

**MODELING AND RESEARCH IN ENVIRONMENT MATLAB
MULTILEVEL CONVERTER ON IGBT TRANSISTORS****K.N. Taissariyeva**

Kazakh National Research Technical University after K. I. Satpayev

E-mail: taisariyeva@mail.ru**Key words:** inverters, converter, an inverter, the IGBT, transistor inverter multiple levels

Abstract. This article discusses the modeling and study of the multilevel converter assembled on IGBT transistors. Perform calculations switching transistors at each level of the inverter, which will provide a sinusoidal output voltage of the inverter.

From the above results of the simulation of multi-level inverter circuit can be $v_{\gamma} - v_{\delta}$ that you can use solar energy conversion. It should be noted that when using multilevel converter in solar conversion, a large solar cell efficiency savings.

In conclusion it may be noted that the most sinusoidal curve provides twenty-six level converter which has a voltage curve ratio 1.22%. This figure is 3% higher than for an eight drive. However, to build such a converter requires higher material costs compared with eight and twelve-level converters.

ӨОЖ 621.382.049.77: 621.314.5

**IGBT ТРАНЗИСТОРЛЫ КӨП ДЕҢГЕЙЛІ ТҮРЛЕНДІРГІШТІ MATLAB
БАҒДАРЛАМАСЫНДА МОДЕЛДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ****Қ.Н. Тайсариева**

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университеті

имени К.И. Сатпаева

Кілттік сөздер: түрлендіргіш, инвертор, IGBT, транзистор, көпдеңгейлі түрлендіргішті.

Аңдатпа: Бұл ғылыми мақалада IGBT транзисторлы көп деңгейлі түрлендіргішті MATLAB бағдарламасында моделденіп, зерттелді. Көпдеңгейлі түрлендіргіштің шығыс кернеу сызығын синустылықты қамтамасыз ету үшін, түрлендіргіштің әрбір деңгейінде транзисторларды коммутациялау есептеліп MatLab бағдарламасында, оның имитациялық моделі жасалды. Көпдеңгейлі түрлендіргіштің имитациялық моделінен алынған шығыс кернеуінің қисығы гармоникалық құраушыларға жіктеліп оларға талдау жасалды. Синусоидаға жақын қисықты, жиырма алты деңгейлі түрлендіргіш қамтамасыз етеді, оның кернеу коэффициенті 1.22% тең. Бұл көрсеткіш сегіз деңгейлі түрлендіргіштің көрсеткішінен 3% - ға жоғары. Бірақ, мұндай түрлендіргішті құру үшін сегіздік және он екілік түрлендіргішке қарағанда өте көп қаражат керек, және оның жұмыс істеу принципі өте күрделі болғандықтан, түрлендіргіште артық шығын қуаты көп болады.

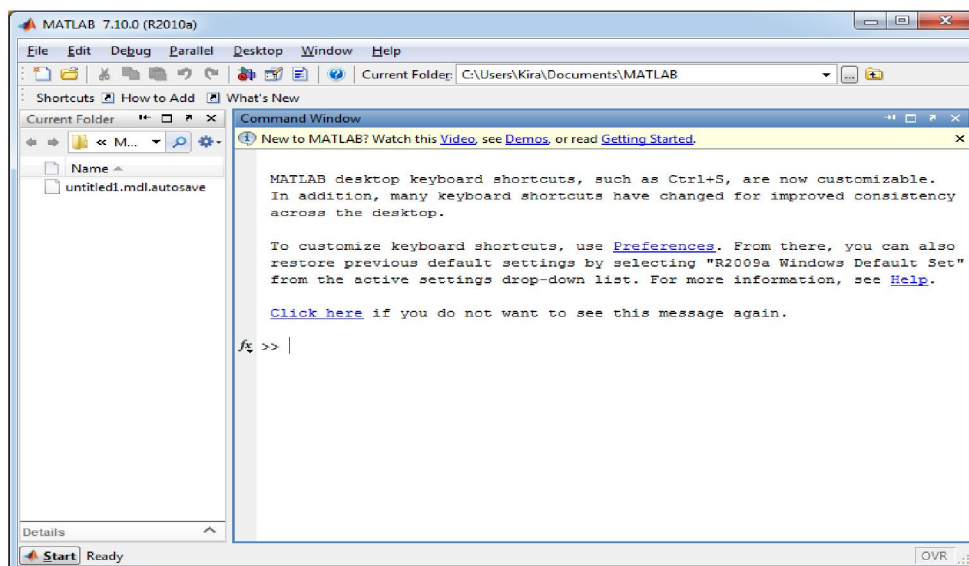
Физикалық құбылыстарды компьютерде моделдеу зертханалық жаттығуларды ұйымдастыруда нәтижелі әдіс болып табылады [1]. Нақты зертханалық стендтерден қарағанда, виртуалды стендтердің ерекшеліктері бар:

