

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ФЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# ХАБАРЛАРЫ

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 (306)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2016 ж.  
МАРТ – АПРЕЛЬ 2016 г.  
MARCH – APRIL 2016

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

Бас редактор  
ҚР ҰҒА академигі,  
**Мұтанов Г. М.**

Редакция алқасы:

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

Редакция кеңесі:

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

Г л а в н ы й р е д а к т о р

академик НАН РК

**Г. М. Мутанов**

Р е д а к ц и о н на я кол л е г и я:

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**

Р е д а к ц и о н н ы й с о в е т:

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](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

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. Kovalev**, 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](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

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 306 (2016), 139–146

UDC 621.314.5

## **METHODS OF SWITCHING ANGLES BASED ON PULSE WIDTH MODULATION FOR MULTILEVEL INVERTER**

**S.A. Orynbayev<sup>1</sup>, S.S. Moldakhmetov<sup>2</sup>, B.K. Baibutanov<sup>2</sup>,**  
**M.B. Jeshmetov<sup>1</sup>, D.S. Aueshanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Taraz State University named after M. Kh. Dulaty, Taraz,

<sup>2</sup>Kazakh National Research Technical University named after K. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

E-mail: [seitzhan\\_74@mail.ru](mailto:seitzhan_74@mail.ru), [smsayat@mail.ru](mailto:smsayat@mail.ru), [baibutanov\\_b@mail.ru](mailto:baibutanov_b@mail.ru), [emb.ntu.94@mail.ru](mailto:emb.ntu.94@mail.ru),  
[aueshanov2001@bk.ru](mailto:aueshanov2001@bk.ru),

**Keywords:** multilevel inverter, PWM, switching angle, THD, Simulink.

**Abstract.** This article proposes the methods of switching angles of a multilevel inverter. These switching methods based on a pulse width modulation, which is obtained by comparing the ideal sine wave and triangular pulse sequence. PWM based methods have been used widely for level commutation of multilevel power inverters due to their simplicity, flexibility and reduced THD of output voltage. In this paper, a novel analysis of four species of PWM based methods for thirteen level single phase inverter is presented. The article highlights the following strategies: Phase disposition PWM strategy, Phase opposition disposition PWM strategy, Alternate phase opposition disposition PWM strategy, Carrier overlapping PWM strategy, Variable frequency PWM strategy. The article describes the algorithms for obtaining the control pulse sequence and proposes how the strategy can reduce the harmonic components of the inverter output voltage. For this purpose, each of the performed strategies is modeled in the Simulink environment for different frequencies.

УДК 621.314.5

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК КОММУТАЦИИ СТУПЕНЕЙ МНОГОУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НА ОСНОВЕ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ**

**С.А. Орынбаев<sup>1</sup>, С.С. Молдахметов<sup>2</sup>, Б.К. Байбутанов<sup>2</sup>,**  
**М.Б. Ешметов<sup>1</sup>, Д.С. Аусжанов<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, Тараз;

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы,  
 Республика Казахстан)

**Ключевые слова:** многоуровневый инвертор, ШИМ, угол коммутации, коэффициент нелинейных искажений, Simulink.

**Аннотация.** В данной статье исследованы методики коммутации ступеней многоуровневого инвертора. Данные методики используют широтно-импульсную модуляцию для коммутации, которая получается путем сравнения эталонного синусоидального сигнала и последовательности треугольных импульсов. В статье описаны алгоритмы получения управляющей последовательности импульсов и исследовано, как та или иная стратегия позволяет уменьшить коэффициент гармонических составляющих выходного напряжения инвертора. Для этого в среде Simulink произведено моделирование каждой из стратегий для различных частот.

**Введение.** Топология построения многоуровневого инвертора позволяет осуществлять коммутацию уровней напряжения. При этом в большинстве случаев та или иная топология отличается лишь количеством используемых ключей коммутации, источников питания и других элементов исполнения.

Использование определенной топологии не позволяет получить весомое преимущество в уменьшении гармонических составляющих. Для этого используется определенная стратегия выбора времени коммутации каждой из ступеней многоуровневого инвертора. На данный момент существуют различные стратегии, применяемые для реализации многоуровневого инвертора[1-3]. Большинство из них основано на использовании широтно-импульсной модуляции [4-6].

Использование ШИМ широко распространено для получения синусоидального напряжения на выходе одноуровневого инвертора, где ширина импульсов несущего колебания изменяется по синусоидальному закону. Но ШИМ можно использовать и для коммутации в многоуровневом инверторе с той лишь разницей, что несущие колебания формируют каждую из ступеней инвертора отдельно[7-10].

На базе топологии построения многоуровневого инвертора, представленной в [11], исследуем, как различные стратегии позволяют уменьшить коэффициент гармонических составляющих, и выберем оптимальную.

**Стратегии коммутации.** Стратегии коммутации, основанные на ШИМ, которые будут исследованы в данной статье, приведены ниже:

- синфазная ШИМ стратегия;
- противофазная ШИМ стратегия;
- чередующаяся противофазная ШИМ стратегия;
- стратегия ШИМ с наложением несущих колебаний;
- стратегия ШИМ с различной частотой.

Рассмотрим синфазную ШИМ стратегию коммутации ступеней. В качестве модулирующего сигнала  $U_s$  задана синусоида амплитудой 312 В и частотой 50 Гц по закону

$$U_s = 312 \sin 100\pi t \quad (1)$$

В качестве же несущего колебания будет выступать треугольный сигнал симметричной формы, т.е. продолжительность роста такого сигнала, равна продолжительности его спада [12]. Пример такого сигнала указан на рисунке 1. Частота несущего треугольного сигнала будет неизменной, но должна быть в несколько раз больше частоты модулирующего синусоидального сигнала. Амплитуда треугольного сигнала выбирается в зависимости от амплитуды ступени многоуровневого инвертора.

