu yangi konvertorlar o‘zgaruvchan rejimli rektifikatorlar (SMR), elektr energiya sifatini tuzatuvchi (PFC), impuls kengligi-modulyatsiyalangan (PWM) rektifikatorlar, ko‘p darajali va ko‘p impulsli rektifikatorlar kabi tasniflanadi va elektr energiya sifati bo‘yicha bir nechta standartlarga mos keladi.

Elektr energiya sifati muammolarining jiddiyligi sababli passiv, aktiv va gibrid filtrlar kabi qo‘shimcha yechimlar ham mavjud. Lekin bu filtrlar katta

ISSN 3030-3907

hajmli, qimmat va samaradorlikka salbiy ta'sir qiladigan yo‘qotishlarga ega. Ba'zan aktiv filtrlardagi konvertorlar yuklama qiymatiga deyarli teng bo‘ladi. Shuning uchun, kichikroq hajmli, yuqori samaradorlikka ega va doimiy tokni ta’minlaydigan AC-DC konvertatsiya tizimlari tizimning optimal ishlashini ta'minlash uchun muhim ahamiyatga ega.

Yangi turdagi AC/DC konvertorlari zamonaviy darsliklarda ham keltirilgan va so‘nggi ilmiy ishlar bir nechta qiyosiy topologiyalarni o‘z ichiga olgan holda nashr qilingan. Ushbu tadqiqot uch fazali o‘zgaruvchan tok konvertorlarining hozirgi holati va ularning quvvat sifati muammolarini hal qilishdagi roli haqida muhandislarga keng tushunchani berishga qaratilgan.

Asosiy qism. IPQC texnologiyasi elektr ta'minotida yuqori samaradorlik va sifatli boshqaruvni ta'minlovchi ilg‘or AC/DC konvertorlarga asoslangan. Bu konvertorlar kirishdagi o‘zgaruvchan tok tarmoqlarida kamaytirilgan garmonika toklari, yuqori quvvat koeffitsienti, past elektromagnit va radio chastota shovqini (EMI va RFI) bilan ishlaydi. Ushbu texnologiya keyingi yillarda turli sxemalari, boshqaruv strategiyalari, statsionar qurilmalar va integratsiya qilingan sxemalar bilan takomillashdi [1]. Konvertorlar o‘zgaruvchi magnitli topologiyalarda, masalan, boost, buck, buck-boost va ko‘p darajali, shuningdek, bir tomonlama va ikki tomonlama quvvat oqimi uchun ishlatiladi.

Ayrim qo‘llanmalarda, masalan, UPS va havo sovutgichlardagi ASDlarda, doimiy chiqish kuchlanishi talab qilinadi. Bu turdagi IPQClar unidirectional boost konvertorlari va ikki tomonlama boost konvertorlariga bo‘linadi. Shuningdek, tiristor asosidagi yarim va to‘liq konvertorlarni almashtirish uchun PWM orqali boshqariladigan bir tomonlama va ikki tomonlama buck konvertorlari ishlab chiqilgan [1]. Ayrim holatlarda, bir xil konvertorda buck va boost operatsiyalari talab etiladi, bu esa qo‘shimcha buck-boost konvertorlar toifasiga kiritiladi.

Yuqori kuchlanish va yuqori quvvat talab qiladigan tarmoqlar uchun ko‘p darajali konvertorlar nazariya va sxemalari rivojlanib, past chastotali transformatorlarga ehtiyojni kamaytirib, qurilmalarning o‘tkazish chastotasini kamaytirishga imkon beradi. Shu sababli, ular bir tomonlama va ikki tomonlam quvvat oqimi bilan ishlovchi toifalarga bo‘linadi. Yuqori quvvat ilovalarida esa multipuls konvertorlar, masalan, 12, 18, 24 va hatto 48 pulsli shakldagi konvertorlar garmonikani kamaytirish uchun qo‘llaniladi [2].

