

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

2 (300)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2015 ж.

МАРТ – АПРЕЛЬ 2015 г.

MARCH – APRIL 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 300 (2015), 18 – 23

SINGLE PHASE STAND-ALONE INVERTER

S. A. Orynbayev, S. S. Moldakhmetov, A. B. Bekbayev

Kazakh National Technical University named after K. Satpayev, Almaty, Kazakhstan. E-mail: seitzhan_74@mail.ru

Key words: H-bridge inverter, multiple winding transformer, THD.

Abstract. This paper proposes a constructing single phase stand-alone inverter topology that allows to obtain single-phase sinusoidal alternating current with power frequency at the output, increasing the power and reducing its cost through the use of transistors in standard case. This result is achieved by dividing the current in the primary windings of the multi-winding power-up transformer. Bipolar voltages of the H- bridge inverters with a phase shift are supplied to the primary winding. By using partial duty cycle of the inverted voltage and different switching times in the windings on the secondary winding a sinusoidal voltage is formed. The article presents the simulation results in Simulink. In comparison with analogues the presented topology allows to get a smaller value of THD. The total harmonic distortion of the inverter output voltage is 2,43%.

УДК 621.314.5

ОДНОФАЗНЫЙ АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР

С. А. Орынбаев, С. С. Молдахметов, А. Б. Бекбаев

Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: мостовой инвертор, многообмоточный трансформатор, коэффициент нелинейных искажений.

Аннотация. В статье предложена топология однофазного автономного инвертора, который позволяет получить однофазный переменный ток промышленной частоты с улучшенной формой синусоиды на выходе, увеличить мощность инвертора, а также снизить его себестоимость за счет использования транзисторов в стандартном корпусе. Данный результат достигается за счет деления токов в первичных обмотках многообмоточного силового повышающего трансформатора. К каждой из первичных обмоток подается двуполярное напряжение с мостовых инверторов со сдвигом по фазе. При использовании неполного коэффициента заполнения инвертированного напряжения и различного времени коммутации в обмотках на выходе вторичной обмотки формируется напряжение близкое к синусоидальному. В статье приведены результаты моделирования предлагаемого инвертора в среде Simulink. Коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения представленного инвертора составил 2,43 %.

Введение. На сегодняшний день все большую популярность приобретает использование энергии ветра и Солнца для электроснабжения частного потребителя. У таких систем имеется множество плюсов, а самым главным недостатком является высокая цена. При этом большую долю в ценообразовании энергетической установки занимают аккумуляторные батареи и инвертор [1].

Существует множество способов реализации однофазных инверторов [2]. Следует понимать, что инвертор зачастую просто преобразует постоянное напряжение источника питания в двуполярное напряжение промышленной частоты. Поэтому большинство схем основано на применении повышающего трансформатора, поскольку без него потребуется от 18 аккумуляторных батарей напряжением 12 В для достижения необходимого напряжения в 220 В на выходе. Но и с

применением трансформаторов существует ряд неудобств. Так как выпрямленное напряжение на выходе ветрогенераторов зачастую не превышает 30 В, для построения инвертора мощностью более 1 кВт необходимо использование схем с двойным преобразованием [1], а для коммутации токов превышающих 50 А – дорогостоящих силовых транзисторных модулей. Помимо этого, большинство инверторов не имеет синусоидальную форму выходного напряжения, что снижает качество электроэнергии, поступающего к потребителю.

В статье предложена совершенно новая конструкция однофазного инвертора мощностью до 3 кВт с синусоидальной формой выходного напряжения промышленной частоты, имеющего улучшенные выходные характеристики и низкую стоимость.

Предлагаемая топология. Предлагаемый инвертор для повышения напряжения также использует трансформатор, первичная обмотка которого выполнена многообмоточной [3]. Это позволяет при неизменном входящем напряжении разделить большой входной ток по обмоткам на несколько токов, тем самым увеличить пропускную способность инвертора, также использовать на входе источник питания, постоянное напряжение которого составляет незначительную величину. Схема предлагаемого однофазного автономного инвертора показана на рисунке 1.

