BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 1991-3494
Volume 1, Number 359 (2016), 50 – 55

RESEARCH METHOD OF PROVIDING A SINUSOIDAL MULTILEVEL INVERTER

K. N. Taissariyeva, L. B. Ilipbayeva

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

Key words: inverters, IGBT, transistor inverter multiple levels.

Abstract. This paper deals with the study developed a multi tiered inverter circuit assembled on IGBT transistors. It is performed calculations switching transistors at each level of the inverter, which will provide a sinusoidal output voltage of the inverter. To verify the design data it is constructed simulation model of multi-level inverter in an environment MatLab. Output voltage curves obtained at the output of the simulation model of multi-level inverter have been placed on the harmonic components. This allowed most accurately investigate the harmonic composition of the resulting voltage curve multi-level inverter.

УДК 621.382.049.77: 621.314.5

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОСТИ МУЛЬТИУРОВНЕГО ИНВЕРТОРА

К. Н. Тайсариева, Л. Б. Илипбаева

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

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

Аннотация. В работе рассматривается исследование разработанной схемы мультиуровневого инвертора, собранного на IGBT-транзисторах. Проводится расчет коммутации транзисторов на каждом уровне инвертора, который обеспечит синусоидальность выходного напряжения инвертора. Для проверки расчетных данных построена имитационная модель мультиуровнего инвертора в среде MatLab. Выходные кривые напряжения, полученные на выходе имитационной модели мультиуровнего инвертора, были разложены на гармонические составляющие. Это позволило наиболее точно исследовать гармонический состав полученной кривой напряжения мультиуровнего инвертора.

В настоящее время применение устройств электроники охватывает практически все сферы жизнедеятельности человека: топливо энергетический комплекс, промышленность, транспорт, связь, быт и т.д. [1].

Инвертор должен иметь высокий КПД, обладать высокой надежностью и иметь приемлемые массогабаритные характеристики. Кроме того, он должен иметь допустимый уровень высших гармонических составляющих в кривой выходного напряжения (допустимое значение коэффициентов гармоник) и не создавать при работе недопустимый для других потребителей уровень пульсации на зажимах источника энергии [2].

В статье предлагается исследование разработанных схем мультиуровневых транзисторных инверторов (DC-AC преобразователей), которые позволяют получить на выходе напряжение близкое к синусоидальному напряжению, а также методы регулирования уровня выходного напряжения.

Существует два принципиальных способа улучшения спектрального состава кривой выходного напряжения инвертора схемным путем:

1) амплитудно-модуляция кривой выходного напряжения;

2) широтно-импульсная модуляция кривой выходного напряжения.

Мультиуровневый инвертор на IGBT транзисторах дает возможность получить на выходе форму напряжения близкой к синусоиде и с минимальными значениями высших гармоник, не требующих фильтров. На рисунке 1 показана структура мультиуровневого инвертора, которая дает возможность получит на выходе форму напряжения, близкую к синусоиде и с минимальными значениями высших гармоник, не требующих фильтров [3, 4].

В целях обеспечения синусоидальной кривой выходного напряжения проведены исследования и расчеты угла коммутации для каждого источника мультиуровнего инвертора. Проведен расчет угла коммутации для каждого источника для восьми, двенадцати и двадцати шести уровневого однофазного инвертора. Для каждой уровни подается необходимый уровень напряжения, обеспечивающий синусоидальность выходного напряжения всего инвертора. Расчеты проводились по нижепредставленному алгоритму, в данном случае для восьми, для двенадцати, двадцать шести уровневого инвертора [5, 6].