IPQC texnologiyasining rivojlanishi o‘z-o‘zini almashtiruvchi qurilmalar bilan bog‘liq. Past quvvatlarda MOSFET (metal–oxide–semiconductor field-effect transistor) lar yuqori o‘tkazish tezligi va kam yo‘qotishlari bilan qo‘llaniladi. O‘rta quvvatlilarda IGBT (insulated-gate bipolar transistor)lar, yuqori quvvatlarda esa GTO (Gate Turn Off)lar ishlatiladi. Intellektual quvvat modullari IPM (Intelligent Power Module) ko‘p qurilmalarni birlashtirib, IPQC larni ixcham va iqtisodiy

ISSN 3030-3907

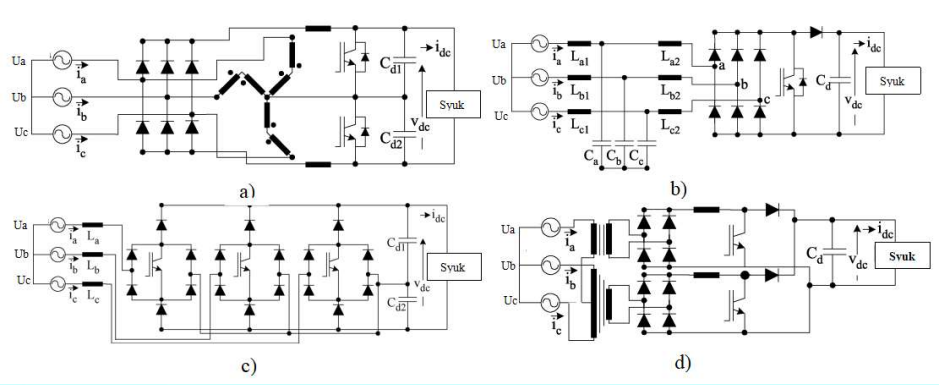
samarali qilishda muhim ro‘l o‘ynaydi [2]. Hozirgi vaqtda tezkor Hall-effekt sensorlari, izolyatsiya kuchaytirgichlari va boshqa elementlar IPQC boshqaruvini yuqori dinamik va statsionar ishlash darajasiga olib chiqadi.

IPQClar uchun maxsus mikrosxemalar, yuqori tezlikdagi mikroprotsessorlar va DSPlar (raqamli signal protsessorlari) ishlab chiqilgan. Ular tez ishlaydigan algoritmlarni, masalan, maxsus vektor nazorati SVC (space-vector control) yordamida PWM boshqaruv chiqishlarini ta'minlaydi [3]. Bu esa IPQClar boshqaruvining tezkor dinamik javobini oshiradi. Proporsinal integral PI (Proportional–integral), noaniq mantiq va neyron tarmoqlarga asoslangan boshqaruvchilar IPQClarni boshqarishda qo‘llaniladi [2].

IPQClar konvertor sxemadagi elementlar joylashishiga ko‘ra 10 toifaga bo‘linadi: buck, boost, buck-boost, ko‘p darajali va multipuls konvertorlar, ular bir tomonli va ikki tomonli DC kuchlanish, tok va quvvat oqimini ta’minlaydi.

IPQC ishlashini o‘lchash uchun quvvat analizatorlari, quvvat osiloskoplari va boshqa o‘lchov vositalari ishlatiladi [3]. Ular umumiy garmonik buzilishlarni (THD), quvvat koeffitsienti, aktiv va reaktiv quvvat va boshqa ko‘rsatkichlarni o‘lchaydi va kuzatish imkonini beradi [4].

Bir tomonlama boost konvertorlar odatda, quvvat koeffitsienti, pasaytirligan THD va doimiy boshqariladigan DC ning chiqish kuchlanishini ta’minlash uchun an’anaviy diodli rektifikatorlar o‘rniga qo‘llaniladi. Ularning tuzilishi bitta, ikki va uchta kalitli turlarda mavjud bo‘lib, AC manba va DC chiqishda yuqori sifatni ta’minlaydi. Misol sifatida 1-rasmda passiv filtrli bitta kalitli (1,a-rasm), Minnesota rektifikatori (1,b-rasm), Vena rektifikatori va izolyatsiyalangan Scott transformatorli (1,c,d-rasm) turlari keltirilgan [4].



1-rasm. (a) Bitta kalitli bir tomonlama boost konvertor. (b) Zigzag transformatoridan foydalanilgan ikki kalitli bir tomonlama boost konvertor (Minnesota rektifikatori). (c) Uchtali kalitli bir tomonlama boost konvertor (Vena rektifikatori). (d) Izolyatsiyalangan

Scott ulanish transformatorlaridan foydalangan bir tomonlama boost konvertor.