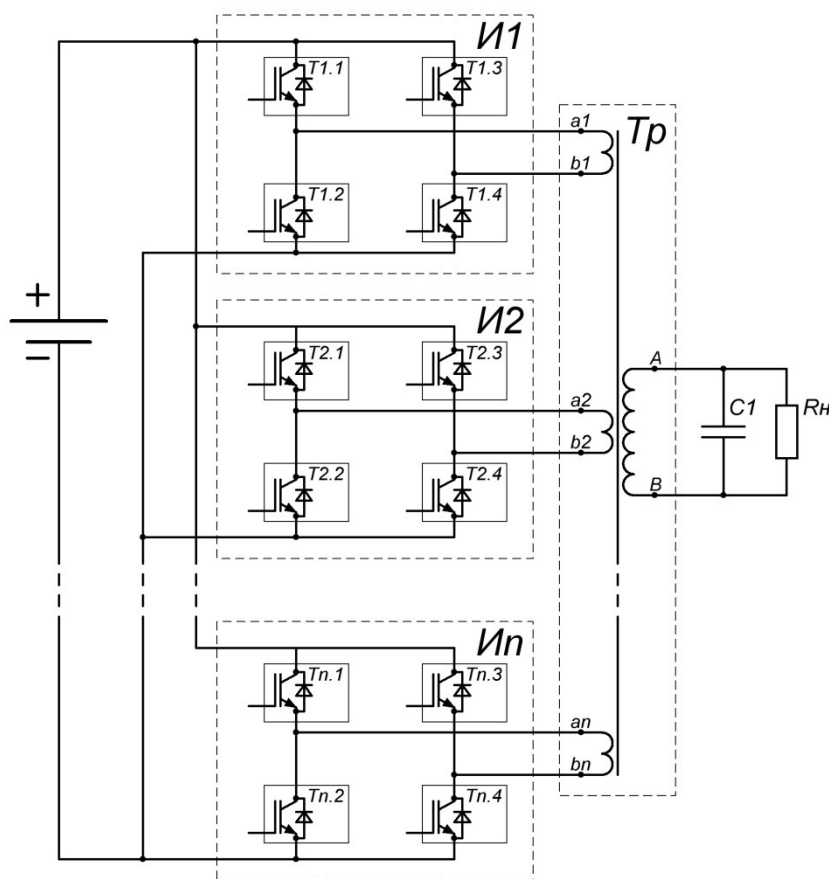


Рисунок 1 – Схема однофазного инвертора

Как видно из рисунка 1, к источнику постоянного тока параллельно подключены мостовые инверторы $I1, I2, \dots, In$. Каждая секция мостового инвертора состоит из четырех ключей $Tx.1, Tx.2, Tx.3, Tx.4$, представляющих собой IGBT транзисторы с обратным диодом. Выводы переменного тока каждой секции инвертора подключены к соответствующим первичным обмоткам $a1-b1, a2-b2, \dots, an-bn$ многообмоточного трансформатора Tr . Вторичная обмотка трансформатора через параллельно включенный конденсатор подключена к нагрузке. На практике для реализации инверторных мостов нет необходимости выбирать дорогостоящие силовых транзисторные модули, достаточно использование приборов в корпусах TO-220 и TO-247 [4].

Очередность включения ключей Тх.1, Тх.2, Тх.3, Тх.4 осуществляют системой управления, на затвор транзисторов поступает управляющий сигнал с микроконтроллерной системы управления.

Алгоритм управления транзисторными ключами. Следует заметить, что инверторные мосты имеют необычную последовательность инвертирования. В каждой секции блока мостовых инверторов две пары диагональных транзисторов управляются двумя одинаковыми последовательностями импульсов, но сдвинутыми друг относительно друга на 180° . Период следования и скважность импульсов управления для всех инверторов блока остается неизменным. При этом сдвиг импульсов по фазе относительно одного инвертора к другому будет зависеть от числа первичных обмоток трансформатора. Данный сдвиг по фазе φ обратно пропорционален числу обмоток и рассчитывается по формуле 1.

$$\varphi = \frac{\pi(Q - 2)}{Qn}, \quad (1)$$

где Q – скважность управляющих импульсов, n – количество мостовых инверторов.