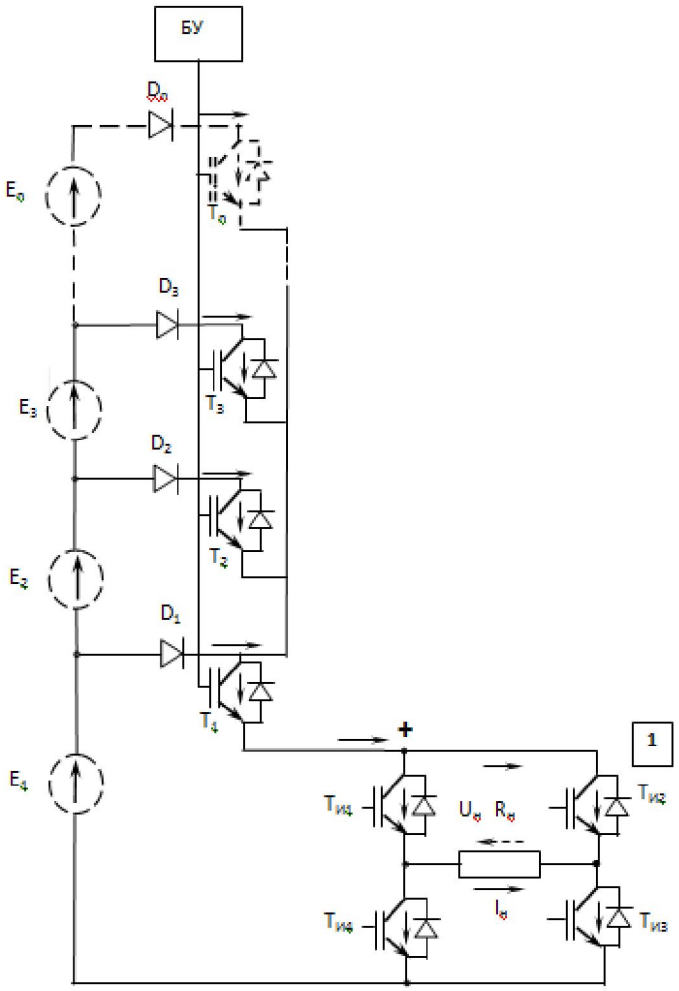

Рисунок 1 – Многоуровневый инвертор

Нужно отметить,что расчет угла коммутации для каждой уровни проводится по индивидуальному алгоритму и соответственно меняется при увелечении уровней, эти данные можно отследить из нижепредставленных таблиц. Для сравнительных показателей проведены расчеты уровня напряжений и угла коммутации и определены процентные соотношения фазы и углы (таблицы 1–3).

Таблица 1 – Углы коммутации восьми уровнего инвертора

№	Амплитуды ступеней	Углы в градусах	Фазы	Углы в процентах
1	48	$4{,}41^0$	0,00024	95,1
2	48	$13{,}34^0$	0,00074	85,1
3	48	$22{,}61^0$	0,0012	74,8
4	48	$32{,}57^0$	0,0018	63,8
5	36	$40{,}8^0$	0,0022	54,6
6	36	$50{,}28^0$	0,0027	44,1
7	24	$57{,}79^0$	0,00321	35,7
8	24	$67{,}38^0$	0,0037	25,1

Таблица 2 – Угла коммутации для двенадцати уровневого инвертора

№	Амплитуды ступеней	Углы в градусах	Фазы	В процентах
1	24	2,2	0,00012	97,5
2	24	6,6	0,00036	92,6
3	24	11,08	0,0006	87,6
4	24	15,6	0,00086	82,6
5	24	20,25	0,0011	77,5
6	24	25,02	0,0013	72,1
7	28	30,42	0,0016	66,2
8	28	36,59	0,0020	59,3
9	28	43,3	0,0024	51,8
10	28	50,8	0,0028	43,5
11	28	59,9	0,0033	33,4
12	28	72,7	0,0043	19,2