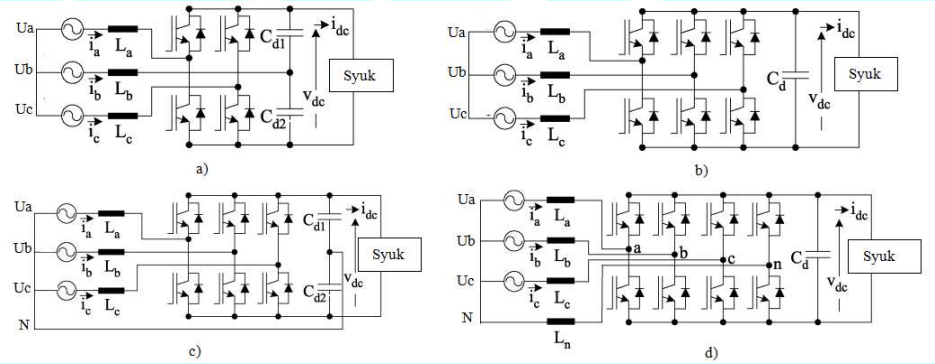
Ikki tomonlama boost konvertorlar (2-rasm) Ikki tomonlama quvvat oqimini ta’minlovchi konvertorlar AC manba va DC chiqish orasida energiya almashinuvi

ISSN 3030-3907

uchun mo‘ljallangan bo‘lib, ularni ko‘tarish kranlari, liftlar, akkumulyator energiya saqlash tizimlari (BESS), chiziqli interaktiv UPSlarda keng qo‘llaniladi [4]. Ushbu konvertorlar DC-bus kuchlanishini yopiq kontur boshqaruvi orqali ta’minlab, AC kirish toklarining amplitudasini boshqaradi va ularga AC manba kuchlanishlari bilan fazaviy moslik beradi. PWM (2,a-rasm) tok boshqaruviga ega VSI (2,b-rasm) asosidagi konvertor AC kirish oqimini sinusoidal shaklda ushlab turadi. Ko‘p hollarda oltita qurilmali VSI ko‘prigi ishlatiladi, ammo to‘rt kalitli (2,c,d-rasm) sxemalar ham arzonroq alternativ sifatida qo‘llaniladi [3]. Sensorlarsiz boshqaruv texnologiyalari xarajatlarni kamaytirishga va komponentlar sonini qisqartirishga xizmat qiladi.

Yuqorida IPQC ga tegishli bo‘lgan ikkita turdagi konventorlarni haqida so‘z bordi. Endi ushbu konventorlarning boshqa xususiyatlariga kengroq to‘xtalamiz.

IPQC ning boshqaruv strategiyasi uch bosqichdan iborat bo‘lib, uning asosi hisoblanadi. Birinchi bosqichda boshqaruv algoritmi uchun zarur bo‘lgan o‘zgaruvchilar seziladi va ularni qayta ishlash uchun protsessorlarga uzatish uchun miqdori moslashtiriladi [5]. Ushbu signallar odatda AC tarmoq kuchlanishi, ta'minot toklari, DC chiqish kuchlanishi va ba'zan o‘rta bosqichda konvertorlar uchun qo‘shimcha kuchlanishlar, masalan, kondensator kuchlanishlari va toklarini o‘z ichiga oladi.



2-rasm. (a) To‘rt kalitli ikki tomonlama kuchaytiruvchi konvertor. (b) VSI-ko‘prik asosidagi ikki tomonlama kuchaytiruvchi konvertor. (c) To‘rt simli ikki tomonlama kuchaytiruvchi konvertor. (d) To‘rt oyoqli ikki tomonlama kuchaytiruvchi konvertor.

AC kuchlanishllari odatda potensial transformatorlar (PT) yordamida seziladi. Tok signallari esa tok transformatorlari (CT), Hall-effekt tok sensorlari, past narxdagi shunt rezistorlar yoki o‘tkazuvchilar ichidagi izolyatsiyalangan cho‘lg‘amlar yordamida seziladi [4]. Bu signallar odatda boshqaruv algoritmida yoki PWM boshqaruvchilarda sifatida ishlatiladi.

