

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

---

# ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



# ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

№ 3 (2017)

---

Павлодар

**МАЗМҰНЫ****НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

**Энергетическая серия**

выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**о постановке на учет средства массовой информации  
№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия  
Республики Казахстан**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Боровиков Ю. С., *к.т.н., профессор (Россия)*  
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Захаров И. В., *д.т.н., профессор*  
 Клещель М. Я., *д.т.н., профессор*  
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
 Тастенов А. Д., *к.т.н., доцент*  
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Шокубаева З. Ж., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

**Әбдірахманов Е. С., Богомолов А. В., Быков П. О.**Екібастұз көмірінің айыппұлдарынан алынған байытылған  
отын брикеттерінің жылу құны .....12**Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н.,  
Булатбаева Ю. Ф.**Стохастикалық тәуелді жұмыс жасау барысындағы датчиктердің топтық  
зерттеулері әдісінің технологиялық кешенді үлестіру мониторингі .....17**Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н.,  
Булатбаева Ю. Ф.**Тармақталған технологиялық кешендері мониторингтеу жүйелеріндегі  
тәуелсіз белсенді датчиктерден топтық сауалнама жасау .....28**Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.**Кернеу резонанс құбылысын зерттеу үшін аппараттық-бағдарламалық  
қамтамасыз ету жүйесі .....37**Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.**Қыздырылған мұнай коксының құрамындағы күкіртті анықтау  
әдістерінің тиімділігін зерттеу .....49**Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.**

Дизель отынын гидротазарту .....56

**Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.**Желілер бойынша таратылатын кондуктивті электромагниттік  
кедергілерді зерттеу әдістемесі .....63**Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.**Кері реттілік бойынша кернеулердің мағыналарының коэффициенті  
бойынша кондуктивті электромагниттік кедергінің есептеу алгоритмі .....68**Кошечков К. Т., Савостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.**Сымсыз технологиялар негізінде мұнай-газ жабдықтарына  
диагностика және мониторинг жүргізу жүйесі .....73**Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шәкір М. К.**Жұмыстың вахталық әдісінде еңбекті ұйымдастырудың  
құқықтық сұрақтары .....82**Литвинов В. С.**

Тұрғын үй қорының энергиялық тиімділігі .....90

**Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.**Инновациялық қызметті пайдаланумен таза энергия тасушыны өндіру  
мақсатындағы қатты отындарды газдандыру үдерістері .....97**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**Electronics Workbench көмегімен бейтарабы оқшауланған  
кабелдік төрапта бір фазалы тұйықталу топтарын үлгілеу .....105**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**  
6–10 кВ кабелдік төраптардың конфигурациясы .....112

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ногай А. С., Қабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнақұлов Е. Б., Ногай А. А., Исабекова Б. Б., Жақсыбаева Д. К.</b>                       |     |
| Гибридті электр жетектерінің оңтайлы режимдерін іздеу .....   | 119 |
| <b>Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б.</b>   |     |
| Жылу жүйелерінің материалдарының қасиеттерінің өзгеруі олардың гидравликалық және жылулық режимдерінің жұмысына әсері .....                   | 128 |
| <b>Рындин В. В., Каукенова Ж. К., Тулеубаев С. Б.</b>   |     |
| МТБЭ-ні Қазақстанда және шетелдерде өндірудің салыстырмалы талдауы .....  | 134 |
| <b>Сулейменов М. А., Елубай М. А., Төлегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж.</b>   |     |
| Қалдықсыз өндіру және аяқ киім кремін алуға шиналардың қайта өңдеуі .....   | 140 |
| <b>Талипов О. М.</b>  |     |
| Тоқ трансформаторларсыз тоқтық қорғаулар .....  | 148 |
| <b>Мукимов Н. С., Садуақасова С. К.</b>   |     |
| Астана қ. ЖЭО-2 бугазды қондырғыны қолдану және көмірді ішкі циклды газификациялау технологиясын пайдалану есебінен оңтайландыру жобасы ..... | 158 |
| <b>Мустафин А. Х., Адильханов О. Е.</b>   |     |
| Діріл диагностикасы нәтижесінде сорғылардың анықтау ресурстарын басқару .....   | 164 |
| <b>Мұқанов Б. Қ., Өмірбекова Ж. Ж., Орақбаев Е. Ж., Ақаев М. Г.</b>   |     |
| Ұңғымалар параметрлерін жер асты шаймалау процесінде анықтау .....  | 169 |
| <b>Мұқанов Б. Қ., Өмірбекова Ж. Ж., Орақбаев Е. Ж., Сарбасова Р. Б., Әділова Ш. К.</b>  |     |
| Жерасты шаймалау ұңғымаларының гидродинамикалық үлгілерін зерттеу және құру .....   | 177 |
| <b>Прозорова Т. А., Курманғалиев М. К.</b>  |     |
| ЖЭО қолданылатын күл үйінділерінің шаң басу жүйесі .....  | 187 |
| <b>Прозорова Т. А., Равдал Е. А.</b>  |     |
| ПМХЗ коксты технологиялық пештерін түтіндік газдарынан тазарту .....  | 194 |
| <b>Рындин В. В., Дюсова Р. М., Жумабеков А. Е.</b>  |     |
| Табиғи газды сығымдағыштар және олардың есебі .....   | 201 |
| <b>Серикбаев А. К., Масакбаева С. Р.</b>  |     |
| Каталитикалық крекингті терең мұнай өңдейтін алдыңғы қатарлы процесс ретінде дамыту .....   | 210 |
| <b>Смаилова А. Д., Рындин В. В.</b>   |     |
| Магистральды мұнай құбырының жұмыс режимін өзгерту кезінде энергия шығынын төмендету .....  | 220 |
| <b>Тютебаева Г. М., Байкен Н. Ә.</b>  |     |
| Астана қаласының жылумен қамтамасыз ету жүйесінің қазіргі жағдайы және оңтайландыру жолдары .....   | 229 |
| <b>Тютебаева Г. М., Жағыпар А. С.</b>   |     |
| Қазақстан Республикасындағы энергия үнемдеу потенциалы .....  | 239 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Айнақұлов Э. Б., Исабекова Б. Б., Ускенбаев А. Д.</b>  |     |
| Висмут құрамды асқын өткізгішті бірікпелерге қоспалардың әсері .....  | 248 |
| <b>Хабдуллин Асет. Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.</b>   |     |
| Геомеханикалық және электротехникалық кешендердің нысандарын электрмен жабдықтау жүйесінің ақпараттық үлгісін құру .....  | 257 |
| <b>Хабдуллина З. К., Хабдуллин Асет. Б., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.</b>   |     |
| Бағдарламалық кешеннің көмегімен жүктеме және қуат шығынын есептеу .....  | 268 |
| <b>Хабдуллин Асет. Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.</b>   |     |
| «ССКӨБ» АҚ үшін жүктеме мен қуат шығынын азайту мақсатында электрмен жабдықтау жүйесі жұмысының режимін оңтайландырудағы энергия үнемдейтін әдістерді даярлау ..... | 279 |
| <b>Хабдуллин Асет. Б., Хабдуллина З. К., Марковский В. П., Хабдуллин Арман Б.</b>   |     |
| Геомеханикалық және электротехникалық кешендердің электрмен жабдықталу жүйесінде электр тұтынуды нөмірлеудің сараптамасы .....                                      | 290 |
| <b>Шаймерденов А. Т.</b>  |     |
| Жылу электр станцияларындағы жабдығының сенімділік бағалау әдісінің талдауы .....   | 297 |
| <br>  |     |
| Авторларға арналған ережелер.....   | 308 |