Таблица 3 – Угла коммутации для двадцать шести уровневого инвертора

№	Амплитуды ступеней	Углы в градусах	Фазы	Углы в процентах
1	12	1,1	0,00006	98,7
2	12	3,3	0,00018	96,3
3	12	5,5	0,0003	93,8
4	12	7,7	0,0004	91,4
5	12	9,9	0,00055	89
6	12	12,21	0,00067	86,4
7	12	14,47	0,0008	83,9
8	12	16,76	0,00093	81,3
9	12	19,08	0,00106	78,8
10	12	21,4	0,00118	76,2
11	12	23,81	0,00132	73.5
12	12	26,25	0,00145	70,8
13	12	28,7	0,00159	68,1
14	12	31,2	0,00173	65,3
15	12	33,8	0,00187	62,4
16	12	36,5	0,00202	59,4
17	12	39,3	0,00218	56,3
18	12	42,3	0,00235	53
19	12	45,3	0,00251	49,6
20	12	48,59	0,00269	46
21	12	52,04	0,00289	42,1
22	12	55,78	0,00309	38
23	12	59,9	0,00332	33,4
24	12	64,6	0,00358	28,2
25	12	70,4	0,00391	21,7
26	12	78,7	0,00437	12,5

Для определения оптимальной синусоидальной кривой напряжения на выходе мультиуровнего инвертора по проведенным расчетам угла коммутации были построены имитационные модели в среде MatLab.

Построение имитационной модели провели в среде MatLab. В процессе моделирования также были использованны элементы: DC Voltage Source – источник постоянного тока; Timer – таймер; Voltage Measurement – вольтметр; также IGBT – биполярный транзистор.

Построенные имитационные модели в среде MATLAB/ Simulink мультиуровневого инвертора собраны на IGBT транзисторах [7, 8]. Выходные кривые напряжения мультиуровневых инверторов, полученные при исследовании имитационных моделей с разными уровнями, соответственно для восьми, для двенадцати, двадцать шести, представлены на рисунках 2–4.

Результаты имитационной модели мультиуровневого инвертора промышленной частоты показали, что наиболее синусоидальная кривая напряжения получается с ростом уровней.