- Зерттелетін сұлбаның және үлкен макеттің өлшеу – бақылау аппаратуралары болмайды;
- Өлшеу қателіктері аз;
- Компьютерде моделдеу уақыты тәжірибелік зерттеулер жүргізу және макет дайындау

уақытына қарағанда бірнеше есе аз. Электронды блоктарды жобалауда тапсырмаларды шешу үшін қолданбалы компьютерлік арнайы пакеттер бар [2].

MATLAB — интерактивті ортадағы жоғары деңгейлі бағдарламалау тілі, нәтижелерді көрсетеді және есептейді. MATLAB көмегімен мәліметтерді талдауға, алгоритмдерді өңдеуге, қосымшаларды және моделдер жасауға болады [3].

MATLAB жүйесі (матрицалық зертхана) MathWorks мамандары құрған техникалық есептеулер жүргізу үшін жоғары дәрежелі бағдарламалау тілі. MATLAB бағдарламалау ортасының негізгі терезесі 1- суретте көрсетілген.



1 сурет – MATLAB бағдарламасының терезесі

Экранның сол жағында (1 – сурет) жүйе компоненттерінің браузерлер терезесін көруге болады, олар операциялық бақылау жасау үшін қажет: Workspace – жұмыс ауданының ресурсын көруге арналған арнайы браузер. Ол жұмыс ауданының өңделген кескінін береді: объектілірдің (геометриялық фигуралардың, түрлі түсті суреттер және т.б) көлемін, оларды түзетуге және де өшіру мүмкіндіктерін береді;

Command History – тапсырма орындалуының тарихын көрсететін браузер;

- Current Directory – файлдық жүйе браузері. Бұл терезеде құжаттар тізімі және файлдардың мәліметі соңғы өңделу күнін көрсетеді [4].

MATLAB 7.10.0. жаңа Simulink 6.5 кеңейтілімді пакетін ұсынады, ол сызықтың және сызықты емес динамикалық жүйелер мен құралдарды математикалық моделдеуге арналған, және де функционалды блок – сұлбасын ұсынады ол S- модель немесе жай модель деп атаймыз.

Модель құрамына әртүрлі түрдегі қорек сигналдар, виртуалды тіркеуші құралдар, анимация жасау үшін графикалық ортасы кіруі мүмкін. Моделдеудің бірнеше нұсқалары бар: уақыт ауданында, жиіліктік және басқарылатын және т.б[63, 25б.].

Simulink – моделдеудің графикалық ортасы. Ол блок – диаграмма көмегімен бағытталған графтар түрінде дискретті гибритті және үзіліссіз сызықты емес және үзілісті жүйелер арқылы динамикалық моделдер тұрғызады [64, 55б.].

Simulink пакетін іске қосу үшін саймандар тақтасынан көрсетілген батырманы басу арқылы жүзеге асырамыз. Қосылғанан кейін барлық іс – әрекеттер MATLAB+ Simulink ортасында жүзеге асырылады, Simulink жұмысы MATLAB жүйесінде ашылған терезе бойынша жүргізіледі, оны орындаған операциялардан бақылауға болады.

Simulink блоктың компоненттердің (кітапхана браузері) кеңейтілген кітапханасы бар және өте қолайлы блок - сұлба редакторы болып табылады.

Simulink пакетінің кітапхана браузеріне көптеген блоктар кіреді:

а) Simulink– блоктардың негізгі кітапханасы. Ол қорек сигналдар олардың әсер етуі, тіркеуші құралдар, сызықты компоненттер, дискретті компоненттер, математикалық операцияларды құрайды.

Компоненттерді қолдану арқылы қолданушы керекті блоктарды жұмыс столына әкеліп және блоктарды кірісі мен шығыстарын қосамыз. Осылайша, жүйенің блок сұлбасы құрылады, S – модель құрылады. Simulink S – моделді автоматтандырып қиын алгебралық және дифференциалдық теңдеулерді шешеді. Қолданушы құрған виртуалды құралдың кескінін жасап шығуға септігін тигізеді. Simulink – та құралған S – модель блок – сұлбасы өте көркем және «шынайы жұмыс» жасайды.