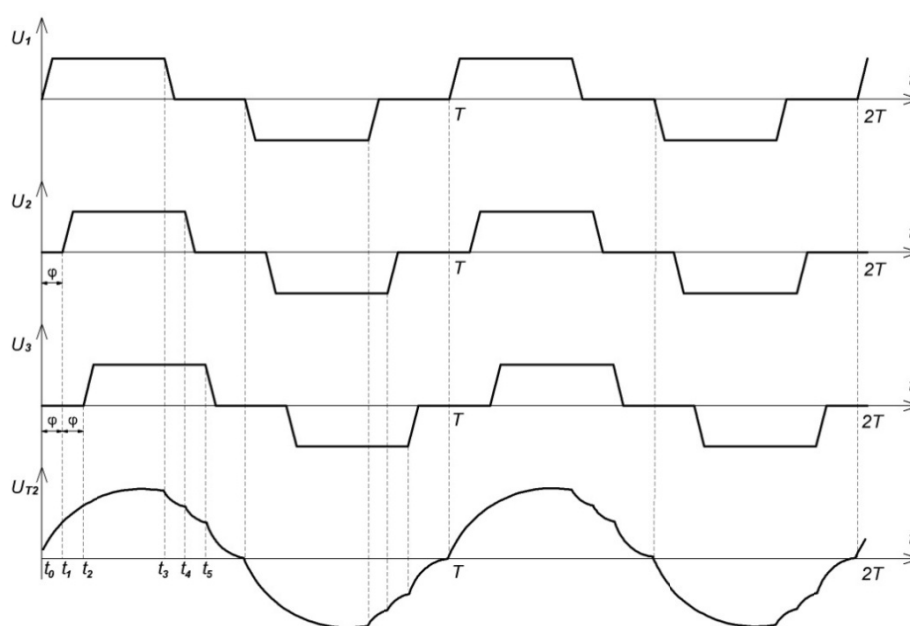


Рисунок 2 – Временная диаграмма формирования выходного напряжения

Принцип формирования выходного напряжения поясняет рисунок 2, на котором показаны двуполярные напряжения U_1 , U_2 , U_3 , формируемые инверторами в первичных обмотках трансформатора, сдвинутые относительно друг друга на угол φ . Данный сдвиг по фазе необходим, во-первых, для формирования на выходе трансформатора напряжения близкого к синусоидальному, а во-вторых, это позволяет достигать скважности управляющих импульсов равной 3. Последнее необходимо для смягчения режима работы биполярных транзисторов с изолированным затвором. Так как данные транзисторы коммутируют большие токи, наблюдается высокое тепловыделение, которое пагубно влияет на характеристики транзисторов. Работа данных транзисторов в импульсном режиме с большой скважностью позволит снизить тепловыделение и вероятность выхода из строя [5]. Помимо этого, такая скважность позволяет разнести моменты коммутации силовых ключей для формирования достаточного по длительности мертвого времени и для протекания переходных процессов [6]. Это необходимо для предотвращения сквозных токов источника питания, которые способны моментально вывести из строя оба транзистора. Также следует учитывать, что ввиду больших индуктивностей возрастает время переходных процессов при коммутации, которые могут привести к большим перенапряжениям, поскольку ток в цепи не может мгновенно изменить направление. Для предупреждения перенапряжения используются транзисторы с обратными диодами. После размыкания ключей ток в первичной обмотке спадает через обратные диоды транзисторов под действием обратного напряжения.

Для каждого мостового инвертора система управления формирует два противофазных сигнала управления со скважностью близкой 3, которые подают на затвор двух диагонально включенных ключей Tx.1, Tx.4 и Tx.2, Tx.3. Причем на первую секцию блока мостовых инверторов подаются управляющие сигналы без сдвига по фазе, на вторую со сдвигом по фазе φ , и так далее для каждой секции мостового инвертора сдвиг по фазе управляющих импульсов будет увеличиваться на φ относительно предыдущего.

Таким образом, в магнитопроводе трансформатора Tr возникает магнитное поле возрастающее и спадающее в течение одного полупериода, индукция которого в свою очередь создает переменное напряжение на выводах вторичной обмотки А-В.

Моделирование и результаты. В среде визуального моделирования Simulink MATLAB была реализована модель устройства (рисунок 3). Модель состоит из трех инверторов тока, подключенных к первичной обмотке трансформатора. Основой для создания модели послужил пакет SimPowerSystems. Данный пакет специализируется на элементах силовой электроники, позволяющих реализовывать адекватные модели.