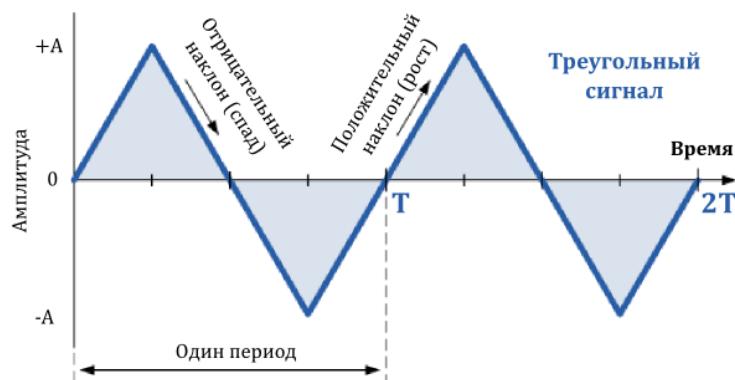


Рисунок 1 – Временная диаграмма треугольного сигнала

Введем понятие частотного коэффициента  $k_f$ , который будет равен отношению частоты несущего колебания  $f_c$  к частоте модулирующего сигнала  $f_s$ .

$$k_f = \frac{f_c}{f_s} \quad (2)$$

Таким образом, мы можем исследовать влияние данного коэффициента на коэффициент нелинейных искажений.

Аналогично введем понятие амплитудного коэффициента  $k_A$ , который будет рассчитываться по формуле

$$k_A = \frac{n \cdot A_c}{f_s}, \quad (3)$$

где  $n$  – количество ступеней инвертора,  $A_c$  – амплитуда несущего колебания,  $A_s$  – амплитуда модулирующего сигнала.

Рассмотрим стратегии на основе трехуровневого инвертора [13]. Пусть уровень ступеней будет одинаковым и условно равен 1, в этом случае амплитуда модулирующего колебания равна 3.

На рисунке 2а представлена диаграмма выбора времени коммутации по стратегии синфазной ШИМ. Для данного случая значение частотного коэффициента  $k_f$  равно 20, т.е. частота несущих треугольных сигналов в 20 раз превышает частоту синусоидального колебания. Значение амплитудного коэффициента  $k_A$  равно 1.

Как видно из рисунка, несущие колебания для каждой ступени находятся в одной фазе. Число несущих, необходимых для получения времени коммутации на каждом уровне равно числу ступеней инвертора, умноженному на два. Необходимо заметить, что все несущие одинаковой амплитуды. Согласно данной стратегии, если значение несущего треугольного колебания для данного момента времени выше чем значение синусоидального сигнала, то формируется значение высокого уровня, в противном случае – формируется значение низкого уровня. Таким образом, генерация коммутирующего импульса производится всякий раз, когда треугольный импульс ступени больше синусоиды.

Согласно принципу формирования управляющих импульсов по закону противофазной ШИМ стратегии все несущие колебания положительной полуволны находятся в одной фазе друг относительно друга, и все несущие колебания отрицательной полуволны также находятся в одной фазе, но при этом в противофазе несущим колебаниям положительной полуволны (рисунок 2б).

Для чередующейся противофазной ШИМ стратегии несущие колебания одинаковой амплитуды находятся в противофазе относительно соседних (рисунок 2в). Фактически данная и предыдущая стратегии удобны с точки зрения применения, поскольку сдвиг по фазе на 180° смещает несущие так, что положительные и отрицательные полуволны находятся в одинаковом положении относительно несущих. Таким образом, импульсы формируются для положительной и отрицательной полуволн одинаково, что очень удобно.

Поскольку синусоида имеет характерную крутизну, число переключений для нижних уровней инвертора меньше чем число переключений верхних уровней. Для того, чтобы уравнять количество переключений для всех уровней можно использовать разные частоты для несущих колебаний. Это реализуется в стратегии ШИМ с частотой. Диаграмма положения несущих для данной стратегии показана на рисунке 2г ( $k_{f1} = 40$ ,  $k_{f2} = 20$ ,  $k_{f3} = 12,5$ ,  $k_A = 1$ ).

С помощью ШИМ с наложением несущих колебаний можно увеличить или уменьшить длительность коммутирующих импульсов и исключить кратковременные всплески. Это достигается за счет увеличения амплитуды несущих колебаний, поскольку треугольные сигналы обрезаются и становятся трапециевидными. Диаграмма положения несущих колебаний для стратегии ШИМ с наложением несущих колебаний показана на рисунке 2д ( $k_f = 20$ ,  $k_A = 1,5$ ).