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Абдрахманов Е. С., Богомоллов А. В., Быков П. О.**  
Теплотворная способность обогащенных топливных брикетов, полученных из мелочи экибастузского угля .....12

**Бейсенби М. А., Брейдо И. В., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.**  
Мониторинг распределенных технологических комплексов методом стохастического группового опроса датчиков зависимого срабатывания ..... 17

**Брейдо И. В., Бейсенби М. А., Фешин Б. Н., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.**  
Групповой опрос датчиков независимой активности в системах мониторинга распределенных технологических комплексов .....28

**Горчаков Л. В., Вишенкова Ю. А., Волков И. А.**  
Аппаратно-программный комплекс для изучения явления резонанса напряжений .....37

**Жапаргазинова К. Х., Жаукенова Б. Б.**  
Исследование эффективности методов определения серы в прокаленном нефтяном коксе .....49

**Жапаргазинова К. Х., Хусаин А. К.**  
Гидроочистка дизельного топлива .....56

**Кислов А. П., Антонцев А. В., Мухамадиев Е. Б.**  
Методология исследования кондуктивных электромагнитных помех, распространяющихся по сетям .....63

**Кислов А. П., Антонцев А. В., Нугманов М. Е.**  
Алгоритм расчета кондуктивной электромагнитной помехи по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности .....68

**Кошеков К. Т., Савостин А. А., Кашевкин А. А., Адильбеков А. Е.**  
Система диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий .....73

**Крекешева Т. И., Омарова С. Т., Шакир М. К.**  
Правовые вопросы организации труда при вахтовом методе работы .....82

**Литвинов В. С.**  
Энергоэффективность жилого фонда .....90

**Никифоров А. С., Акимбекова Б. С.**  
Процессы газификации твердых топлив с целью получения чистых энергоносителей с использованием в инновационной деятельности .....97

**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**  
Моделирование токов однофазного замыкания в кабельной сети с изолированной нейтралью с помощью Electronics Workbench .....105

**Новожилов А. Н., Исабеков Ж. Б., Новожилов Т. А.**  
Конфигурация кабельных электрических сетей 6–10 кВ ..... 112

**Ногай А. С., Кабылбекова О. М., Ускенбаев Д. Е., Айнакулов Е. Б., Ногай А. А., Исабекова Б. Б., Жаксыбаева Д. К.**  
Поиск оптимальных режимов работы гибридных накопителей электроэнергии ..... 119

**Приходько Е. В., Абдрахманова К. М., Есембеков Г. Б.**  
Влияние изменения свойств материалов тепловых сетей на гидравлические и тепловые режимы их работы ..... 128

**Рындин В. В., Каукенова Ж. К., Тулеубаев С. Б.**  
Сравнительный анализ производства МТБЭ в Казахстане и за рубежом ..... 134

**Сулейменов М. А., Елубай М. А., Толегенов Д. Т., Солтанхан А., Жаркенова Д. Ж.**  
Безотходное производство и переработка шин для получения обувного крема ..... 140

**Талипов О. М.**  
Токовые защиты без трансформаторов тока ..... 148

**Мукимов Н. С., Садуакасова С. К.**  
Проект оптимизации ТЭЦ-2 г. Астаны за счёт использования технологии внутрицикловой газификации угля и применения ПГУ ..... 158

**Мустафин А. Х., Адильханов О. Е.**  
Определение остаточного ресурса насосного оборудования с помощью данных вибрационной диагностики ..... 164

**Муханов Б. К., Омйрбекова Ж. Ж., Оракбаев Е. Ж., Акаев М. Г.**  
Идентификация параметров скважин при процессе подземного выщелачивания ..... 169

**Муханов Б. К., Оракбаев Е. Ж., Омйрбекова Ж. Ж., Сарбасова Р. Б., Адилова Ш. К.**  
Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания ..... 177

**Прозорова Т. А., Курмангалиев М. К.**  
Система пылеподавления действующих золоотвалов ТЭЦ ..... 187

**Прозорова Т. А., Раудал Е. А.**  
Очистка дымовых газов печей прокалики кокса ПНХЗ ..... 194

**Рындин В. В., Дюсова Р. М., Жумабеков А. Е.**  
Нагнетатели природного газа и их расчёт ..... 201

**Серикбаев А. К., Масакбаева С. Р.**  
Развитие каталитического крекинга, как передового процесса глубокой переработки нефти ..... 210

**Смаилова А. Д., Рындин В. В.**  
Снижение затрат энергии при смене режима работы магистрального нефтепровода ..... 220

**Тютебаева Г. М., Байкен Н. А.**  
Современное состояние и пути усовершенствование системы теплоснабжения г. Астаны ..... 229