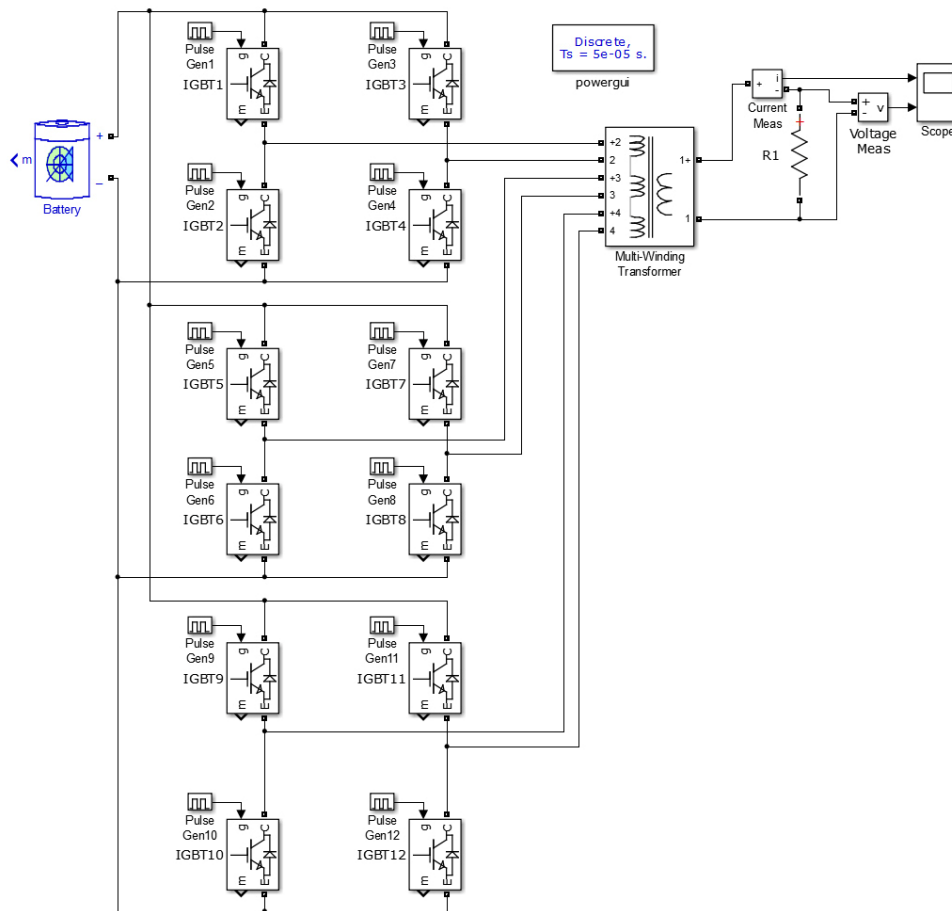


Рисунок 3 – Модель инвертора в среде Simulink

В качестве источника питания была выбрана свинцово-кислотная аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 24 В и ёмкостью 200 А·ч. Многообмоточный трансформатор представлен блоком Multi-Winding Transformer. Параметры трансформатора заданы так, что все первичные обмотки равны между собой. Вторичная обмотка трансформатора подключена к резистору сопротивлением 25 Ом. Роль силовых ключей инверторных мостов выполняют блоки IGBT/Diode, управляемые импульсными генераторами PulseGen.

Скважность импульсной последовательности была выбрана равной 3. Таким образом, длительность открытого состояния любого из транзисторов составляет 3,33 мкс. Расчеты сдвигов по фазе производились согласно формуле (1).

Помимо получения временных диаграмм выходного напряжения и тока Simulink, позволяет выполнять гармонический анализ при помощи блока powergui. На рисунке 4 представлена временная диаграмма и спектральная характеристика напряжения на выходе предлагаемого инвертора. Амплитуда напряжения равна 310 В, частота 50 Гц. Форма кривой напряжения заметно отличается от синусоидальной, при этом, согласно FFT анализа, коэффициент нелинейных искажений равен 8,78 %.