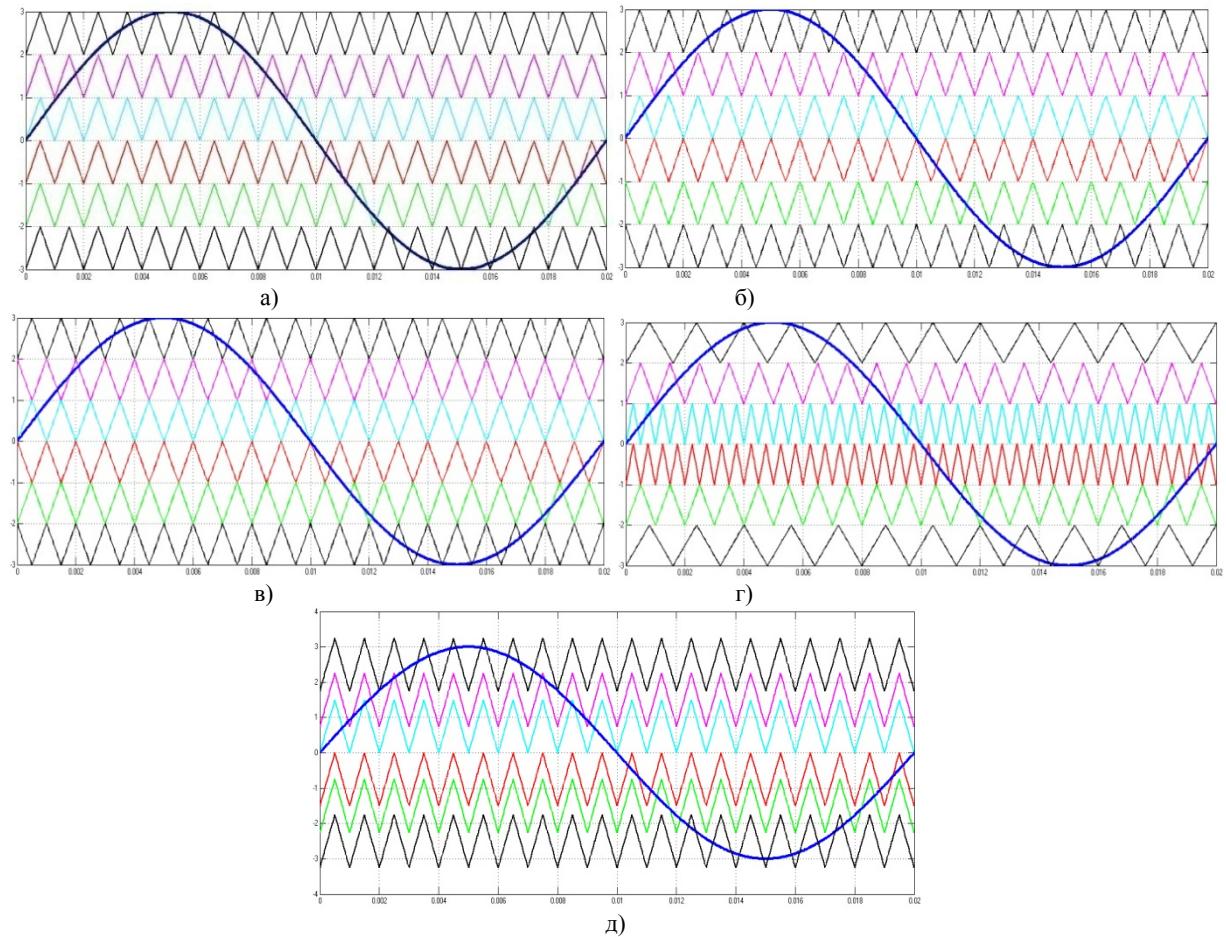


Рисунок 2 – Диаграммы положения несущих колебаний для различных стратегий стратегии

**Моделирование и результаты.** Для исследования влияния стратегий коммутации на коэффициент гармонических составляющих построим специальную модель в среде визуального моделирования Simulink.

На рисунке 3 представлена модель 6-уровневого инвертора для исследования методик коммутации [14]. Блок Sine Wave генерирует синусоидальное колебание частотой 50 Гц и амплитудой 312 В. Блок Repeating Sequence генерирует треугольный сигнал несущего колебания. Данный сигнал складывается с постоянной составляющей от блока Constant, значение которого регулируется в зависимости от ступени многоуровневого инвертора. Треугольный и синусоидальный сигналы сравниваются оператором сравнения Relational Operator, сигнал с которого поступает на силовой ключ. Если Синусоидальный сигнал больше треугольного, то оператором генерируется логическая единица, в противном случае – логический ноль. Чтобы исследовать только воздействие той или иной стратегии исключим влияние IGBT, которые заменим обычными силовыми ключами, которые представлены блоками Ideal Switch [15].

Выходное напряжение, полученное в результате моделирования, отличается от обычного ступенчатого напряжения наличием широтно-импульсной модуляции (рисунок 4). Следует заметить что, чем ближе импульсы к границе перехода на высокий уровень, тем шире импульсы и наоборот.