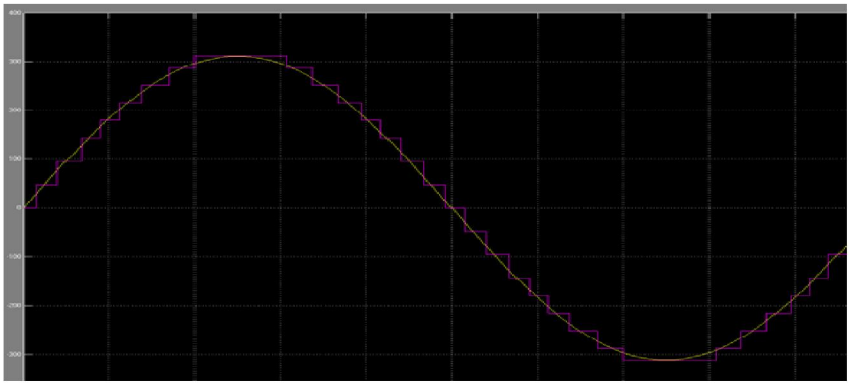

Рисунок 2 – Выходное напряжения восьмиуровневого инвертора

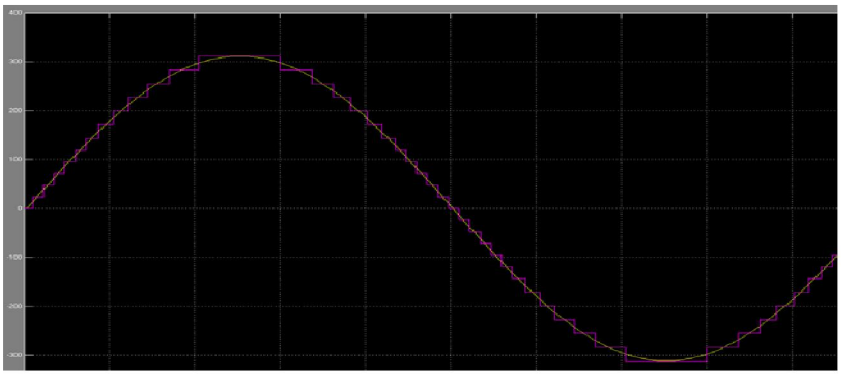

Рисунок 3 – Выходное напряжения двенадцати уровневого инвертора

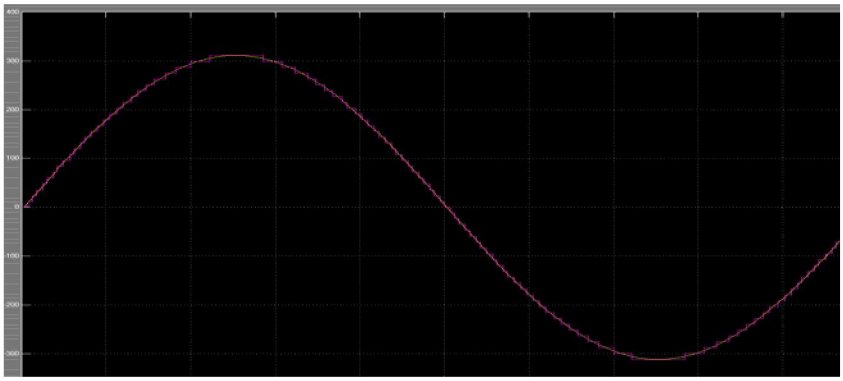

Рисунок 4 – Выходное напряжения двадцать шести уровневого инвертора

Для наиболее подробного анализа получены спектральные характеристики в среде моделирования Matlab для восьми, двенадцати и двадцати шести уровневого инвертора, который отражает весь гармонический состав кривой напряжения. [9]. Также проведен анализ гармонического состава для восьми, для двенадцати, двадцать шести уровневого инвертора.

Полученные показатели коэффициента кривой напряжения для восьми уровневого инвертора составляют 4,64%, для двенадцати ступенчатого 2,98% и для двадцати шести ступенчатого инвертора 1,22% [10].

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

ЛИТЕРАТУРА

[1] Илипбаева Л.Б. Современные методы преобразования солнечной энергии в электроэнергию переменного напряжения // Международная научно-практическая конференция «Информационно-инновационные технологии: интеграция науки, образования и бизнеса». – Алматы, 2008.– С. 143-147.

[2] Исследование научных исследований 2012-2014 г.: отчет о НИР (промежуточный) / КазНТУ: рук. Исембергенов Н.Т. – Алматы, 2013. – 80 с. – Инв. №0213РК0174.

[3] Патент №83374 РК. Многоуровневый инвертор / Н.Т. Исембергенов, К.Н. Тайсариева; опубл. 16.06.2014. Бюл. №6. – 3 с.

[4] Патент №83377 РК. Многоуровневый транзисторный инвертор с амплитудно – импульсным управлением / Н.Т. Исембергенов, К.Н Тайсариева, Д. Джакупов; опубл. 16.06.2014, Бюл.№6. – 4 с.

[5] Исследование научных исследований 2012-2014 г.: отчет о НИР (промежуточный) / КазНТУ: рук. Исембергенов Н.Т. – Алматы, 2013. – 80 с. – Инв. №0112РК01719.

[6] Тайсариева К.Н., Илипбаева Л.Б., Исследование спектральных характеристик мультиуровневых однофазных инверторов // «Perspektywiczne opracowania są nauką i Technikami - 2014». – Польша, 2014. – С. 50-53.

[7] Тайсариева К.Н. Многоуровневый инвертор на IGBT транзисторах для преобразование солнечный энергии // Труды международного форума «Инженерное образование и наука в XXI веке: Проблемы и перспективы», посвященного 80-летию КАЗНТУ имени К.И. Сатпаева. –Алматы, 2014. – том III. – С. 787-791.

[8] Taissariyeva K.N., Issembergenov N. The research of the “Solar panels – commutator – inverter – load” system with the pulse-amplitude control // Proceedings of SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. – 2014.– Vol. 9290. – P.92903H-1-8.

[9] Тайсариева К.Н., Илипбаева Л.Б. Имитационная модель трехфазного инвертора // Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Серия физико- математическая. – 2013. – №6. – С.126 -130.

[10] 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.