Жаңа блоктар қосылған кезде модельдің математикалық сипатамасын Simulink тәжірибеде лезде өзгереді. Simulink қосымшасын «виртуалды зертхана» деп айтуға болады, ол электрлік тізбектерді, электрлік машиналарды және электр жетегі құралдар сұлбаларын қуатты электрониканың көптеген түрлерін зерттеуге және жинауға арналған [5].

SimPowerSystems кітапхана блогы Simulink - тің қосымша арнайы моделдеу блогы. SimPowerSystems электротехникалық құралдарды моделдеу блоктарынан тұрады.

Кітапхана құрамына қорек көздер, трансформатор, жартылай өткізгіш элементтер, транзисторлар, тиристорлар, электр тарату жолдары және т.б құралдар активті және пассивті моделге кіреді. Simulink және SimPowerSystems арнайы мүмкіншіліктерін қолдана отырып, тұтынушы уақыт бойынша құралдарға әртүрлі талдаулар жасауға болады.

SimPowerSystems артықшылығы қиын электротехникалық жүйелерді имитациялық және құрылымдық моделдер алу. Мысалы, электр энергиясының жартылай өткізгіш түрлендіргіш күш қуаттың бөлігін SimPowerSystems имитациялық блоктарды қолданып жүзеге асыруға болады, ол басқару жүйесін Simulink блоктары арқылы жұмыс алгоритмін көрсетеді. Мұндай әдіс, схематехникалық моделдеуден айырмашылығы, моделді ықшамдайды, жұмыс жылдамдығын жоғарлатады. SimPowerSystems блоктарын қолдану арқылы Simulink кітапханасының басқа блоктарында қолдана аламыз, ол электротехникалық жүйелерді моделдеуде көптеген мүмкіншілік береді. [3. 28б.]

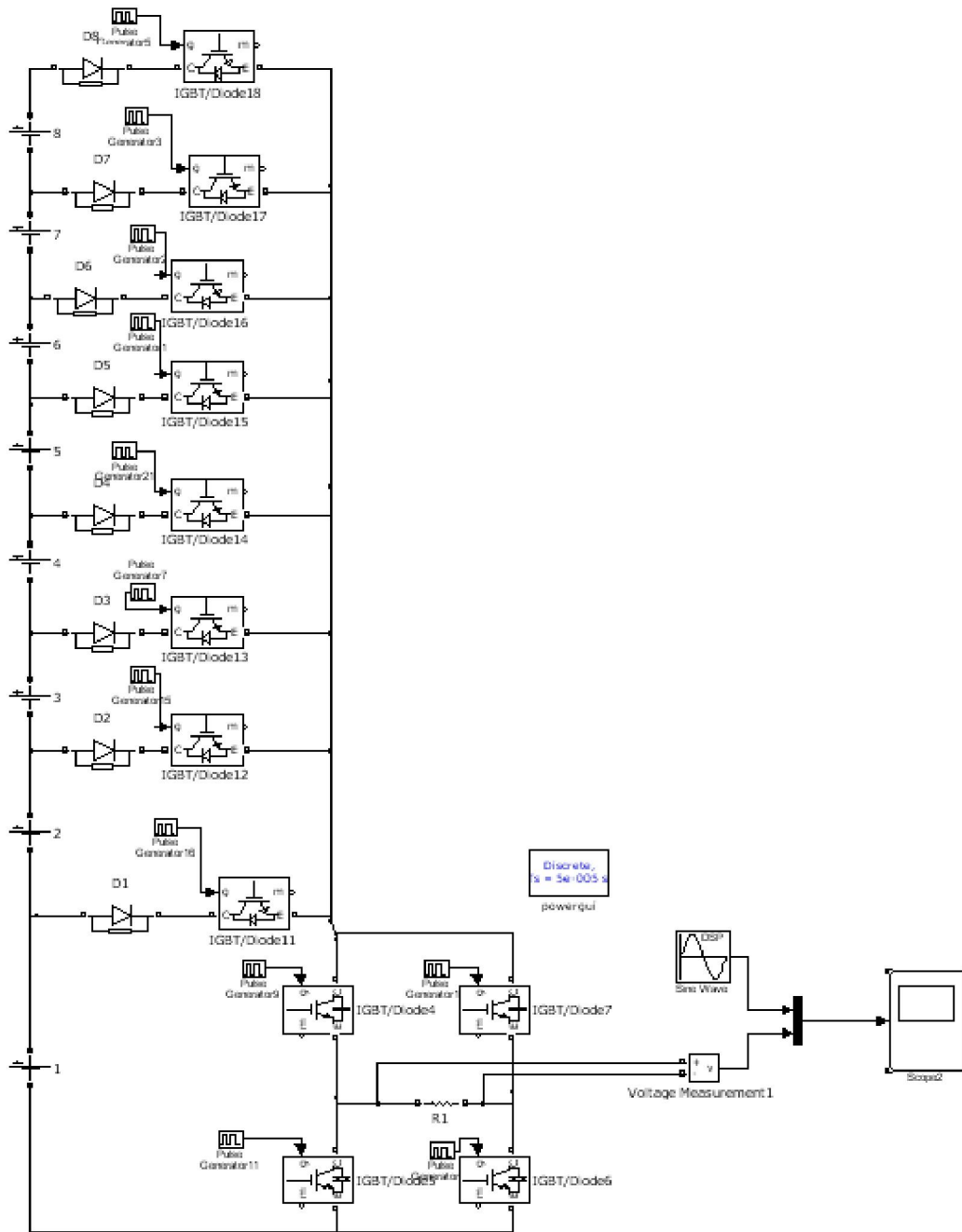
SimPowerSystems кітапханасының 7 негізгі құрамы:

- 1) electricalSources – электр энергия көздері;
- 2) connectors – қосқыштар;
- 3) measurements – өлшеу және бақылау құралдары;
- 4) elements – электротехникалық элементтер;
- 5) powerElectronics – қуатты электроника құралдары;
- 6) machines – электротехникалық машиналар;
- 7) powerlibExtras – қосымша электротехникалық құралдар.

Көп деңгейлі транзисторлы түрлендіргішті моделдеу үшін тұрақты кернеуді өндірістік жиіліктегі айнымалы кернеуге түрлендіру, көп деңгейлі түрлендіру жүйесі тұрақты кернеуді өндірістік айнымалы кернеуге түрлендіру болып табылады. IGBT транзисторлы көпірлік түрлендіргішті коммутациялық кілтіне (күн батареялары немесе аккумулятордан) n тұрақты кернеу көздерінен жинақталады. Әрбір n тұрақты кернеу көзі, бір бірімен тізбектей қосылады және коммутациялау кілті арқылы IGBT транзистордың диодтарынан тұрады. Транзистор коллекторлы диодтың анодына қосылып, ал диод катоды қорек көзіне, транзистор эмиттері ортақ кернеулі түрлендіргішті көпірлік сұлбасына қосылады. Амплитудалы импульсті басқару n транзисторлық кілттерді басқару блогы жүзеге асырады, түрлендіргіш шығысында синусоида түріне келетін көп деңгейлі кернеу аламыз, негізі n=2,3,4, және т.б.

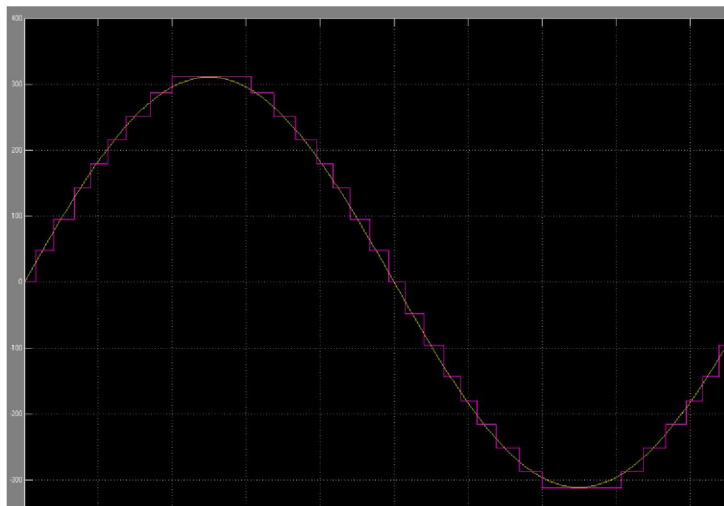
Моделді MatLab 7.10.1. бағдарламасында жасалды. Моделдеу кезінде келесідей элементтер қолданылды: DC Voltage Source – тұрақты ток көзі; Timer – таймер; Voltage Measurement – вольтметр; және де IGBT – биполярлы транзистор.

