



АВТОНОМ КУЧЛАНИШ ИНВЕРТОРДАГИ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИНИНГ ИШОНЧЛИЛИГИ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19410997>

Б.Э.Эгамбердиев, Х.Х.Мамиров

Ўзбекистан Республикаси ҳарбий авиация институти

e-mail: bahrom_prof@mail.ru

Аннотация: Ушбу мақолада автоном инверторнинг энергетик характеристикаларини ҳамда самарадорлигини оширишдаги илмий тадқиқот натижаларининг ишончлилик даражаси кўриб чиқилган. Мақолада автоном кучланиш инвертори кириш кучланиш диапазонларининг ўзгаришлари натижасида олинган натижалар мослигининг ишончлилик даражаларининг мос келиши кўриб чиқилган.

Калитли сўзлар: *Инвертор, IGBT транзистор, самарадорлигини ошириш, оний, амплитуда, эффектив қийматлар, чиқиш параметрлари, электр энергияси, электр ўзгартгичлар*

Аннотация: *В данной статье рассматривается уровень достоверности результатов научных исследований по повышению энергетических характеристик и эффективности автономного инвертора. В статье рассматривается соответствие уровней достоверности результатов, полученных в результате изменения диапазонов входного напряжения инвертора автономного напряжения.*

Ключевые слова: *Инвертор, IGBT транзистор, повышение эффективности, мгновенные, амплитуда, эффективные значения, выходные параметры, электрическая энергия, электрические преобразователи.*

Abstract: *This article examines the reliability of scientific research results on improving the energy characteristics and efficiency of a stand-alone inverter. The study also analyzes the correlation between the reliability of these results and variations in the inverter's input voltage range.*

Keywords: *Inverter, IGBT transistor, efficiency improvement, instantaneous, amplitude, effective values, output parameters, electrical energy, electrical converters.*

КИРИШ

Энергия самарадорлиги ва энергия тежамкорлиги фан, техника ва технологияларни ривожлантиришнинг

устувор йўналишлари сифатида Ўзбекистоннинг 2030 йилгача бўлган даврга мўлжалланган Энергетика стратегиясига киритилганлиги ушбу



йўналишнинг Ўзбекистон иқтисодиётини модернизация қилиш ва технологик ривожлантириш, унинг рақобатбардошлигини ошириш учун муҳимлигини таъкидлайди. Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва истеъмол қилишнинг замонавий жараёнлари, уларсиз замонавий иқтисодиётни амалга ошириш мумкин эмас, уни қайта-қайта ўзгартиришни талаб қилади, бунинг учун кучли яримўтказгичли автоном инверторлардан фойдаланилади, уларнинг самарадорлиги ва ишончилиги барча электр энергияси истеъмолчиларининг самарадорлиги ва ишончилигига боғлиқ. Инверторни лойиҳалашнинг энг муҳим босқичи лойиҳаланаётган қурилманинг энг яхши техник иқтисодий кўрсаткичларини таъминлайдиган топология ва модуляция усулини танлашдир. Ушбу босқичда танлов мезонлари ва процедураларининг мавжудлиги хатолар эҳтимолини камайтиради ва яримўтказгичли асбобни лойиҳалаш вақтини қисқартиради. Шундай қилиб, лойиҳавий ечимларнинг асосланганлигини таъминлаш ва танлов мезонларини шакллантириш вазифаси долзарб ҳисобланади. Ҳозирги вақтда куч электроникаси соҳасида автоном кучланиш инверторларини қўллаш самарадорлигини ошириш мақсадида янги схемотехник ечимларни ишлаб чиқиш ва мавжудларини такомиллаштириш масалаларига

бағишланган кўплаб материаллар тўпланган. Шу билан бирга, тубдан фарқ қилувчи модуляция схемалари ва алгоритмларини таққослаш масаласи очик қолмоқда.

Замонавий яримўтказгичли қурилмалар асосидаги автоном инвертор ёрдамида ўзгармас ток кучланишини талаб этилган ўзгарувчан ток кучланишига ўзгартиради ва уни ўзгарувчан ток тармоғига уланиш ҳолатида ўзгарувчан ток тармоғи билан синхронлаштиради. Ҳозирги вақтда ҚФЭҚ Ўзбекистоннинг бориш қийин бўлган ҳудудларида энергия қурилмаларини яратишда, ишлаб чиқариладиган қувватнинг чекланган қийматлари шароитида, шу жумладан космик аппаратларда (КА), шунингдек, кўшимча энергия манбаи сифатида кенг қўлланилмоқда.