REFERENCES

[1] Ilipbaeva L.B. Sovremennye metody preobrazovanija solnechnoj jenergii v jelektrojenergiju peremennogo naprjazhenija // Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Informacionno-innovacionnye tehnologii: integracija nauki, obrazovanija i biznesa». – Almaty, 2008.– C. 143-147.

[2] Issledovanie nauchnyh issledovanij 2012-2014 g.: otchet o NIR (promezhutochnyj) / KazNTU: ruk. Isembergenov N.T. – Almaty, 2013. – 80 s. – Inv. №0213RK0174.

[3] Patent №83374 RK. Mnogourovnevyj invertor / N.T. Isembergenov, K.N. Tajsarieva; opubl. 16.06.2014. Bjul.№6. – 3 s.

[4] Patent №83377 RK. Mnogourovnevyj tranzistornyj invertor s amplitudno – impul'snym upravleniem / N.T. Isembergenov, K.N Tajsarieva, D. Dzhakupov; opubl. 16.06.2014, Bjul.№6. – 4 s.

[5] Issledovanie nauchnyh issledovanij 2012-2014 g.: otchet o NIR (promezhutochnyj) / KazNTU: ruk. Isembergenov N.T. – Almaty, 2013. – 80 s. – Inv. №0112RK01719.

[6] Tajsarieva K.N., Ilipbaeva L.B., Issledovanie spektral'nyh harakteristik mul'tiurovnevyh odnofaznyh invertorov // «Perspektywiczne opracowania są nauką i Technikami - 2014». – Pol'sha, 2014. – S. 50-53.

[7] Tajsarieva K.N. Mnogourovnevyj invertor na IGBT tranzistorah dlja preobrazovanie solnechnyj jenergii // Trudy mezhdunarodnogo foruma «Inzhenernoe obrazovanie i nauka v XXI veke: Problemy i perspektivy», posvjashhennogo 80-letiju KAZNTU imeni K.I. Satpaeva. –Almaty, 2014. – tom III. – S. 787-791.

[8] Taissariyeva K.N., Issembergenov N. The research of the “Solar panels – commutator – inverter – load” system with the pulse-amplitude control // Proceedings of SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. – 2014.– Vol. 9290. – R.92903N-1-8.

[9] Tajsarieva K.N., Ilipbaeva L.B. Imitacionnaja model' trehfaznogo invertora // Izvestija Nacional'noj Akademii Nauk Respubliki Kazahstan. Serija fiziko- matematicheskaja. – 2013. – №6. – S.126 -130.

[10] Isembergenov N.T., Tajsarieva K.N., Rysard Romaniuk. Issledovanie mnogourovnevogo tranzistornogo preobrazovatelja dlja preobrazovanija jenergii solnechnyh batarej // Mezhdunarodnye Satpaevskie chtenija «Rol' i mesto molodyh uchenyh v realizacii novoj jekonomicheskoj politiki Kazahstana». - Almaty:KazNTU, 2015. – S. 199-204.

МУЛЬТИДЕҢГЕЙЛІ ИНВЕРТОРДЫҢ СИНУСТЫЛЫҒЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТЕТІН ӘДІСТІ ЗЕРТТЕУ

К. Н. Тайсариева, Л. Б. Илипбаева

Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: түрлендіргіш, инвертор, транзистор, IGBT, мультидеңгейлі инвертор.

Аннотация. Берілген ғылыми мақалада IGBT транзисторлы мультидеңгейлі инвертордың өңделген сұлбасын зерттеу қарастырылды. Шығыс кернеу сызығы синустылықты қамтамассыз ету үшін, инвертордың әрбір деңгейінде транзисторларды коммутациялау есептелді. MatLab бағдарламасында мультидеңгейлі инвертордың имитациялық моделі есептелген мәліметтер негізінде жиналды. Мультидеңгейлі инвертордың имитациялық моделінен алынған шығыс кернеуінің қисығы гармоникалық құраушыларға жіктелді. Бұл әдіс мультидеңгейлі инвертордың шығыс кернеуінің гармоникалық құрамын анық зерттеуге мүмкіндік береді.

Поступила 10.02.2016 г.