*The principles of forming electrical circuits of 6–10 kV cable electrical networks are considered in the article, their analysis is made, which showed that ring and backbone networks with two-way power supply are the most promising and effective technically and economically. It has also been found out that, at present, in a network with a closed configuration in the normal operating mode of a network with two power supplies, one of the lines must be disconnected. This is due to the impossibility of selective disconnection of the faulty line, in particular for single-phase earth faults.*

УДК 621.762:666.64:66.067.124

**А. С. Ногай<sup>1</sup>, О. М. Кабылбекова<sup>2</sup>, Д. Е. Ускенбаев<sup>3</sup>,  
Е. Б. Айнакулов<sup>4</sup>, А. А. Ногай<sup>1</sup>, Б. Б. Исабекова<sup>5</sup>,  
Д. К. Жаксыбаева<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; <sup>2</sup>к.т.н., доцент, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана; <sup>3</sup>доктор PhD, КАТУ имени С. Сейфуллина, г. Астана; <sup>4</sup>к.т.н., Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; <sup>5</sup>доктор PhD, Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар; <sup>6</sup>магистр, Казахский Агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана  
e-mail: asbizh@mail.ru

## **ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИБРИДНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*В работе представлены результаты исследования автономных накопителей электроэнергии на основе аккумуляторов и суперконденсаторов. Были изучены характеристики различных вариантов эквивалентных схем накопителей электроэнергии путем моделирования. Установлены оптимальные режимы работы гибридных накопителей электроэнергии, а также выявлены параметры элементов схем таких накопителей, при котором достигается наибольшая его эффективность работы.*

*Ключевые слова: суперконденсатор, аккумуляторная батарея, конденсатор, гибридный энергонакопитель, эквивалентная схема.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для энергетики в настоящее время актуальным является разработка эффективных автономных источников электроэнергии [1, 2]. На сегодняшний день довольно широкое применение нашли гибридные устройства в качестве источников тока.

Уже широко используются автономные источники тока для электроснабжения электро-, радиоприборов и систем электронного управления в транспортных устройствах (в электромобилях, мобильных устройствах связи, летательных аппаратах и т.д.).

Актуальной задачей при построении источников электроэнергии для ряда устройств является выбор эффективных энергонакопительных

элементов, обладающих большой емкостью и малым внутренним сопротивлением, а также обладающих быстро и эффективно отдавать энергию и сохранять свои характеристики при частых зарядах и разрядах. Известно, что суперконденсаторы обладают более высокой емкостью и меньшими массогабаритными характеристиками, чем электролитические конденсаторы и имеют более высокую скорость заряда и разряда, чем аккумуляторы.

Использование суперконденсаторов совместно с аккумуляторами является перспективным направлением создания автономных гибридных накопителей электроэнергии, т.к. позволят повысить эффективность работы и срок службы аккумуляторов [3].

Целью данной работы является изучение модели «суперконденсатор – батарея» для поиска оптимальной схемы гибридного энергонакопителя, способной обеспечить ее эффективную работу.

Для реализации поставленной цели изучены взаимосвязи между батареями, суперконденсатором и конденсатором, чтобы провести оценку потенциального увеличения пиковой мощности, сокращения внутренних потерь.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методика эксперимента. Для исследования предлагаемого гибридного энергонакопителя были составлены две эквивалентные схемы гибридных энергонакопителей, которые включали в себя аккумуляторную батарею  $E_B$ , суперконденсатор  $C_{СК}$ , электролитический конденсатор  $C_K$ .

Батарея рассматривалась нами, как идеальный источник напряжения и внутреннего сопротивления. При исследовании аккумуляторная батарея была представлена эквивалентной схемой, приведенной на рисунке 1, в которой согласно [4] учтены все основные электрические параметры батареи:  $E_A$  – ЭДС батареи;  $R_{A,эл}$  – сопротивление, отражающее проводящие свойства электролита;  $C_A$  – эквивалентная емкость, обусловленная внутренней структурой батареи;  $R_A, L_A$  – сопротивление и индуктивность выводов батареи.

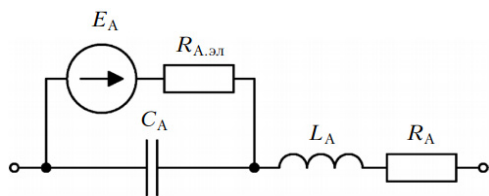


Рисунок 1 – Эквивалентная схема аккумуляторной батареи

Суперконденсатор был смоделирован в виде номинальной емкости ( $C_{СК}$ ) и эквивалентного последовательного сопротивления ( $R_{СК}$ ) и катушки индуктивности ( $L_{СК}$ ). Эти элементы схемы реально могут отражать динамику энергетического процесса в суперконденсаторе. Данная схема построена без учета тока утечки суперконденсатора, в виду ее незначительности. Выбор эквивалентной схемы суперконденсатора для проведения исследований проведен в соответствии с рекомендациями работы [5] и представлена на рисунке 2. Эквивалентная схема электролитического конденсатора была составлена аналогично суперконденсатору.

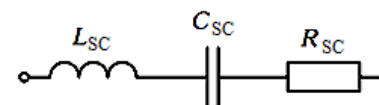


Рисунок 2 – Эквивалентная схема суперконденсатора

Для исследования модели гибридного энергонакопителя была составлена ее эквивалентная схема, которая с достаточной точностью отражала его электрические свойства (см. рис. 3). Модель гибридного энергонакопителя была существенно упрощена для облегчения проведения анализа.

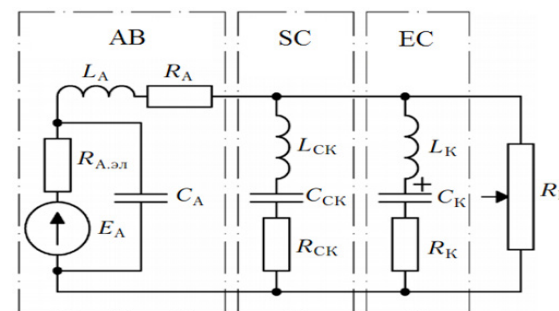


Рисунок 3 – Общая эквивалентная схема гибридного энергонакопителя

Исследование характеристик гибридного энергонакопителя, приведенного на рисунке 3 проводили с помощью имитационного моделирования с использованием пакета MATLAB/Simulink.