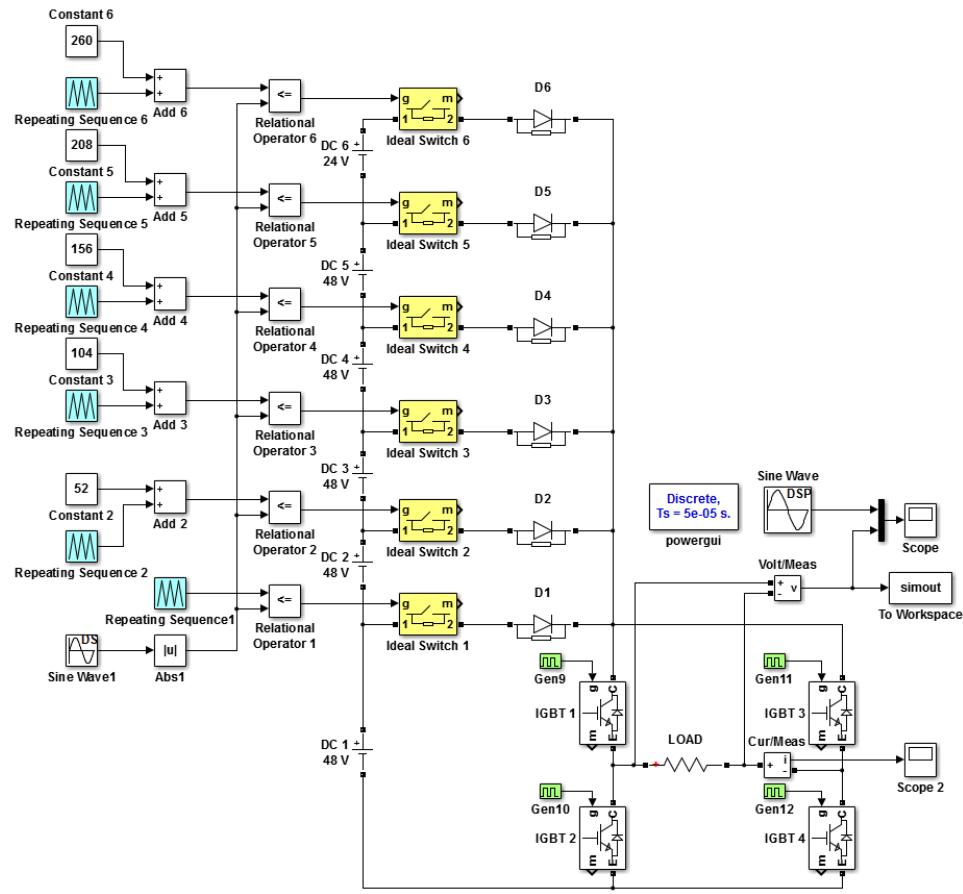


Рисунок 3 – Модель 6-уровневого инвертора для исследования методик коммутации

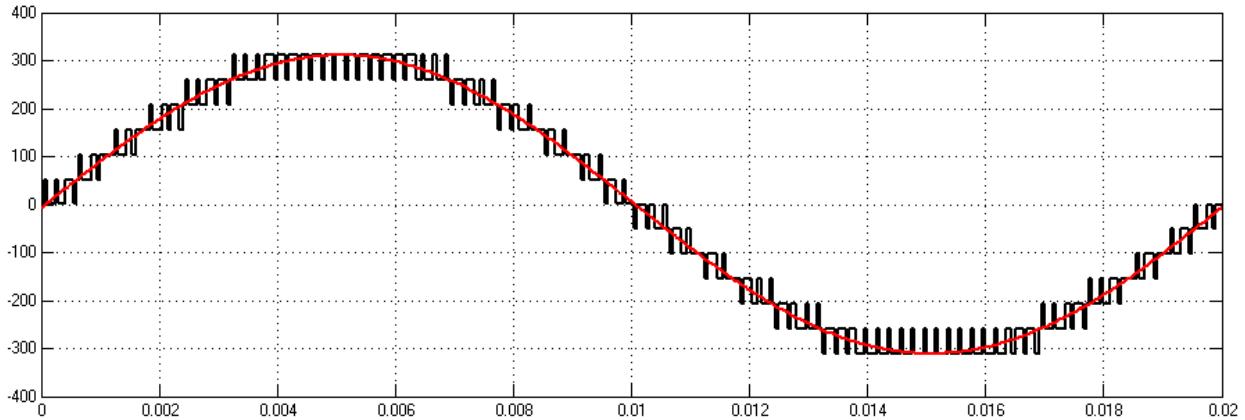


Рисунок 4 – Осциллограмма выходного напряжения

Для сравнения стратегий важно значение коэффициент нелинейных искажений, который с помощью блока powergui автоматически рассчитывается посредством быстрого преобразования Фурье. Данные для стратегий занесены в таблицу 1.

Как можно заметить, коэффициенты нелинейных искажений довольно большие, связанных с наличием высоких частот в выходном напряжении инвертора. Поэтому данные стратегии применяются с фильтром низких частот. Чтобы не искажать низкие частоты необходимо выбрать фильтр с гладкой АЧХ на частотах полосы пропускания [16, 17]. Используем типовой фильтр Баттервортса третьего порядка с частотой среза 1000 Гц [18]. Для моделирования фильтр

Баттерворт построен при помощи блока Analog Filter Design, где задаются порядок фильтра и частота среза 6283,2 рад/с. Результаты моделирования занесены в таблицу 2.

Таблица 1 – Коэффициенты нелинейных искажений различных методик без фильтрации

Период	Частота	ПФ ШИМ	ЧПФ ШИМ	ШИМ с НН	ШИМ с РЧ
0,0013	769,2	9,3	10,05	14,24	9,27
0,0012	833,3	9,75	9,6	15,65	9,54
0,0011	909,1	8,78	7,91	13,8	9,7
0,001	1000	8,38	10,08	15,12	9,46
0,0009	1111,1	8,99	9,15	14,73	7,86
0,0008	1250	8,98	9	14,39	8
0,0007	1428,6	8,94	9,22	14,3	8,92
0,0006	1666,7	9,14	9,08	14,4	9,12
0,0005	2000	8,27	8,98	15,05	8,19
0,0004	2500	8,71	9,01	14,29	8,65
0,0003	3333,3	9,01	9,17	14,8	8,96
0,0002	5000	9,86	9,64	14,6	9,22
0,0001	10000	13,1	13,3	21,11	11,42

Таблица 2 – Коэффициенты нелинейных искажений различных методик после фильтрации

Период	Частота	ПФ ШИМ	ЧПФ ШИМ	ШИМ с НН	ШИМ с РЧ
0,0013	769,2	7,04	7,51	11,49	6,98
0,0012	833,3	6,95	6,42	11,8	6,93
0,0011	909,1	6,08	4,44	9,69	7,8
0,001	1000	5,85	7,1	9,6	7,23
0,0009	1111,1	4,88	5,17	7,98	4,44
0,0008	1250	4,33	5,26	6,37	4,38
0,0007	1428,6	3,21	4,59	4,84	3,75
0,0006	1666,7	2,63	3,79	3,19	3,05
0,0005	2000	2,28	2,31	2,11	2,54
0,0004	2500	1,65	1,43	2,35	2
0,0003	3333,3	1,4	1,67	2	1,38
0,0002	5000	1,74	1,7	2,47	1,37
0,0001	10000	4,18	4,09	3,63	1,85

На основе результатов моделирования построен график зависимости коэффициента нелинейных искажений от частоты несущего колебания. На данном графике пунктирными линиями показаны результаты моделирования стратегий без фильтрации, а сплошными – моделирование с ФНЧ.

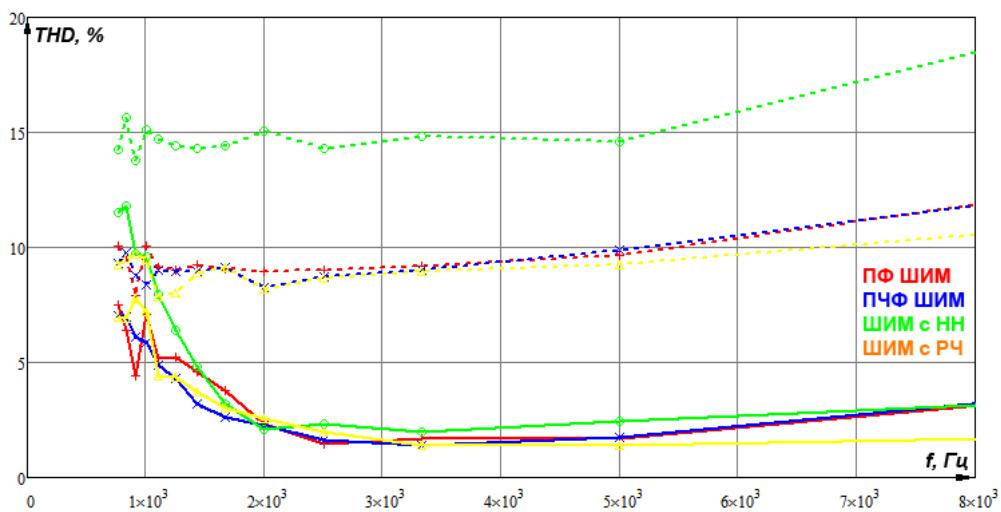


Рисунок 5 – График зависимости коэффициента нелинейных искажений от частоты несущего колебания

Как видно из рисунка 5, для всех стратегий при низких значениях частотного коэффициента  $k_f$  наблюдается высокое значение коэффициента нелинейных искажений, а с увеличением частоты несущих данный коэффициент спадает до определенного минимума и затем незначительно увеличивается. При этом наиболее низкий коэффициент нелинейных искажений наблюдается при использовании стратегии коммутации на базе ШИМ с РЧ. При реализации силового инвертора все же не следует выбирать большую частоту, поскольку с частотой возрастают потери энергии на переходные процессы. Также следует иметь в виду, что коммутация осуществляется силовыми ключами, например, IGBT или MOSFET, переходные процессы в которых при высокой частоте переключений могут вывести их из строя [19, 20].