Ikkinchi bosqichda boshqaruv algoritmi, IPQC ning vaqt o‘zgarishlari va barqaror holatdagi ish faoliyatini ta'minlaydi. Ushbu algoritm raqamli nazoratlar yoki kam quvvatli mikrokontrollerlar yordamida amalga oshiriladi, yuqori quvvatli tizimlarda esa DSP (Digital Signal Processing) va maxsus integratsiyalashgan

ISSN 3030-3907

sxemalar ASIC (Application-Specific Integrated Circuits) ishlatiladi [6]. DC chiqish voltaji odatda tizimning chiqishi sifatida foydalaniladi. Turli xil boshqaruv yondashuvlari, masalan, PI boshqaruvi, PID boshqaruvi, noaniq mantiq boshqaruvchilari FLC (fuzzy logic controller), moslashuvchan boshqaruvchilar, neyron tarmoqlar (NN)-ga asoslangan boshqaruvchilar tizimning dinamik javobini tezlashtirish va barqarorligini saqlashga yordam beradi.

Uchinchi bosqichda esa konvertorlarning mustahkam holatdagi qurilmalarini boshqarish uchun chiquvchi signalni ishlab chiqarish amalga oshiriladi. Signalni boshqarishning bir nechta yondashuvlari, masalan, histerezis, PWM tok yoki PWM voltaj boshqaruvi, PI, PID, SMC, FLC va NN asosidagi boshqaruvchilardan foydalangan holda amalga oshiriladi [5]. Hozirgi kunda elektr energiyasini boshqarish uchun maxsus ishlab chiqilgan protsessorlar mavjud bo‘lib, ular uchta bosqichni bir vaqtning o‘zida bajaradi va IPQC ning tezkor va barqaror ish faoliyatini ta'minlaydi.

IPQC ning komponentlarini tanlash yuqori samaradorlikni ta'minlash uchun muhimdir. Kam quvvatli konvertorlarda MOSFETlar ishlatiladi, bu esa yuqori samaradorlikka erishishga yordam beradi [6]. o‘rtacha quvvatli IPQC tizimlarida IGBTlar qo‘llaniladi, chunki ular keng o‘chirish chastotasi oralig‘ida ishlash imkoniyatiga ega. Yuksak quvvatli tizimlarda GTOlar ishlatiladi. IPQC texnologiyasi uchun energiya saqlash elementlari, filtrlash komponentlari, va rezonansli tarmoqlar muhimdir. Induktor va kondensatorlar qiymatini to‘g‘ri tanlash tizimning samaradorligi, barqarorligi va optimal dizayniga ta'sir qiladi. Transformerlar ham muhim rol o‘ynaydi, ayniqsa, past chastotali va yuqori chastotali ishlashda. Yangi magnit materiallar va ishlash chastotasi IPQC texnologiyasining rivojlanishida muhim omillardir.

IPQC tizimlari o‘zaro bir-biriga taqqoslanlaydi, chunki ular turli xil xususiyatlarga ega bo‘lib, har biri o‘ziga xos vazifalar uchun moslashgan. Shunday qilib, vazifalar talablari va ikki bosqichli konvertatsiya asosida, eng mos IPQC tanlanishi mumkin. Biroq, bir xil toifadagi IPQC tizimlari orasida ba'zi sxemalarining afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Ushbu sxemalar samaradorlikni oshirsada, tannarxi yuqori bo‘lishi mumkin [7]. Shuning uchun, sxemaning samaradorlik va xarajatlar o‘rtasida muvozanatni topib, kerakli sxema tanlanishi kerak. Boshqa imkoniyatlar, masalan, seriyali yoki parallel faol filtrlash, gibrid filtrlar, yoki bir yoki bir nechta qurilma ishlatish orqali DC yuklamalarni manba tizimlarni yaratish imkonini beradi. Sxemaning barcha imkoniyatlar va ularning afzalliklarini hisobga olib, eng yaxshi IPQC yoki boshqa konvertorni tanlashi zarur.

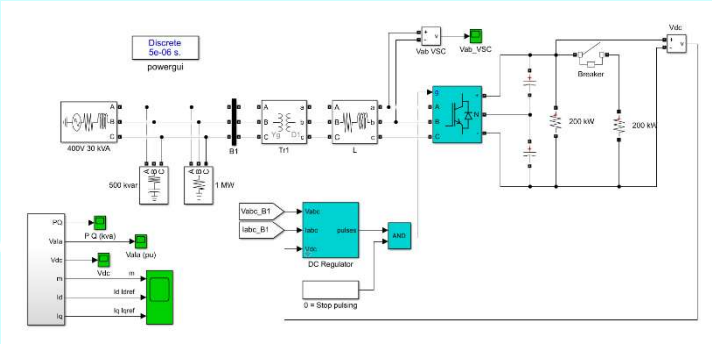
IPQC tizimlarini ma'lum bir ilova uchun tanlash juda muhim qaror hisoblanadi. Tanlovni amalga oshirishda e'tiborga olinadigan omillar quyidagilar:

ISSN 3030-3907

kirishdagi quvvat sifati darajasi (ruxsat etilgan kuchlanish, tok, THD); chiqish DC kuchlanishining turi (doimiy, o‘zgaruvchan va boshqalar); quvvat oqimi (bir yo‘nalishli yoki ikki yo‘nalishli); kvadrantlar soni (bitta, ikkita, yoki to‘rt ta); chiqish DC ning tabiati (isolatsiyalangan, izolyatsiyasiz); chiqish DC talablari (buck, boost, buck-boost); chiqish quvvatining sifati (kuchlanish tebranishlari, pastlashuv va oshish); DC yuk turi (chiziqli, no-chiziqli va boshqalar); xarajat, o‘lcham va vazn; samaradorlik; shovqin darajasi (EMI, RFI va boshqalar); quvvatni reytingi (kilovatt, megavatt va boshqalar); ishonchlilik; va atrof-muhit sharoitlari (harorat, balandlik, ifloslanish darajasi, namlik, sovutish turlari va boshqalar) [4].

IPQC texnologiyasi hozirda yuqori darajada rivojlangan bo‘lib, UPS, AC/DC/AC bog‘lanishlari, batereya quvvatini saqlash tizimlari BESS (Battery Energy Storage System) tizimlarda keng qo‘llaniladi. Biroq, samaradorlikni oshirish, o‘lchamni kamaytirish, energiya saqlash elementlarini, filtrlash tizimlarini va yuqori chastotali transformatorlarni kichraytirish uchun yangi tendentsiyalar mavjud [7]. Yangi texnologiyalar soft-switching usullari va boshqaruv algoritmlarini o‘z ichiga oladi, bu esa IPQC ning yuqori chastotada o‘zgaruvchan tok yo‘qotishlarini kamaytiradi va dinamik javobni yaxshilaydi. Sensorlarni kamaytirish IPQC texnologiyasining arzonlashishiga va ishonchliligini oshirishga yordam beradi. Shuningdek, ko‘plab qurilmalarni yagona quvvat moduliga integratsiya qilish, samaradorlikni oshirish, hajmini kichraytirish va narxni pasaytirishga olib keladi. Yangi qurilma texnologiyalari, past o‘tkazuvchanlik yo‘qotishlari va yuqori yo‘qotishlarni kamaytirish IPQClarning past kuchlanishli DC quvvat tizimlarida samarali ishlashini ta'minlaydi [6]. Yangi konvertor tuzilishi va bosqichlarni kamaytirish IPQC ning kengroq qo‘llanilishi uchun imkoniyatlar yaratadi.

Ushbu konventorlarni chuqurroq taxlil qilish uchun matlab dasturidan foydalanib simulyatsiya modelini ishlab chiqildi. Bunda PWM turidagi AC/DC konvertorning modelini bir tomonlama va ikki tomonlama PWM konvertori o‘rtasidagi xarakteristikasi taxlil qilish mumkin.



3-rasm. PWM tipidagi AC/DC konvertorning simulyatisiya modelining ko‘rinishi

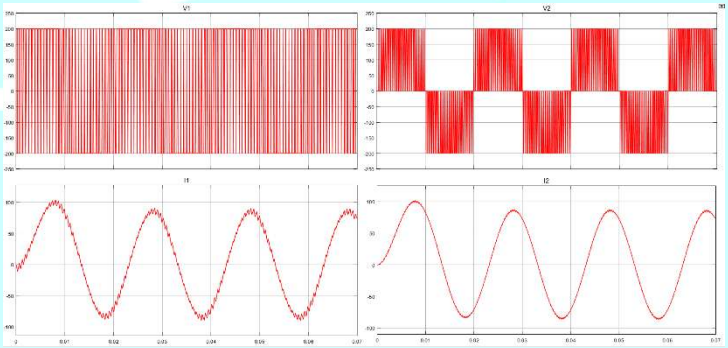
ISSN 3030-3907

Bu modelda elektr quvvat tizimining o‘zgaruvchan tok (AC) dan to‘g‘rilangan tok (DC) konversiyasini va qayta tarmoqqa ulanishini ko‘rsatadi. Kirish qismida kuchlanish manbai va 400 V, 30 kVA quvvatga ega tizim mavjud. Transformator (Tr1) va induktivlik (L) orqali energiya oqimi kuchlanish manba konvertoriga (VSC) yo‘naltiriladi. Ushbu konvertor boshqaruv bloklari orqali boshqariladi va kuchlanish bilan faza toklarini nazorat qiladi.