Результаты и их обсуждение. При моделировании были рассмотрены два варианта автономных гибридных источников электроэнергии, отличающиеся между собой аккумуляторными батареями. В первом случае был применен свинцовый автомобильный аккумулятор, а во втором литий ионный аккумулятор.

Также перед моделированием были учтены несоответствия параметров аккумуляторных батарей и суперконденсаторов. В частности, напряжение аккумулятора – 12 В, а суперконденсатора на 2,7 В. Поэтому для согласования этих приборов по напряжению были последовательно соединены 5 суперконденсаторов.

В первом случае в качестве источника энергии были выбраны автомобильный аккумулятор типа 6СТ-55 емкостью 55 А·ч, суперконденсаторы марки ВСАР0350Е270Т11 с емкостью 350 Ф, электролитический конденсатор К50-77 с емкостью 0,1 Ф. При моделировании были заданы следующие параметры эквивалентной схемы аккумулятора:  $E_A = 12$  В;  $C_A = 1,25$  Ф;  $R_{A,эл} = 83,3$  мОм;  $R_A = 7,7$  мОм;  $L_A = 0,2$  мГн. Параметры эквивалентной схемы батареи из пяти последовательно соединенных суперконденсаторов:  $C_{СК} = 70$  Ф;  $R_{СК} = 16$  мОм;  $L_{СК} = 0,3$  мкГн. Параметры эквивалентной схемы электролитического конденсатора:  $C_K = 0,1$  Ф;  $R_K = 15$  мОм;  $L_K = 0,1$  мкГн.

Во втором случае источником энергии служил литий ионный аккумулятор емкостью 1,6 А·ч и величиной ЭДС 1,2 В, суперконденсаторы ВСАР0350Е270Т11 емкостью 350 Ф, электролитический конденсатор К50-77 емкостью 0,1 Ф. При моделировании были заданы следующие параметры эквивалентной схемы аккумулятора:  $E_A = 3,7$  В;  $C_A = 0,85$  Ф;  $R_{A,эл} = 65$  мОм;  $R_A = 25$  мОм;  $L_A = 0,4$  мГн. Параметры эквивалентной схемы батареи из двух последовательно соединенных суперконденсаторов:  $C_{СК} = 175$  Ф;  $R_{СК} = 16$  мОм;  $L_{СК} = 0,3$  мкГн. (Последовательное соединение суперконденсаторов применено для их согласования по напряжению с аккумуляторной батареей, т. к. каждый из суперконденсаторов рассчитан на 2,7 В, а напряжение аккумулятора – 3,7 В.) Параметры эквивалентной схемы электролитического конденсатора:  $C_K = 0,1$  Ф;  $R_K = 15$  мОм;  $L_K = 0,1$  мкГн.

Рассмотрим результаты исследования взаимосвязи между батареями, суперконденсатором и нагрузкой в терминах их мощностных и энергетических долей, что делает возможным провести оценку потенциального увеличения пиковой мощности, сокращения внутренних потерь и увеличения срока эксплуатации.

В ходе моделирования были получены диаграммы изменения тока в ветвях схемы при нерегулярном разряде стационарного электронакопителя на нагрузку (рис. 4). По экспериментальным результатам, представленным на рисунке 4 а видно, что ток аккумуляторной батареи ( $i_A$ ) нарастает довольно медленно, значительно быстрее нарастает ток суперконденсаторов ( $i_{СК}$ ), а скорость нарастания электролитического конденсатора ( $i_K$ ), самая высокая.

Ток в нагрузке является суммой всех трех токов, что обеспечивает его стабильность в исследуемом интервале времени. Поддержание тока нагрузки на начальном участке формирования тока определяется конденсатором, а на среднем и конечном – суперконденсаторами. Кроме того, на конечном участке становится заметной и роль аккумулятора.

Также в ходе исследования были получены диаграммы изменения энергии, выделяемой в нагрузку при нерегулярном разряде накопительных элементов в различных комбинациях (см. рис. 4 б). Результаты, представленные на рисунке 3 б показывают, что энергия накопителя, состоящего из аккумуляторной батареи и конденсатора ( $W_A + W_K$ ) низка, поэтому может не обеспечить необходимый средний уровень энергии потребителю. Однако энергия накопителя состоящего из аккумуляторной батареи и суперконденсатора ( $W_A + W_{СК}$ ) уже способна обеспечить необходимый средний уровень энергии потребителю. И наконец, энергия накопителя, состоящая из аккумуляторной батареи, суперконденсатора и конденсатора ( $W_A + W_{СК} + W_K$ ) уже способна обеспечить потребителя избыточной энергией, превосходящей средний уровень.

Из данного анализа видно, что и батарея и суперконденсатор обеспечивают токи для нагрузки, когда она включена, в то время как батарея заряжает суперконденсатор, когда нагрузка отключена. Мгновенный ток батареи, который должен был бы быть на том же уровне, что и ток нагрузки, существенно снижен благодаря поддержке суперконденсатора.

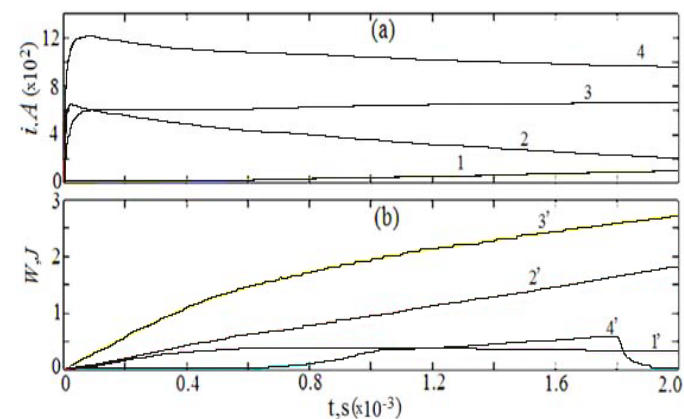


Рисунок 4 – Диаграммы изменения тока в ветвях схемы (а) и выделяемой в нагрузку энергии (б) при нерегулируемом разряде стационарного энергонакопителя на нагрузку для системы «аккумулятор типа 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77»: а) 1 – ток аккумулятора, 2 – ток конденсатора, 3 – ток суперконденсатора, 4 – суммарный ток; б) 1' – энергия аккумулятора, 2' – суммарная энергия аккумулятора и суперконденсатора, 3' – суммарная энергия аккумулятора, конденсатора и суперконденсатора, 4 – средний уровень энергии, необходимой для формирования импульса

Ток, обеспечиваемый суперконденсатором при подключенной нагрузке, существенно снижает пиковый ток батареи и, поэтому, значительно улучшает возможности системы.