**Заключение.** В статье исследованы методики коммутации ступеней многоуровневого инвертора на базе широтно-импульсной модуляции. По результатам моделирования в среде Simulink получены зависимости коэффициента нелинейных искажений от частоты для различных стратегий без фильтрации выходного напряжения инвертора, и с ФНЧ. Выяснено, что наиболее низкий коэффициент нелинейных искажений можно получить при использовании стратегии коммутации на базе ШИМ с различными частотами для ступеней.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rodríguez J., Jih-Sheng Lai and Fang Zheng Peng. Multilevel inverters: A survey of topologies, controls and applications // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2002. – vol.49(4). – p. 724-738.
- [2] Singh B., Mittal N., Verma K. S., Singh D., Singh S. P., Dixit R., Singh M. and Baranwal A. Multi-level inverter: a literature survey on topologies and control strategies // International Journal of Reviews in Computing. – 2012. – vol. 10. – p.1-16.
- [3] Govindaraju C., Baskaran K. Optimized Hybrid Phase Disposition PWM Control Method for Multilevel Inverter // International Journal of Recent Trends in Engineering. – 2009. – vol. 1(3). – p.129-134.
- [4] Arun V., Shanthi B., Natarajan S. P. Performance Analysis of Multicarrier SPWM Strategies for Three Phase Z - Source Seven Level Cascaded Inverter // International Journal of Modern Engineering Research. – 2013. – vol.3, issue.1.– p. 204-211.
- [5] Johnson Uthayakumar R., Natarajan S.P., Padmathilagam.V. A New Three Phase Seven Level Asymmetrical Inverter with Hybrid Carrier and Third Harmonic Reference // International Journal of Modern Engineering Research. –2012. – Vol.2, Issue.4. – p.1814-1818.
- [6] Seyezhai R., Mathur B.L. Implementation and Control of Variable Frequency ISPWM Technique for an Asymmetric Multilevel Inverter // European Journal of Scientific Research . – 2010. – Vol.39, №4. – p. 558-568.
- [7] Seyezhai R. Investigation of Performance Parameters For Asymmetric Multilevel Inverter Using Hybrid Modulation Technique // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2011. – 3(12). – p. 8430-8443.
- [8] Jeevananthan S., Nandhakumar R. and Dananjanay P. Inverted Sine Carrier for Fundamental Fortification in PWM Inverters and FPGA Based Implementations // Serbian Journal of Electrical Engineering. – 2007. – Vol. 4, №2. – p. 171-187.
- [9] Seyezhai R., Mathur B.L. Hybrid Multilevel Inverter using ISPWM Technique for Fuel Cell Applications // International Journal of Computer Applications. – 2010. – Vol. 9, №1.
- [10] 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). – p. 385 – 387.
- [11] Moldakhmetov S., Issemenbergenov N., Kasymov A. Multilevel inverter based on level switch and H-bridge // ARP Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – vol.10(16). – p. 6884-6887.
- [12] 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.– p. 1924-1933.
- [13] Taissariyeva K., Issemenbergenov N. The research of the solar panels-commutator-inverter-load system with the pulse-amplitude control // SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. – 2014.
- [14] Chakravarty S. Technology and Engineering Applications of Simulink. – InTech, 2012. – pp. 266.
- [15] Debnath S., Narayan R. THD Optimization in 13 level photovoltaic inverter using Genetic Algorithm // International Journal of Engineering Research and Applications. – 2012. – №3. – p. 385-389.
- [16] Gupta A., Tripathi G. Ch. Design and Analysis of Low Pass FIR & IIR Filter and Find Optimum Result Using Neural Network // Global Journal of Researches in Engineering. –2010. –Vol. 10, Issue 7. – p. 61-64.
- [17] Burlaka V.V., Gulakov S.V., Bublik S.K., Dyachenko M.D. Shunt Active Filter With Improved Suppression Of High-Order Current Harmonics // Visnik Priazovskogo Derzhavnogo Technichnogo Universitetu. – 2009. – Vol. 19. – p. 237 – 241.
- [18] Мойн В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.: Энергоатомиздат. – 1986. – С. 81 – 112.
- [19] Kulkarni V.V., Swami L.B. MOSFET Based High Frequency Inverter for Induction Heating Equipment Using MATLAB/Simulink Environment // International Journal Of Innovations In Engineering Research And Technology. –2014. – Vol. 1, Issue 1.
- [20] Rajesh J., Deepak S.V., Ramjee S.V. High-Frequency Resonant Matrix Converter using IGBT-Based Bidirectional Switches for Induction Heating // Int. Journal of Engineering Research and Applications. – 2014. – Vol. 4, Issue 2. – p. 451-457.