Илмий-назарий ва амалий нуқтаи назардан, энергия қурилмаларининг иш самарадорлигини ошириш мақсадида электр энергиясини ўзгартириш усуллари ва воситаларини ишлаб чиқишнинг долзарб масалаларини ўрганиш зарурати вужудга келди, шу асосда электр ўзгартгичлар учун юқори самарадорликка эга бўлган автоном инверторларининг янги функционал схемаларини ишлаб чиқиш ҳамда уларнинг параметрларини муҳандислик ҳисоблаш усуллари ёрдамида асослаш жуда муҳим ҳисобланади, шу асосда ушбу илмий

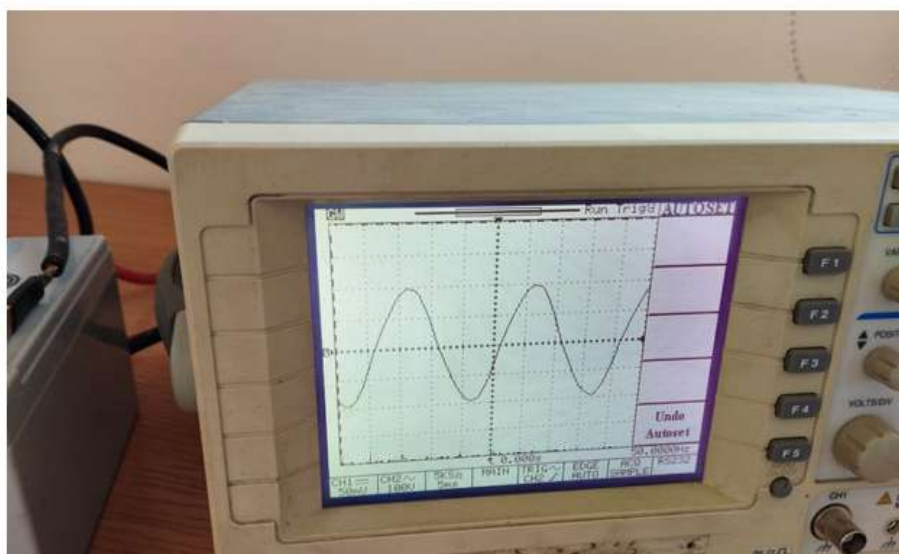


тадқиқотининг мақсади ва вазифалари танлаб олинди.

Эксперимент методикаси

Илмий изланишнинг экспериментал тадқиқоти лаборатория шароитида ҳамда қуёш панелида

текширишлар амалга оширилди. Инверторни турли иш режимларида лаборатория шароитида синовдан ўтказиб чиқиш кучланишининг осциллограммалари 1-расмда келтирилган.



1-расм. Инвертор чиқиш кучланишининг осциллограммаси

Осциллограмма натижаларига кўра синусоидал шакл ўзгармаган ҳолда фақатгина юқори қувватларда амплитудага таъсир кўрсатганлиги аниқланди.

Инвертор чиқиш частотаси юқоламани минимал ва максимал қийматларга ўзгартирилганида частота стабиллиги $\pm 1,2\%$ гача ўзгарганлиги аниқланди. Инверторнинг чиқиш характеристикалари 2-расмда келтирилган.



2-расм. Инверторнинг чиқиш характеристикалари



Инвертор кириш кучланишлари 12, 24, 36 ва 48 В га ўзгартирган ҳолда ушбу кучланишларга мос бўлган чиқиш кучланишлари аниқланди. Чиқиш кучланиши лаборатория шароитида ва қуёш панелларида синовдан ўтказилди. Лаборатория шароитида олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра кириш ва чиқиш кучланишлари юкламага мос равишда ўзгариш чегараси $\pm 20\%$ ортганлиги аниқланди.

Инвертор кириш кучланиши 12 В номинал қийматда максимал 14,4 В, минимал 9,6 В кучланишларга ўзгарганида ҳам инвертор ўз иш фаолиятини давом эттирди. Чиқиш кучланиш номинал чегараси 220 В бўлганида максимал кучланиш 264 В, минимал кучланиш 176 В га тенг бўлди [1-2].