Следует обратить внимание, что изменения тока в ветвях схемы (см. рис. 5 а) характеризуется двумя режимами: резкого нарастания до максимального значения и плавным спадом до значений насыщения.

Напротив изменение энергии вырабатываемой в нагрузке характеризуются плавными кривыми нарастания (см. рис. 4 б).

Аналогичные качественные диаграммы изменения тока и энергии выделяемой в нагрузку при нерегулируемом разряде энергонакопителя на нагрузку были получены при исследовании энергонакопительной системы с литий ионным аккумулятором. Следует отметить, что в данном случае значения токов и энергии на диаграммах изменения тока и энергии выделяемой в нагрузку имели большие величины.

Для изучения роли каждого элемента схемы были изучены вольт-амперные характеристики (ВАХ) двух систем: «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» и «литий ионный аккумулятор – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 –электролитический конденсатор К50-77». Из анализа соответствующих диаграмм перечисленных систем, а также путем соответствующей обработки были получены ВАХ для этой системы.

На рис. 5 приведены ВАХ элементов схемы «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» как в режиме резкого нарастания до максимального значения, так и в режиме насыщения.

Отметим, что для обеих режимов характерно значительное нарастание тока с повышением напряжения (в интервале от 2 до 12 В). Причем, во всех случаях наибольшие изменения тока достигаются при комбинации аккумулятора, суперконденсатор, конденсатор, а для всех других элементов изменения тока ниже. Представленные данные вызывают практический интерес, например, в импульсных устройствах

С повышением напряжения вплоть до 12 В изменение энергии элементов системы характеризуется стабильными значениями. Напротив для системы «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор» характерно нарастание изменения энергии с повшением напряжения.

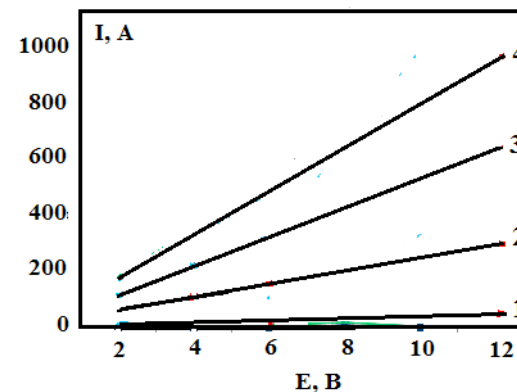


Рисунок 5 – ВАХ элементов схемы «свинцовый аккумулятор 6СТ-55 – суперконденсатор марки ВСАР0350Е270Т11 – электролитический конденсатор К50-77» в режиме резкого нарастания до максимального значения и в режиме насыщения: 1 – для аккумулятора; 2 – для конденсатора; 3 – для суперконденсатора; 4 – для аккумулятора, конденсатора и суперконденсатора

Как следует из экспериментальных результатов для отдельных элементов схемы значения тока и энергии выделяемой в нагрузку меньше, чем для системы «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор». Приведенные на рис. 4 результаты можно связать с тем, что в гибридных накопителях высокая энергия аккумулятора и большая мощность суперконденсатора обеспечивают быстрые нарастания тока на ВАХ (рис. 5).

С другой стороны для аккумуляторов характерна большая инерционность динамических процессов заряда – разряда, что связано с медленным протеканием химических процессов в системе [6]. Напротив, для суперконденсаторов характерны быстрые процессы заряда – разряда [7]. Поэтому инерционность изменения тока в аккумуляторе заметно снижается в гибридной системе «свинцовый аккумулятор – суперконденсатор – электролитический конденсатор» за счет быстрогодействия суперконденсатора.

Результаты исследования показали, что оба рассмотренных варианта гибридных энергонакопителей, содержащих аккумуляторные батареи и суперконденсаторы, обладают более высокими динамическими характеристиками и энергетической эффективностью, чем каждый накопительный прибор по отдельности. Особенно эффективны гибридные энергонакопители при использовании в качестве формирователя необходимого количества импульсов тока с заданными параметрами.



Энергонакопители могут быть перспективными для использования в различных автономных источниках питания, предназначенных для установок, работающих в импульсных режимах, т.к. суперконденсаторы способны снять частично нагрузку (играть роль защиты) от аккумуляторов при переходных режимах включения и выключения. Замечено, что с повышением напряжения резко возрастает ток и емкость гибридных энергонакопителей.

Кроме того, большая электроэнергия аккумулятора и большая мощность суперконденсатора позволяет компенсировать недостатки одного элемента преимуществом другого в системе накопителя энергии. Из двух рассмотренных вариантов энергонакопительных систем по значениям и динамике изменения энергетических характеристик более предпочтительным является система с литий ионным аккумулятором.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе было установлено, что от комбинации аккумуляторной батареи и суперконденсатора можно получить более высокую энергоемкость накопителя и высокую скорость отдачи энергии в нагрузку, чем для каждого элемента схемы по отдельности. Причем этот эффект лучше достигается в случае с литий ионным аккумулятором.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Казарян, С. А.** Гибридное устройство аккумуляирования электрической энергии с электрохимическим суперконденсатором и свинцово-кислотной батареей. / С. А. Казарян, Г. Г. Харисов, В. А. Казаров, С. Н. Разумов, С. В. Литвиненко. // Патент РФ № 2484565. – 2008. – С. 30.

2 **Mahon, P. J.** Measurement and modeling of the high-power performance of carbon-based supercapacitors. / P. J. Mahon, G. L. Paul, S. M. Keshishian, A. M. Vassallo. // J. Power Sources. – 2000. – Vol. 91. – P. 68–76.