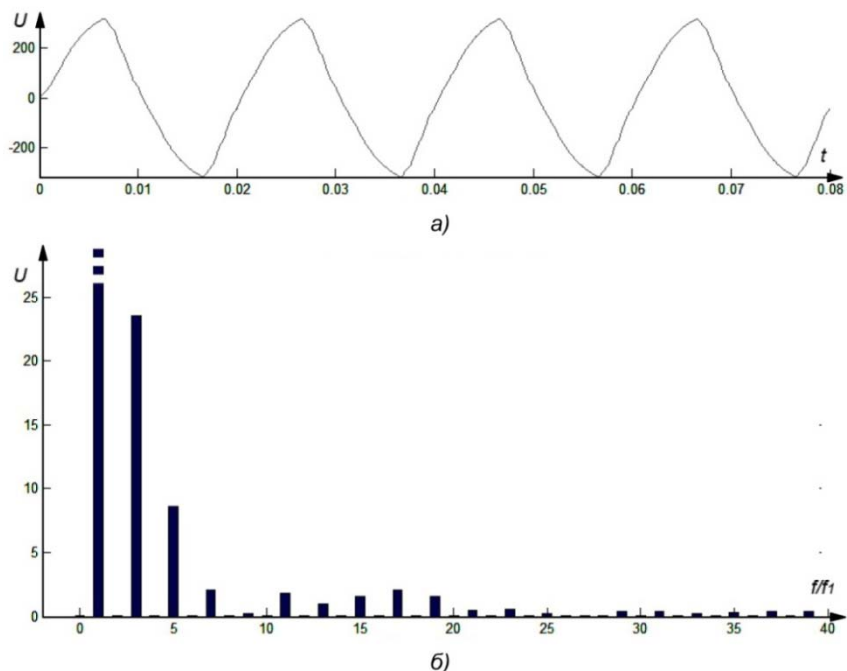


Рисунок 4 – Временная (а) и спектральная (б) диаграммы напряжения на выходе инвертора без конденсатора

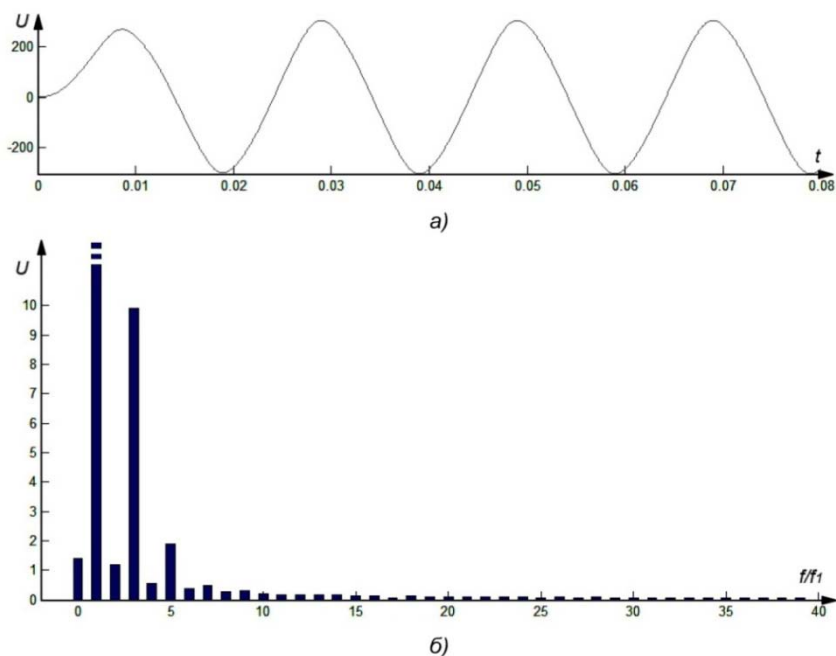


Рисунок 5 – Временная (а) и спектральная (б) диаграммы напряжения на выходе инвертора с конденсатором

Для подавления гармонических составляющих достаточно установить параллельно нагрузке конденсатор емкостью 200 мкФ. Временная и спектральная диаграммы для случая показаны на рисунке 5. Коэффициент нелинейных искажений равен 2,43 %, что значительно меньше, чем у аналогов [7, 8].