MATLAB/Simulink ортасында көп деңгейлі IGBT транзистордың моделі құрылды [6,7]. Көп деңгейлі түрлендіргіштің моделі 2- суретте көрсетілген. Яғни коммутациялау бұрышын, фазасын транзисторларды IGBT басқару үшін пайдаланамыз.



2 – сурет. Сегіз деңгейлі IGBT транзисторлы түрлендіргіштің моделі

Осылайша көп деңгейлі түрлендіргіштің шығысында синусоидаға жақын көп деңгейлі кернеу аламыз.

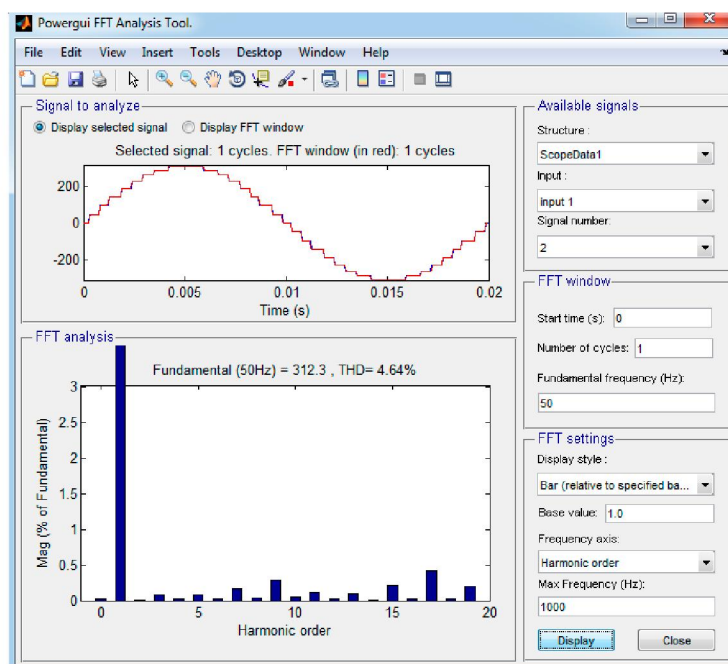


3 –сурет. Көп деңгейлі түрлендіргіштің шығыс кернеуі

THD бұрмалану коэффициенті және шығыстағы кернеудің синусоидаға ұқсатығын Powergui бағдарлама блогы көмегімен көруге болады.

Powergui графикалық интерфейс және келесідей тапсырмалардың шешімін қамтамасыз етеді:

- сұлбаны комплексті әдіспен есептеу,
- орныққан режимде есептеу,
- моделді дискретизациялау,
- басты тапсырмалардың шарттары,
- орнатылған режимде есеп басталу үшін электрлік машина құрамына үш фазалы сұлбаларды жүзеге асырады,
- Simulink LTI-Viewer сайманы арқылы сұлбаны талдау,
- тізбектің толық кедергісін анықтайды,
- гармоникалық талдау жүргізу,
- есеп нәтижесі,
- сызықты емес трансформатор моделін жасау үшін құжатқа сипаттама береді [4, 455б.]



4 – сурет. Көп деңгейлі түрлендіргіштің бұрмалану коэффициенті және шығыс кернеудің спектрлік талдауы

Сегіз деңгейлі түрлендіргіштің кернеу көрсеткіштері 4,64%, ал он екі деңгейлі 2,98% және жиырма алты деңгейлі 1,22%, бұрмалану коэффициенттері осыларға тең.

Моделдеу нәтижелерінен қорытынды жасасақ, күн батареяларынан алынған энергияны түрлендіруге болады. Айтып өтетін бір жағдай түрлендіруде көп деңгейлі түрлендіргішті пайдалану күн батареялардың санын қысқартады [8].