3 **Douga, R. A.** Увеличение мощности и срока службы гибридной системы «Батарея – Суперконденсатор». / R.A. Douga, I, Senior Member, IEEE, Liu Shengyi, Member, and E. Ralph White. // IEEE Transactions on components and packaging technologies. – 2010. – P. 1–23.

4 **Паэрэнд, Ю. Э.** Комбинированный накопитель энергии «аккумуляторная батарея – электролитический суперконденсатор». / Ю. Э. Паэрэнд, А. Ф. Бондаренко, Ю. В. Бондаренко. // Технічна електродинаміка. – 2008. – Ч. 6. – С. 76–79.

5 **Marco, S. W., Chan, K. T., Chau, C. C.** Effective Charging Method for Ultracapacitors. // Journal of Asian Electric Vehicles. – 2005. – V. 3. – № 2. – P. 771–776.

6 **Хрусталева, Д. А.** Аккумуляторы. – М. : Изумруд, 2003. – 224 с.

7 **Jeongbin, Lee.** Modeling of the Electrical and Thermal Behaviors of an Ultracapacitor. / Jeongbin Lee, Jaeshin Yi, Daeyong Kim, Chee Burm Shin, Kyung-Seok Min Jongrak Choi and Ha-Young Lee // Energies. – 2014. – Vol. 7. – P. 8264–8278.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

*А. С. Ногай<sup>1</sup>, О. М. Қабылбекова<sup>2</sup>, Д. Е. Ускенбаев<sup>1</sup>, Е. Б. Айнақұлов<sup>1</sup>, А. А. Ногай<sup>1</sup>, Б. Б. Исабекова<sup>3</sup>, Д. К. Жақсыбаева<sup>1</sup>*

### Гибридті электр жетектерінің оңтайлы режимдерін іздеу

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.;

<sup>2</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.;

<sup>3</sup>Павлодар мемлекеттік педагогикалық институты, Павлодар қ.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

*A. S. Nogay<sup>1</sup>, O. M. Kabelbekova<sup>2</sup>, D. E. Uskenbaev<sup>1</sup>, E. B. Ainakulov<sup>1</sup>, A. A. Nogay<sup>1</sup>, B. B. Issabekova<sup>3</sup>, D. K. Zhaksybayeva<sup>1</sup>*

### The search for optimal modes of operation of hybrid power storage devices

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana;

<sup>2</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana;

<sup>3</sup>Pavlodar State Pedagogical Institute, Pavlodar.

Material received on 18.09.17.

*Жұмыста аккумулятор мен супер конденсаторлар негізінде автономды жинақтаушы электр энергиясын сақтау құрылғыларының зерттеу нәтижелері ұсынылды. Электр энергияны жинақтаушы құрылғылардың баламалы сұлбаларының түрлі нұсқаларын жүзеге асыра отырып, ерекшеліктері модельдеу арқылы зерттелді. Электр энергияны жинақтаушы гибриді жетектерінің оңтайлы режимдері, сондай-ақ жинақтаушы сызбалардың параметр элементтері анықталған, бұлардың арқасында жұмыстың тиімділігін жетеді.*

*The paper presents the results of the study of autonomous power storage devices based on accumulators and supercapacitors. The characteristics of various variants of equivalent circuits of power storage devices by modeling were studied. Optimal modes of operation of hybrid power storage devices have been established, and the parameters of*

**Д. Е. Ускенбаев<sup>1</sup>, А. С. Ногай<sup>2</sup>, Э. Б. Айнакулов<sup>3</sup>,  
Б. Б. Исабекова<sup>4</sup>, А. Д. Ускенбаев<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>PhD докторы; <sup>2</sup>т.ғ.д.; <sup>3</sup>т.ғ.к., Энергетический факультет, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.; <sup>4</sup>PhD докторы, Павлодар мемлекеттік педагогикалық институты, Павлодар қ.; <sup>5</sup>студент, көлік-энергетика факультеті, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Ақмола обласы

## **ВИСМУТ ҚҰРАМДЫ АСҚЫН ӨТКІЗГІШТІ БІРІКПЕЛЕРГЕ ҚОСПАЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

*Итриум, диспроциум, темір, кальций фторидінің допингтік оксидтері бар висмутта жоғары температуралы өткізгіш фазалардың қалыптасуы зерттелді және жоғары өткізгіш керамикалық үлгілердің фазалық құрамы рентгендік дифракциямен зерттелді. Үлгілер аморфты прекурсорлар негізінде балқыма өте жылдам балқымасының көмегімен шоғырландырылған сәуле ағыны арқылы синтезделген. Керамикалық үлгілерде  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 4,5$ ) жоғары температуралы өткізгіш фазалардың болуы белгіленді. Сыни қасиеттерді зерттеу үлгілердің негізінен  $Bi_1, Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 2,3$ ) жоғары температуралы жоғарғыөткізгіш фазалардың тұрады екендігін көрсетеді. Бұдан басқа, керамикалық үлгілерде  $n = 2,3$  жоғарғыөткізгіш фаза бойынша емес рентгендік шағылысулар  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 4,5$ ) жоғары температуралы өткізгіш фазалардың болуынан орын алған. Жоғары температуралы өткізгіш фазалардың қалыптасуы ( $n = 4,5$ ) концентрацияланған радиациялық ағынның әсерімен байланысты деп болжанды.*

*Түйінді сөздер: аморфтық фаза, суперөткізгіштік, керамика, температура градиенті, тұрақтандыру.*

### **КІРІСПЕ**

Қазіргі кезде жоғары температура өткізгіштері ғылым мен техниканың әр түрлі салаларында, мысалы, энергетика, электроника, медицина, байланыс және т.б.  $Bi - Pb - Sr - Ca - Cu - O$  жүйесі бар висмут жоғары температуралы жоғары өткізгіш жүйелердің арасында ерекше орын алады.