Выводы. Предложенная в статье топология однофазного автономного инвертора позволяет получить однофазный переменный ток промышленной частоты с улучшенной формой синусоиды на выходе, увеличить мощность инвертора, а также снизить его себестоимость за счет использования транзисторов в стандартном корпусе. Данный результат достигается за счет внедрения в схему автономного инвертора силового сглаживающего трансформатора, первичная обмотка которого является многообмоточной и к каждой из первичных обмоток подается двуполярное напряжение с мостовых инверторов со сдвигом по фазе. По результатам моделирования среде Simulink коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения представленного инвертора составил 2,43 %. По результатам исследований оформлена заявка на получение инновационного патента РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mukund R. Patel. Wind and solar power systems: Design, analysis and operation. CRC Press. – 2006. – С. 221 – 233.
- [2] Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.: Энергоатомиздат. – 1986. – С. 81 – 112.
- [3] Брускин Д.Э. и др. Электрические машины: часть первая. М.: Высшая школа – 1987. – С. 81 – 112.
- [4] Peter Wood, Donald A. Dapkus II. Thermal and Mechanical Considerations for FullPak Applications. – International Rectifier. Application Note 972A.
- [5] Грошев В.Я. Способы уменьшения тепловыделения в одноктных трансформаторных конвертерах // РадиоЛоцман. – 2012. - №8. С. 64 – 70.
- [6] Selva Kumar R., Karthick V., Arun D. A Review on Dead-Time Effects in PWM Inverters and Various Elimination Techniques // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2014. - №1 (4). С. 385 – 387.
- [7] Espinosa E.E., Espinoza J.R., Melin P.E., Ramirez R.O., Felipe Villarroel, Munoz J.A., Luis Moran. A New Modulation Method for a 13-Level Asymmetric Inverter Toward Minimum THD // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2014. - №3. С. 1924-1933.
- [8] Debnath S., Narayan R. THD Optimization in 13 level photovoltaic inverter using Genetic Algorithm // International Journal of Engineering Research and Applications. – 2012. - №3. С. 385-389.

REFERENCES

- [1] Mukund R. Patel. Wind and solar power systems: Design, analysis and operation. CRC Press, **2006**, pp. 221-233.
- [2] Moin V.S. Stabilized transistor converters. M.: Energoatomizdat, **1986**, pp. 81-112 (in Russ.).
- [3] Bruskin D.Je. i dr. Electric cars: Part One. M.: Vyssh. shk. **1987**, pp. 81 – 112 (in Russ.).
- [4] Peter Wood, Donald A. Dapkus II. Thermal and Mechanical Considerations for FullPak Applications. International Rectifier. Application Note 972A.
- [5] Groshev V.Ya. Ways to reduce heat generation in single-ended transformer converters. RadioLocman. **2012**, №8, pp. 64 – 70 (in Russ.).
- [6] Selva Kumar R., Karthick V., Arun D. A Review on Dead-Time Effects in PWM Inverters and Various Elimination Techniques. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. **2014**, №1 (4), pp. 385 – 387.
- [7] Espinosa E.E., Espinoza J.R., Melin P.E., Ramirez R.O., Felipe Villarroel, Munoz J.A., Luis Moran, A New Modulation Method for a 13-Level Asymmetric Inverter Toward Minimum THD, IEEE Transactions on Industry Applications, **2014**, Vol.50, No.3, pp.1924-1933.
- [8] Debnath S., Narayan R., THD Optimization in 13 level photovoltaic inverter using Genetic Algorithm. International Journal of Engineering Research and Applications. Vol. 2, Issue 3, May-Jun. **2012**, pp. 385-389.

БІРФАЗАЛЫ АВТОНОМДЫ ИНВЕРТОР

С. А. Орынбаев, А. Б. Бекбаев, Б. К. Байбутанов

К. И. Сәтбаев атыдағы Қазақ ұлттық техникалық университет, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: көпірлік инветор, көп орамалы трансформатор, сызықты емес бұрмалау коэффициенті.

Аннотация. Мақалада бірфазалы автономды инвертордың топологиясы қарастырылған, ол шығысында синусоидасының пішіні жақсартылған өндірістік жиіліктегі бірфазалы айнымалы тоқты алуға, инвертордың қуатын ұлғайтуға және стандартты қанқадағы транзисторларды қолдану есебінен өзіндік бағасын төмендетуге мүмкіндік береді. Осы нәтиже күштік жоғарлатушы трансформатордың біріншілік орамаларында тоқтың бөлінуіне байланысты. Біріншілік орамаларға көпірлік инверторлардан фаза бойынша ығысқан екі-полярлық кернеу беріледі. Инвертордан өткен кернеудің толық емес толтыру коэффициентін және орамалардағы коммутацияның әр уақытта болуын қолдану кезінде екіншілік орамалардың шығысында синусоидаға жақын кернеу пайда болады. Мақалада Simulink ортасында көрсетілген инверторды модельдеу нәтижелері келтірілген. Инвертордағы шығыс кернеудің бұрмалау коэффициенті 2,43% құрады.

Поступила 17.03.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

physics-mathematics.kz

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 20.03.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
10,5 п.л. Тираж 300. Заказ 2.