REFERENCES

- [1] Rodriguez J., Jih-Sheng Lai and Fang Zheng Peng. Multilevel inverters: A survey of topologies, controls and applications. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, **2002**, vol.49(4), p. 724-738 (in Eng.).
- [2] Singh B., Mittal N., Verma K. S., Singh D., Singh S. P., Dixit R., Singh M. and Baranwal A. Multi-level inverter: a literature survey on topologies and control strategies. *International Journal of Reviews in Computing*, **2012**, vol. 10, p.1-16 (in Eng.).
- [3] Govindaraju C., Baskaran K. Optimized Hybrid Phase Disposition PWM Control Method for Multilevel Inverter. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, **2009**, vol.1(3), p.129-134(in Eng.).
- [4] Arun V., Shanthi B., Natarajan S. P. Performance Analysis of Multicarrier SPWM Strategies for Three Phase Z - Source Seven Level Cascaded Inverter. *International Journal of Modern Engineering Research*, **2013**, vol.3, issue.1, p. 204-211 (in Eng.).
- [5] Johnson Uthayakumar R., Natarajan S.P., Padmathilagam.V. A New Three Phase Seven Level Asymmetrical Inverter with Hybrid Carrier and Third Harmonic Reference. *International Journal of Modern Engineering Research*, **2012**, Vol.2, Issue.4, p.1814-1818 (in Eng.).
- [6] Seyezhai R., Mathur B.L. Implementation and Control of Variable Frequency ISPWM Technique for an Asymmetric Multilevel Inverter. *European Journal of Scientific Research*, **2010**, Vol.39, №4, p. 558-568(in Eng.).
- [7] Seyezhai R. Investigation of Performance Parameters For Asymmetric Multilevel Inverter Using Hybrid Modulation Technique. *International Journal of Engineering Science and Technology*, **2011**, 3(12), p. 8430-8443(in Eng.).
- [8] Jeevananthan S., Nandhakumar R. and Dananjayan P. Inverted Sine Carrier for Fundamental Fortification in PWM Inverters and FPGA Based Implementations. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, **2007**, Vol. 4, №2, p. 171-187 (in Eng.).
- [9] Seyezhai R., Mathur B.L. Hybrid Multilevel Inverter using ISPWM Technique for Fuel Cell Applications. *International Journal of Computer Applications*. **2010**, – Vol. 9, №1(in Eng.).
- [10] 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 (in Eng.).
- [11] Moldakhmetov S., Issemenbergenov N., Kasymov A. Multilevel inverter based on level switch and H-bridge. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. **2015**, vol.10(16), p. 6884-6887 (in Eng.).
- [12] 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, p. 1924-1933(in Eng.).
- [13] Taissariyeva K., Issemenbergenov N. The research of the solar panels-commutator-inverter-load system with the pulse-amplitude control. *SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*, **2014** (in Eng.).
- [14] Chakravarty S. Technology and Engineering Applications of Simulink. – *InTech*, **2012**, pp. 266 (in Eng.).
- [15] Debnath S., Narayan R. THD Optimization in 13 level photovoltaic inverter using Genetic Algorithm. *International Journal of Engineering Research and Applications*, **2012**, №3, p. 385-389 (in Eng.).
- [16] Gupta A., Tripathi G. Ch. Design and Analysis of Low Pass FIR & IIR Filter and Find Optimum Result Using Neural Network. *Global Journal of Researches in Engineering*, **2010**, Vol. 10, Issue 7, p. 61-64 (in Eng.).
- [17] Burlaka V.V., Gulakov S.V., Bublik S.K., Dyachenko M.D. Shunt Active Filter With Improved Suppression Of High-Order Current Harmonics. *Visnik Priazovskogo Derzhavnogo Technichnogo Universitetu*, **2009**, Vol. 19, p. 237 – 241(in Eng.).
- [18] Moin V.S. Stabilizirovannye tranzistornye preobrazovateli. M.: Energoatomizdat, **1986**, pp. 81-112 (in Russ.).
- [19] Kulkarni V.V., Swami L.B. MOSFET Based High Frequency Inverter for Induction Heating Equipment Using MATLAB/Simulink Environment. *International Journal Of Innovations In Engineering Research And Technology*, **2014**. Vol. 1, Issue 1(in Eng.).
- [20] Rajesh J., Deepak S.V., Ramjee S.V. High-Frequency Resonant Matrix Converter using IGBT-Based Bidirectional Switches for Induction Heating. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. **2014**, Vol. 4, Issue 2, p. 451-457 (in Eng.).

**ЖАЗЫҚТЫҚ-ИМПУЛЬСТІК МОДУЛЯЦИЯ НЕГІЗІНДЕ ҚӨПДЕҢГЕЙЛІ ИНВЕРТОР САТЫЛАРЫНЫң ҚОСЫЛУ ӘДІСТЕМЕЛЕРИН ЗЕРТТЕУ**

**С.А. Орынбаев<sup>1</sup>, С.С. Молдахметов<sup>2</sup>, Б.К. Байбутанов<sup>2</sup>, М.Б. Ешметов<sup>1</sup>, Д.С. Ауесжанов<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз

<sup>2</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы)

**Түйін сөздер:** көп деңгейлі инвертор, ЖИМ, коммутация бұрышы, сзықты емес бұрмалау коэффициенті, Simulink.

**Аннотация.** Берілген мақалада көпдеңгейлі инвертор сатыларының қосылу әдістемесі зерттелген. Бұл әдістемелер қосылулар үшін жазықты-импульстік модуляцияны қолданады. Ол эталондық синусоидты сигналмен үшбұрыштық импульстардың тізбегін салыстырумен алынады. Мақалада басқарушы импульстарды алу алгоритмы суреттелген және әрбір стратегиялардың инвертор шығыс кернеуінің гармоникалық құраушылары коэффициентын азайттыны зерттелген. Ол үшін Simulink ортасында әртүрлі жиілік стратегиясына модельдеу жүргізілді.

Поступила 13.03.2016 г.