Бүгінгі кезде  $Bi - Pb - Sr - Ca - Cu - O$  жүйесінде келесі тұрақты асқын өткізгіш фазалар  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) жоғары өткізгішті күйдегі 35-40К, 85К, 110К, температура ауысуы табылған, [1-4] сәйкес. Келесі «n» өсу ( $T_c$ ) жоғары өткізгішті ауысу күйі температураның критикалық ұлғаюына және Ca және Cu элементтерін зерттеуге қызығушылық берді, яғни  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 4, 5, 6, 7 \dots$ ) құрамы [5-7]. Бірақ тұрақты жоғары температуралы асқын өткізгішті фаза (ЖТАӨ)  $T_c - 110$  К жоғары (фаза 2223) алу әлі болмады, дегенменде медельді есептер келесі гомолог  $n = 4$  (2234)  $T_c \sim 142$ К болуын көрсетеді. [7] жұмыста алынатын фаза 110 К жоғары болатыны ескеріледі, бірақ олар мета тұрақты болды. Ал [8] жұмыста  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 4, 5, 6, 7$ ) құрамын зерттеуде, авторлар, лазерлі абляция әдісін қолдану барысында,  $n = 4$  (2234), 5 (2245), 6 (2256), 7 (2267), 8 (2278) фазасына сәйкес  $c = 3,66$  нм; 4,31 нм; 4,94 нм; 5,60 нм және 6,25 нм элементарлы ұяшықтар параметрлерімен тұрақтандыру байланысына қол жетті, бірақ барлық үлгіде жоғары өткізгіш эффекті 4,2 К жоғары сұйық гелий температурасынан байқалмады.

Басқа жағынан [9 - 11] жұмысында ВТСП фазасының тұрақтылығы және қосымшаларды қосуға байланысты  $T_c$  ұлғаюы келтірілген. [10] жұмыста 2212 құрамына Zr енгізуге байланысты  $T_c$  7 градусқа ұлғайған, ал [11] жұмыста 132 К-дегі  $T_c$  -да 2223 құрамына Sb енгізгендегі жағдай бақыланды.

ЖТАӨ мәліметтерін жинақтауда әдіс, шарт, технологиялық материалдар басты рөл ойнайды. Қазіргі уақытта көптеген әдістер қолданылады. Соның ішіндегі әдістердің бірі өте жылдам балқыту жолымен алынған аморфты курсоралдыны қолдану болып табылады [12, 13]. Оларды қолданудың артықшылығы, жоғары тығыздықты, төмен кеуекті, берілген дақылдың өлшемімен бірдей керамикалы текстурадан тұратындығы. Бастапқы метатұрақты күй мақсатты қосылыстар реакциялардың жеделдетуіне оң әсер етуі мүмкін [14]. Қыздыру үшін әртүрлі энергия көздері қолданылады – индукциялы, резистивті, электродоғалы, күн шуағы және т.б. Шоғырланған күн сәулесін қыздыру үшін қолдану мынадай оң факторларға алып келеді, ол – дұрыс құрылғыларды қолданудың арқасында қоспалардың жоқтығы мақсаттағы материалдар жоғары тазалықта болуы, қыздыру және кептіру кезінде өте төмен инерциялы жүйесі, қажетті температураға өте жылдам жылдамдықта жетуі, бастапқы қоспалардың булануын төмендетеді. Шоғырланған сәулелі ағын жоғары стехиометриялы оттегіні алуға мүмкіндік беретін балқыту төңірегінде озонды қалыптастырады [15]. Осы орта жоғары валенттікті  $Cu^{2+}$  құрылымын жоғарылатуға және өту аймағында тесік боуына септігін тигізетін [16], жоғары өткізгіштің барын анықтайтын [17], торға артық оттекті мыста іске асыруға көмегін тигізуі қажет.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Жұмыстың мақсаты балкыту кезінде алынған, аморфты прекурсор негізінде  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y$  синтезді керамикалы наминалды құрамында асқын өткізгішті фазада жоғары температураны тұрақтандыруға  $\text{SnO}$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Pr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaF}_2$  қосылулардың әсерін зерттеу.

*Материалдар және зерттеу әдісі.* Зерттеу үшін салмағы бойынша  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y + 0,1\%$  номиналды композициялардың бастапқы қоспалары жасалды.  $\text{Sn}_{1,7}\text{Fe}_{0,3}$ ,  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{3,8}(\text{CaF}_2)_{0,2}\text{Cu}_5\text{O}_y$ ,  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_{1,9}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y$ ,  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_{1,9}\text{Pr}_{0,1}\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y$  және бұрын  $600^\circ\text{C}$  температурасында.

Балқыманың синтезі және кейінгі жылдам сөндіру «Уран» типіндегі оптикалық бақ пештерінде жылу көзі ретінде шоғырланған сәулелену ағыны арқылы жүзеге асырылды.

Материал суды салқындатылған алюминий субстратта ерітілді. Прекурсорлардың аморфты күйі суды салқындатылған алюминий дискіде  $10^4\text{--}10^5$  градус/сек жылдамдықпен айналдыра отырып, балқыманың ультрафитті түрде сөнуі арқылы қол жеткізілді [9, 10].

Сынамалардың жылуды жануы изотермиялық режимде силикатты жылытқышы бар муфталық пеште жүзеге асырылды.

Фазалық құрамы дифрактометрмен ДРОН-УМ1,  $\text{Co K}_\alpha$ -сәулеленуімен рентгендік дифракциямен бақыланды.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Прекурсорларды синтездеу концентрацияланған шағылысқан ағынның әсерінен балқуды және балқыманың суды салқындатылған алюминий дискісіне жылдам балқуды жүзеге асырады. Прекурсорлар дана, пластина және микс түрінде алынды (1-сурет).



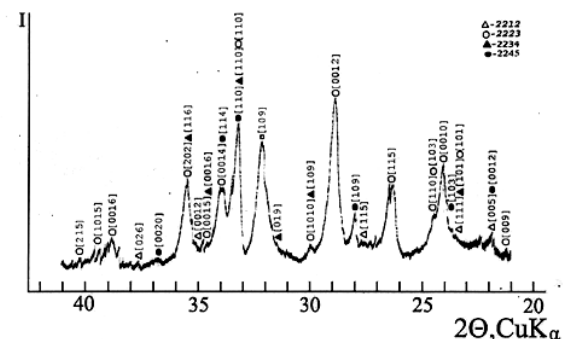
1 сурет – Шоғырландырылған сәулелену ағынының әсерінен балқыманың ультрафитті түрде сөнуі арқылы алынған бастапқы прекурсорлардың үлгілері

[18] жұмыста алынған нәтижелер негізінде ВТСП синтезінде жоғары өткізгішті фазада химиялық реакция жылдамдығының ұлғаюы аморфты курсоралдының негізінде аморфты курсоралды-вискер қолданылған.