Modelda shuningdek, quvvat oqimini tartibga solish uchun DC konvertori va bir nechta boshqaruv tizimlari, VSC va yuklamalar orasidagi aloqa ham ko‘rsatilgan. Breaker komponenti yuklamalarni tarmoqdan uzish va ulash uchun ishlatiladi. DC zanjirda energiya oqimi va yuklanishni boshqarish muhim o‘rin tutadi.

PWM convertorining konvertatsiyadan so‘ng kuchlanish va tokning qiymati ifodalangan (4-rasm). Simulyatsiya jarayoni 0.07 s davom etadi. Konvertorga kiruvchi tok va kuchlanishning qiymati o‘zgarmas xarakterga ega bo‘lganini ko‘rishimiz mumkin bo‘ladi. PWM turidagi konvertorlar elektr energianing sifatiga ko‘roq xarakter beradi. Shuning uchun ham bu turdagi konvertorlar elektr tarmoqda ko‘proq qo‘llaniladi.

Ushbu model orqali bu turdagi konvertorlarning elektr energetik xarakteristikalarini taxlil qilish orqali yangi imkoniyatda ega bo‘lgan AC/DC konvertorlarini ishlab chiqish mumkin. Ahamiyat beriladigan eng asosiy jihati bu elektr energiya tarmog‘iga ta’siri elektr energiyaning sifat ko‘rsatgichlariga ta’sir qilmasligi kerak.



4-rasm. Simulyatsiya modelidan olingan kuchlanish va tokning qiymatlari.

Xulosa.

Uch fazali IPQC (Intelligent Power Quality Converter) tizimlari bo‘yicha ikki turdagi tahlil o‘tkazildi, bu esa ularning turli sxemalarni tadqiqotchilar, muhandislar va AC/DC konvertorlarining foydalanuvchilari uchun kengroq nuqtai nazar taqdim etishga imkon berdi. IPQClarning ikki tur bo‘yicha taklif qilingan tasnifi va turli sxemalarning qo‘shimcha pastki tasniflanishi, aniq vazifalar uchun mos konvertorni tanlashni osonlashtirishi kutilmoqda. Ushbu IPQClar, umumiy konvertorning kichikroq o‘lchami, yuqori samaradorlik, past narx va boshqa energiya sifatini yaxshilash usullari bilan solishtirganda oshirilgan ishonchlilik

ISSN 3030-3907

tufayli energiya sifatini yaxshilash uchun yaxshi alternativalar sifatida ko‘rilishi mumkin. Ushbu konvertorlar nafaqat kirish AC tarmog‘ida, balki DC chiqishda ham yuqori quvvat sifatini ta'minlaydi, bu esa umumiy uskunaning yaxshiroq ishlashiga yordam beradi.

ADABIYOTLAR

1. N. Mohan, T. Udeland, W. Robbins,.Power Electronics: Converters, Applications and Design. 2nd ed. New York: Wiley, 1995-96-102.
2. R. J. Tu, C. L. Chen. A new three-phase space-vector-modulated power factor corrector. in Proc. IEEE APEC’94, 1994-725–730.
3. M. Tou, K. Al-Haddad, V. Rajagopalan. Unity power factor boost topology applied on three-phase rectifier. in Proc. PCIM (USA) 94, 1994- 431–440.
4. F. Stogerer, J. Minibock, J. W. Kolar. Implementation of a novel control concept for reliable operation of a VIENNA rectifier under heavily unbalanced mains voltage conditions. in *Proc. IEEE PESC’01*, 2001 - 1333–1338
5. R. J. Tu, C. L. Chen. A new space-vector-modulated control for a unidirectional three-phase switch-mode rectifier. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 45, pp.1998 256–262, .
6. Ding Xinping and Zhaoming Quian. Three Phase Z source rectifier. *proc. of IEEE Power Electronics Specialists Conference*, 2005-226.
7. A.H. Bhat, P. Agarwal. Three-phase power quality improvement ac/dc converters. *Electr. Power Syst. Res.*, 2007-134.

ISSN 3030-3907