## МАЗМУНЫ

## Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

Бұртебаев Н., Дүйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., Сакута С.Б. 50 және 60 МэВ энергиялық ${}^3\text{He}$ иондарының ${}^{14}\text{N}$ ядроларынан серпімді шашырауын зерттеу.....	5
Алтынбеков Ш. Әртекті топырақ консолидациясының бірөлшемді квазисызықты есебін напордың бастапқы градиенті әсеріндегі шешу әдісі туралы және оның шөгүін анықтау.....	10
Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е. 3-D Модельдеу әдістерімен жану процесіне көмірдің ылғалдылығының зиянын зерттеу.....	21
Асқарова Э.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т. ЖЭС жану камерасында көмірдің жануы кезінде $\text{NO}_x$ түзілуі мен жойытуын екі кинетикалық механизм бойынша сандық моделдеу.....	29
Асқарова Э.С., Болегенова С.Ә., Болегенова С.Ә., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т. Жану камерасының қабырға температурасы үшін берілген шекаралық шартының жану процесінің температуралық сипаттамаларына әсерін зерттеу.....	35
Асқарова Э., Болегенова С., Горюховский М., Оспанова Ш., Нұғыманова А., Утемов С. Әр түрлі сұйық отындарың бүркү, тұттану және жану процесстерін зерттеу .....	40
Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О. Толқын тендеуінің шартаралық есебінің тұрлаулы шешілдігі туралы.....	48
Бұртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К. Оптикалық және фолдинг модельдер АЯСЫНДА 50 және 60 МэВ энергияларда ${}^3\text{He}$ иондарының ${}^{13}\text{C}$ ядроларында серпімді шашырау процесстерін зерттеу.....	55
Жұмабаев Д.С., Бакирова Э.А. Импульс әсері бар фредгольм интегралдық-дифференциалдық тендеулер үшін сызықты штеттік есептің бірмөнді шешілімділігінің коэффициенттік белгілері .....	61
Өтебаев Ү.Б., Есенбаев Қ.Ә., Дархан Н.Д. WEB -формалар құрудың технологиялары.....	72
Жұнусова Л.Х., Жұнусов К.Х. Тор тендеулерінің итерациялық әдіспен шығару.....	79
Қабылбеков К.А., Саудахметов П.А., Омашова Г.Ш., Сершікбаева Г.С., Сүйерқұлова Ж.Н. Еркін механикалық тербелістерді зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың үйімдастырудың бланкі үлгісі.....	84
Қабылбеков К.А., Саудахметов П.А., Омашова Г.Ш., Сүттібаева Д.И., Қозыбақова Г.Н. Изобаралық процесті зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың үйімдастырудың бланкі үлгісі.....	92
Қабылбеков К.А., Омашова Г.Ш., Саудахметов П.А., Нұруллаев М.А., Артығалин Н.А. Карно циклімен жұмыс атқарытын қозғалтқышты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың үйімдастырудың бланкі үлгісі.....	98
Түгелбаева Г.Т., Канибекова А. Е. Білім негіздерін физика сабактарына енгізу әдісін жүйелік талдау.....	104
Қойшиева Т.К., Қожасамкулова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегімбетова Х.А. Объектіге-бағытталған жүйе болашақ маманың ақпараттық-логикалық құзыреттілігін қалыптастыру факторы ретінде.....	108
Қойшиева Т.К., Байтерекова А.И., Салғареева М.И. Болашақ мұғалімдердің кәсіби дайындауда колданылатын объектілі-бағдарлы жобалаудың теориялық негіздері.....	116
Литвиненко Н. Бағдарламалық R ортасынан C# ортасына біріктірілуі.....	123
Мақышов С.Тұрақты м-түндаған сандар.....	128
Минглибаев М.Ж., Прокопен A.Н., Бекетауов Б.А. Массалары айнымалы шектелген үш дене мәселесінің эволюциялық тендеуінің накты шешімдері.....	133
Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С. Жазықтық-импульстік модуляция негізінде көпденгейлі инвертор сатыларының косылу әдістемелерін зерттеу .....	139
Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С. Толқын тендеуінің шартаралық есебінің вөлтерлі болуының үзілді – кесілді шарты.....	147
Сураган Д. Шаттен p-нормасы үшін бір тенсіздік туралы .....	153
Темирбеков Н.М., Турапов А.К. Газлифт үрдісінің бір өлшемді моделінің сандық шешімі .....	159
Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шоманбаева М.Т. Аргументі ауытқыған жылу тендеуінің шекаралық коши-нейман есебіне сәйкес оператордың спектрінің құрамы туралы.....	169
Шоманбаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т. Аргументі ауытқыған жылу тендеуінің жарталай бекітілген шекаралық есебіне сәйкес оператордың үзіксіз спектрі туралы .....	180
Ұлағатты ұстаз туралы. Шералі Бізәл. ....	191

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Теоретические и экспериментальные исследования**

<i>Буртебаев Н., Дүйсебаев А., Керимкулов Ж.К., Алимов Д.К., Юшков А.В., Жолдыбаев Т.К., Садыков Б., Мухамеджанов Е.С., Джансейтов Д.М., сакута С.Б.</i> Исследование упругого рассеяния ионов ${}^3\text{He}$ на ядрах ${}^{14}\text{N}$ при энергиях 50 и 60 МэВ.....	5
<i>Алтынбеков Ш.</i> О методике решения одномерной квазилинейной задачи консолидации неоднородного грунта с учетом начального градиента напора и определение его осадка.....	10
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б., Габитова З.Х., Боранбаева А.Е.</i> Исследование влияния влажности угля на процесс горения методами 3-д моделирования.....	21
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Численное моделирование образования и разложения $\text{NO}_x$ по двум кинетическим механизмам при горении угольного топлива в топочной камере ТЭЦ.....	29
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т.</i> Исследование влияния граничного условия для температуры на стенках топочной камеры на температурные характеристики процесса горения.....	35
<i>Аскарова А., Болегенова С., Гороховский М., Оспанова Ш., Нұғыманова А., Утелов С.</i> Исследование процессов распыла, воспламенения и горения различного вида жидкого топлива.....	40
<i>Сапрыгина М.Б., Байсейтова У.С., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О.</i> Толқын тендеуінің шартаралты есебінің тұрлаулы шешілігі туралы.....	48
<i>Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н., Джансейтов Д.М., Жолдыбаев Т.К., Алимов Д.К.</i> Исследование процессов упругого рассеяния ионов ${}^3\text{He}$ на ядрах ${}^{13}\text{C}$ при энергиях 50 и 60 МэВ в рамках оптического и фолдинг моделей.....	55
<i>Джумабаев Д.С., Бакирова Э.А.</i> Коэффициентные признаки однозначной разрешимости линейной краевой задачи для интегро-дифференциальных уравнений фредгольма с импульсными воздействиями.....	61
<i>Утебаев У.Б., Есентаев К.У., Дархан Н.Д.</i> Технология создания web-форм.....	72
<i>Жунусова Л.Х., Жунусов К.Х.</i> Итерационные методы решения сеточных уравнений.....	79
<i>Кабылбеков К.А., Сайдахметов П.А., Омарова Г.Ш., Серикбаева Г.С., Сүйеркулова Ж.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию свободных механических колебаний.....	84
<i>Кабылбеков К.А., Сайдахметов П.А., Омарова Г.Ш., Суттибаева Д.И., Козыбакова Г.Н.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию изобарического процесса.....	92
<i>Кабылбеков К.А., Омарова Г.Ш., Сайдахметов П.А., Нураллаев М.А., Артыгалин Н.А.</i> Модель бланка организации компьютерной лабораторной работы по исследованию двигателя, совершающего цикл Карно.....	98
<i>Түгелбаева Г.Т., Канибекова А.</i> Е. Системное обсуждение способов внедрения в уроки по физике основ знаний по экологии.....	104
<i>Койшиева Т.К., Кожамкулова Ж.Ж., Базарбаева А.И., Бегимбетова Х.А.</i> Объектно-ориентированные системы как фактор формирования информационно-логической компетентности будущих специалистов.....	108
<i>Койшиева Т.К., Байтерекова А.И., Салгараева М.И.</i> Теоретические основы объектно-ориентированного проектирования, применимые для профессиональной подготовки будущих учителей.....	116
<i>Литвиненко Н.</i> Интеграция программной среды R в среду C# .....	123
<i>Макышов С.</i> Неподвижные м-порожденные числа.....	128
<i>Минглибаев М.Ж., Прокопеня А.Н., Бекетауов Б.А.</i> Точные решения эволюционных уравнений в ограниченной задачи трех тел с переменными массами.....	133
<i>Орынбаев С.А., Молдахметов С.С., Байбутанов Б.К., Ешметов М.Б., Ауесжанов Д.С.</i> Исследование методик коммутации ступеней многоуровневого инвертора на основе широтно-импульсной модуляции.....	139
<i>Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш., Оразов И.О., Байсейтова У.С.</i> Критерии вольттерровости нелокальной краевой задачи волнового уравнения .....	147
<i>Сураган Д.</i> Об одном неравенстве p-нормы в классе Шаттена.....	153
<i>Темирбеков Н.М., Тураров А.К.</i> Численное решение одномерной модели газлифтного процесса.....	159
<i>Ахметова С.Т., Шалданбаев А.Ш., Шомабаева М.Т.</i> О структуре спектра краевой задачи коши-неймана для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	169
<i>Шоманбаева М.Т., Шалданбаев А.Ш., Ахметова С.Т.</i> О непрерывном спектре оператора полузакрепленной краевой задачи для уравнения теплопроводности с отклоняющимся аргументом.....	180
<i>Юбилей Ашуралиев Аллаберен.</i> .....	191