НАТИЖА ВА ТАҲЛИЛЛАР

Натижаларни таҳлил қилиш учун автоном инвертор кўрсаткичлари қуёш панелида амалга оширилди. Қуёш панелининг иш режими қуёш интенсивлигига боғлиқ бўлганлиги учун чиқиш кучланиши ўзгариб туради. Бундан ташқари булутли ва ёмғирли кунларда кучланиш кескин камайиши кузатилади. Шунинг учун кучланиш ўзгаришига мос бўлган автоном инверторнинг чиқиш параметрлари аниқланиб таҳлил қилиниши керак, сабаби автоном инвертор чиқишида кучланишни ростлаш талаб этилади. Бунинг учун кириш кучланишнинг ўзгариш

чегарасига чиқиш кучланиш боғлиқ бўлади.

Инвертор чиқишида олинган натижалар ва характеристикалар назарий ва экспериментал ҳисобланган натижа ва характеристикаларга мосли кузатилди. Ушбу талабнинг мақсадга мувофиқлигини баҳолаш компьютер моделлаштиришда олинган характеристикаларнинг экспериментал тадқиқотларда олинган характеристикаларга қисман мослиги ўртача қийматлари ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Компьютер моделлаштириш назарий ва аналитик ҳисоблашларда йўл қўйилган камчиликларни бартараф қилиш учун оптимал ечимни таклиф қилади.

Инвертор схемаларида олиб борилган тадқиқот натижалари бўйича чиқиш параметрлари ўзгарувчан бўлганлиги сабабли, оний, амплитуда ва эффектив қийматлари, компьютер моделлаштириш натижасида олинган трансформатор параметрлари билан таққосланди. Таққослаш мезонларига кўра юкламадаги $U_{ю}$ ва $I_{ю}$ кучланиши ва ток кучининг ҳаракатдаги қийматларини, шунингдек ўтиш жараёни τ вақтининг давомийлигига таққосланди [3-7].

Таҷриба давомида иш жараёнининг ўзгариши натижасида, юкламанинг самарали қуввати танланган. Бунинг учун бошқарув блокининг таъсирини аниқлашда физик моделнинг мумкин бўлган иш режимларини таҳлил қилиш асосида 0,



$0,5P_H$, P_H юклама кувват диапазонларида таққослаш ишончлилик интерваллар аниқланди. Олинган натижаларнинг ишончлилиги куйидагича баҳоланади.

Ишончлиликни аниқлашда физик параметрларни ўлчашлар сони ҳар бир қиймат учун 10 мартани ташкил этди. Ишонч оралиғи Стъудент мезони асосида аниқланди.

$$\Delta Y = \pm t(\beta, k) \frac{S^*}{\sqrt{k}},$$

(1)

бу ерда, $k = n - 1$; n – қайта ўлчашлар сони; $t(\beta, k)$ – Стъудент мезони; S^* – ўртача квадратик

хатоликларнинг яқинлаштирилган қиймати куйидаги ифода билан аниқланади

$$S^* = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

(2)

Натижаларни статик қайта ишлаш учун асосий маълумотлар 1-жадвалда келтирилган, бу ерда Δ – тадқиқот натижасининг параметрлари ўртача қийматдан оғиши.

Экспериментал тадқиқотлар натижалари ва компютер моделлаштириш 1-жадвал

P	U		Δ, %	I		Δ, %	$t_{ПП}$		
	Ўртача қиймат, В			Ўртача қиймат, А			Ўртача қиймат, мс		Δ, %
	ЭТ	КМ		ЭТ	КМ		ЭТ	КМ	
0	224	219	-2,2	21,6	21,1	-2,2	1,2	0,12	-5,4
$0,5 P_H$	213	222	+4,08	21,1	20,8	-1,09	1,4	1,2	-1
P_H	206	218	+5,4	20,3	21,2	+4,09	1,35	1,39	+0,2

Компьютер моделлаштириш ва физик моделлар натижаларини таққослаш ишончли интерваллар (фарқ $\pm 5,4\%$) ва ўртача қийматлар (фарқ - 5,4 дан +5,4% гача) мос келишини кўрсатди.

Экспериментал тадқиқот ва компютер моделлаштириш натижаларининг бир-бирига мосли, балки унинг асосида амалга оширилган автоном инвертордан олинган назарий хулосаларнинг ишончлилигини тасдиқлайди, чунки компютер ва инверторни алмаштириш схемасини тавсифлаш усули бир хил бўлиб қолмоқда [8-11].