Қорыта келсем, синусоидаға жақын қисықты, жиырма алты деңгейлі түрлендіргіш қамтамасыз етеді, оның кернеу коэффициенті 1.22% тең. Бұл көрсеткіш сегіз деңгейлі түрлендіргіштің көрсеткішінен 3 % - ға жоғары. Бірақ, мұндай түрлендіргішті құру үшін сегіздік және он екілік түрлендіргішке карағанда өте көп қаражат керек, және де оның жұмыс істеу принципі өте күрделі болғандықтан, түрлендіргіште артық шығын қуаты көп болады.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Лурье М.С., Лурье О.М. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники. – Красноярск, 2007. – 142 с.
- [2] Черных И.В. Simulink среда создания инженерных приложений. – М.: Диалог - МИФИ, 2004. – 496 с.
- [3] Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения: полное руководство пользователя. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – С.455-470.
- [4] Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учебное пособие. – СПб: КОРОНА, 2001. – 320 с.
- [5] Попов А., Попов С. Применение IGBT в преобразовательной технике // Новости электроники. – 2013. – №5. – С.35-46.
- [6] Исембергенов Н.Т., Тайсариева К.Н., Rysard Romaniuk. Исследование многоуровневого транзисторного преобразователя для преобразования энергии солнечных батарей // Международные Сатпаевские чтения «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана». - Алматы: КазНТУ, 2015. – С. 199-204.
- [7] Chiasson John N., Tolbert Leon M., Keith J., Kenzieand Zh. A Unified Approach to Solving the Harmonic Elimination Equations in Multilevel Converters // IEEE Transactions on power electronics. – 2004. – Vol. 19, № 2. – P.478-500.
- [8] Тайсариева Қ.Н. IGBT транзисторлы көп деңгейлі инверторды зерттеу және жетілдіру: дис... доктор PhD: 6D071900. – Алматы. КазНТУ им. К.И. Сатпаева. 2015. – 121 с.

REFERENCES

- [1] Lure M.S., Lure O.M. Imitacionnoe modelirovanie sxem preobrazovatelnoj texniki. Krasnoyarsk, 2007. 142 s.
- [2] Chernykh I.V. Simulink sreda sozdaniya inzhenernyx prilozhenij. M.: Dialog - mifi, 2004. 496 s.
- [3] Dyakonov V.P. Matlab 6/6.1/6.5 + simulink 4/5. osnovy primeneniya: polnoe rukovodstvo polzovatelya. – M.: Solonpress, 2004. – S.455-470.
- [4] German-galkin S.G. Kompyuternoe modelirovanie poluprovodnikovyx sistem v matlab 6.0: uchebnoe posobie. – Spb: Korona, 2001. – 320 s.
- [5] Popov A., Popov S. Primenenie igbt v preobrazovatelnoj texnike // Novosti elektroniki. 2013. №5. S.35-46.
- [6] Isembergenov N.T., Tajsarijeva K.N., Rysard romaniuk. issledovanie mnogourovneвого tranzistorного preobrazovatelya dlya preobrazovaniya energii solnechnyx batarej // mezhduнародnye satpaevskie chteniya «rol i mesto molodyx uchenyx v realizacii novoj ekonomicheskoy politiki kazaxstana». Алматы: kazntu, 2015. S. 199-204.
- [7] Chiasson john N., Tolbert leon M., Keith J., Kenzieand ZH. A Unified approach to solving the harmonic elimination equations in multilevel converters // iee transactions on power electronics. 2004. Vol. 19, № 2. R.478-500.
- [8] Tajsarijeva Қ.Н. Igbt tranzistorly көп деңгейлі инверторды зерттеу және зhetildiru: dis... доктор phd: 6d071900. Алматы. Kaznitu im. K.I. Satpaeva. 2015. 121 s.

МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB МНОГОУРОВНЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА IGBT ТРАНЗИСТОРАХ

К.Н. Тайсариева

Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет имени К.И. Сатпаева

Ключевые слова: преобразователь, инвертор, IGBT, транзистор, мультиуровневый преобразователь

Аннотация: В данной статье рассматривается моделирование и исследование многоуровневого преобразователя собранный на IGBT транзисторах. Проводиться расчет коммутации транзисторов на каждом уровне инвертора, который обеспечит синусоидальность выходного напряжения инвертора.

Из выше указанных результатов моделирования схемы многоуровневого преобразователя можно сделать вывод, что можно использование преобразования энергии солнечных батарей. Следует отметить, что при использовании многоуровневого преобразователя в солнечном преобразовании, имеется большая эффективность экономии солнечных батарей.

В заключении можно отметить, что наиболее синусоидальную кривую обеспечивает двадцати шести уровневый преобразователь, который имеет коэффициент кривой напряжения 1.22%. Этот показатель является на 3 % выше чем при восьмиуровневом преобразователя. Однако, для построения такого преобразователя требуется более высокие материальные затраты по сравнению с восьми и двенадцати уровневыми преобразователями.

Поступила 13.04.2016 г.