## CONTENTS

## Theoretical and experimental researches

<i>Burtebayev N., Dusebayev A., Kerimkulov Zh.K., Alimov D.K., Yushkov A.V., Zholdybayev T.K., Sadikov B., Mukhamejanov Y.S., Janseitov D.M., Sakuta S.B.</i> Investigation of the elastic scattering of ${}^3\text{He}$ ions on ${}^{14}\text{N}$ at energies 50 and 60 MeV.....	5
<i>Altynbekov Sh.</i> On the method of solving one-dimensional quasilinear problem of consolidation of non homogeneous soil with the initial gradient of pressure and determination of its sediment.....	10
<i>Askarova A., Bolegenova S., Bolegenova S., Maximov V., Yergaliyeva A., Gabitova Z., Boranbaeva A.</i> Study of coal moisture on the combustion process by 3d modeling.....	21
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Beketayeva M.T.</i> Numerical modeling of formation and destruction of $\text{NO}_x$ by TWO kinetic mechanisms during combustion of fossil fuel in the furnace of CHP.....	29
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Maximov V.Yu., Beketayeva M.T.</i> Study of the boundary conditions influence for the temperature on the walls of the combustion chamber in the temperature characteristics of the burning process.....	35
<i>Askarova A., Bolegenova S., Gorokhovski M., Ospanova Sh., Nugymanova A., Utelov S.</i> Investigation of atomization, ignition and combustion processes of different types of liquid fuel.....	40
<i>Saprygina M.B., Bayseytova U.S., Shaldanbayev A.Sh., Orazov I.O.</i> About regular solvability of nonlocal boundary value problem of the wave equation.....	48
<i>Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Demyanova A.S., Danilov A.N., Janseitov D.M., Zholdybayev T.K., Alimov D.K.</i> Investigation of elastic scattering of ${}^3\text{He}$ ions from ${}^{13}\text{C}$ nuclei at 50 and 60 MeV in optical and folding model.....	55
<i>Dzhumabaev D.S., Bakirova E.A.</i> Coefficient conditions for the unique solvability of linear boundary value problem for fredholm integro-differential equation with impulse effects.....	61
<i>Utebaev U.B., Yessentayev K.U., Darkhan N.D.</i> Technology of creation of web-form.....	72
<i>Zhunussova L., Zhunussov K.</i> Iterative methods for solving difference equations .....	79
<i>Kabylbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Serikbaeva G.S., Suyerkulova ZH.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of the free mechanical oscillations.....	84
<i>Kabylbekov K.A., Saidakhmetov P.A., Omashova G.SH., Sutibaeva D.I., Kozybakova G.N.</i> Model of the form of the organisation of computer laboratory operation of isobaric process.....	92
<i>Kabylbekov K.A., Omashova G.SH., Saidakhmetov P.A., Nurullaev M.A., Artygalin N.A.</i> Model of the form of the organization of computer laboratory operation on examination of the drive making the carnot cycle.....	98
<i>Tygelbaeva G.T., Kanibekova A. E.</i> System discussion of methods of introduction in lessons on physics bases of knowledge on ecology.....	104
<i>Koysheva T.K., Kozhamkulova Zh.Zh., Bazarbaeva A.I., Begimbetova A.</i> Object-oriented system as the factor of formation of information-logical competence of future professionals.....	108
<i>Koishieva T.K., Baiterekova A.I., Salgaraeva M.I.</i> Theoretical bases of object-oriented design, applicable for vocational training of future teachers.....	116
<i>Litvinenko N.</i> Integration of R software environment in C# software environment.....	123
<i>Makayshov S.</i> Stationary m-digitaddition numbers.....	128
<i>Minglibayev M.Dzh., Prokopenya A.N., Beketauv B.A.</i> Exact solutions of evolution equations in restricted three-body problem with variable mass.....	133
<i>Orynbayev S.A., Moldakhmetov S.S., Baibutanov B.K., Jeshmetov M.B., Aueshanov D.S.</i> Methods of switching angles based on pulse width modulation for multilevel inverter.....	139
<i>Saprygina M.B., Shaldanbayev A.Sh., Orazov I.O., Bayseytova U.S.</i> Criteria Volterra of nonlocal boundary value problem of the wave equation .....	147
<i>Suragan D.</i> On an inequality for schatten $P$ -norms .....	153
<i>Temirbekov N. M., Turarov A. K.</i> Numerical solution of the one dimensional model of gas-lift process .....	159
<i>Achmetova S.T., Shaldanbayev A.Sh., Shomabayeva M. T.</i> About structure of the range of the regional task of cauchy - neumann for the heat conductivity equation with the deviating argument.....	169
<i>Shomanbayeva M. T., Shaldanbayev A.Sh., Achmetova S.T.</i> About the continuous range of the operator of the semi-fixed regional task for the heat conductivity equation with the deviating argument.....	180
Anniversary of Ashuraliev Allaber	191

**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](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**

**http://www.physics-mathematics.kz**

Редактор *M. С. Ахметова*  
Верстка на компьютере *A.M. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 24.03.2016.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
11,3 п.л. Тираж 300. Заказ 2.