ХУЛОСА

Назарий тадқиқотлар натижаларини таҳлил қилиш учун куёш панели, ўзгармас таъминот манбаи, аккумулятор батареяси, мультиметр, рақамли осциллограф, асинхрон двигател ва ҳар хил турдаги юкламаларда автоном инверторнинг иш жараёни текшириш ишлари амалга оширилди. Трансформаторда содир бўладиган сарфлар 15% ни ташкил қилганида чиқишда 3 кВт дан юқори кувватни олиш имконини берди.

Тадқиқот икки усулда лаборатория шаротида ва куёш панелида амалга оширилиб натижалар



тахлил қилинди. Автоном инвертор чиқишида синусоидал шаклдаги кучланиш ҳосил қилинди. Инвертор чиқиш частотаси юкаламани минимал ва максимал қийматларга ўзгартирилганида частота стабиллиги $\pm 1,2\%$ гача ўзгарганлиги аниқланди.

Лаборатория шароитида олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра кириш ва чиқиш кучланишлари юкламага мос равишда ўзгариш чегараси $\pm 20\%$ ортанлиги аниқланди.

Автоном инвертор схемаларида олиб борилган тадқиқот натижалари бўйича чиқиш параметрлари ўзгарувчан бўлганлиги сабабли, оний, амплитуда ва эффектив қийматлари, компьютер моделлаштириш натижасида олинган трансформатор параметрлари билан таққосланди. Таққослаш натижасига кўра компьютер моделлаштириш ва физик моделлар натижаларини таққослаш ишончли интерваллар (фарқи $\pm 5,4\%$)

ва ўртача қийматлар (фарқи $-5,4$ дан $+5,4\%$ гача) мос келишини кўрсатди.

Экспериментал тадқиқот ва компьютер моделлаштириш натижаларининг бир-бирига мосли, балки унинг асосида амалга оширилган автоном инвертордан олинган назарий хулосаларнинг ишончлилигини тасдиқлайди, чунки компьютер ва инверторни алмаштириш схемасини тавсифлаш усули бир хил бўлиб қолмоқда.

Мазкур илмий тадқиқот ишида куёш панеллари ва бошқа бир қанча соҳалар учун ишлаб чиқилган инвертор қурилмасининг техник иқтисодий кўрсаткичлари аниқланди. Хориж давлатларида ишлаб чиқарилган 3 кВт қувватли инверторларнинг бугунги кундаги нархи 450\$. Илмий тадқиқот иши бўйича тайёрланган 3 кВт қувватли инвертор бутловчи қисм элементлари учун 1173000 сўм.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Эгамбердиев Б. Э., Мамиров Х. Х., О. Т. Холов., А. А. Акбаров., Н. М. Рахимова. Патент “Автономный инвертор” Министерство юстиции Республики Узбекистан IAP 8396 2026 г. 2. Мамиров Х. Х., Эгамбердиев Б. Э. Development Of An Autonomous 3 KW Inverter For Solar And Wind Mini Power Plants// Texas journal of Engineering and Technology// ISSN: 2770-4491, Vol 6, Issue 4, 2025. С. 1-6
3. Ivanov S.A. Frequency converters and electric drive control systems. Moscow: Energoatomizdat; 2018. 320 p.
4. Petrov V.V, Kozlov A.N. Power electronics: theory and practice. St. Petersburg: Piter; 2020. 450 p.
5. Vasiliev Y.M. Control of electric motors: theory and methods. Moscow: Goryachaya liniya – Telecom; 2017. 280 p.



6. Modern methods and technologies of frequency converters // *Vestnik of Chuvash University*. 2019;3:95-105.
7. Texas Instruments. *Datasheet: TCA785 Phase Control IC*. Available from: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tca785.pdf>
8. Melnikov A.P, Smirnov I.V. Pulse-width modulation and inverter control. Moscow: Radio i svyaz; 2016. 210 p.
9. Kuznetsov I.N. Frequency converters in marine power systems. St. Petersburg: Sudostroenie; 2015. 270 p.
10. Bobrov V.G, Kuzmichev D.S. Modeling control systems for electric drives in Proteus. *Electrotechnics and Electronics*. 2021;56(4):34-40.
11. Senator V.E, Rudenko A.V. Thyristor frequency converters: theory and application. Moscow: Energiya; 2014. 300 p.