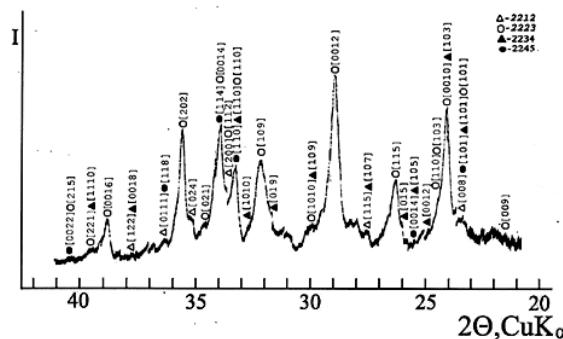
Үлгілер 2 мкм-ден де кіші дән көлеміндей ұнтақтың 180 Мпа қысымының астында сығылуынан, қалыңдығы 1,5–2,0 мм, диаметрі 15 мм таблеткалар күйінде дайындалған.

Үлгілерді жылулық өңдеу  $847\text{--}850^\circ\text{C}$  температурада ауа ортасында жүргізілді. Жылулық өңдеудің ұзақтығы 180 сағатты құрады.

Жылулық өңдеуден кейінгі үлгілердің дифрактограммасы 2 және 3 суреттерде келтірілген.

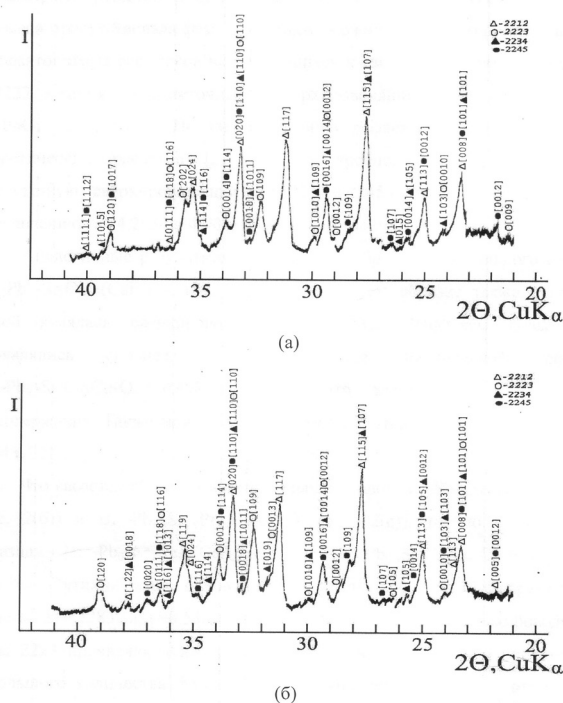


(a)



(б)

2 сурет – Қойылтылған сәуле энергиясымен алынған аморфты прекурсорлар негізінде синтезделген  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_4\text{Cu}_5\text{O}_y + 0,1\%$  салмақ.  $\text{Sn}_{1,7}\text{Fe}_{0,3}$  (а) және  $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{3,8}(\text{CaF}_2)_{0,2}\text{Cu}_5\text{O}_y$  (б) номиналды құрамды керамика үлгілерінің дифрактограммасы.  $T = 847\text{--}850^\circ\text{C}$ , 180 сағ.



3 сурет – Қойылтылған сәуле энергиясымен алынған аморфты прекурсорлар негізінде синтезделген  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_{1,9}Y_{0,1}Ca_4Cu_5O_y$  (a) және  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_{1,9}Pr_{0,1}Ca_4Cu_5O_y$  (б) номиналды құрамды керамика үлгілерінің дифрактограммасы. T = 847–850 °C, 180 сағ.

Рентгендік зерттеулер нәтижесі бойынша,  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_4Cu_5O_y + 0,1 \%$  салмақ.  $Sn_{1,7}Fe_{0,3}$  номиналды құрамды үлгі (2a – сурет), негізінен, тор параметрлері  $a = 0,5342$  нм,  $b = 0,5412$ ,  $c = 3,7128$  нм болатын 2223 жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазасынан тұрады. Сондай-ақ, 2212 төментемпературалы асқын өткізгіш фазасының іздері қатысты. Одан басқа дифрактограммада 2212 және 2223 асқын өткізгіш фазаларына, сондай-ақ  $2201 \rightarrow 2212 \rightarrow 2223$  гомологтардың асқын өткізгіш фазасының ретті қалыптасуы реакциясына қатысатын  $CaO$ ,  $Ca_2CuO_3$ ,  $Ca_2PbO_2$ ,  $CuO$ ,  $Cu_2O$  аралық асқын өткізгіш емес фазаларынажатпайтын рефлексдердің байқалуын атап өткен жөн. Берілген теориялық есептеулер негізінде рефлексдерді индикаторлау бойынша [19], үлгіде сәйкесінше «с» 4,2934 нм және 4,9023 нм бағыттары бойынша қарапайым тор параметрлері бар 2234 және 2245

жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазалар бар екендігін болжауға болады.

Ұқас нәтижелер  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{3,8}(CaF_2)_{0,2}Cu_5O_y$  (2б - сурет) номиналды құрамды үлгіде байқалды. Бұл үлгіде, сол сияқты, 2223 асқын өткізгіш фаза негізгі фаза болды. 2212 фазасының рефлекстері  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_4Cu_5O_y + 0,1 \%$  салмақ.  $Sn_{1,7}Fe_{0,3}$  номиналды құрамды үлгіге қатысты қаттырақ білінді, бұл оның құрамының ұлғаюын көрсетеді. Сондай-ақ, дифрактограммада 2234 және 2245 жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазалардың селективті шағылуының қатысуын атап өтуге болады.

$Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_{1,9}Y_{0,1}Ca_4Cu_5O_y$  және  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_{1,9}Pr_{0,1}Ca_4Cu_5O_y$  номиналды құрамды үлгілер (3-сурет) туралы айтатын болсақ, бұл үлгілерде қоспалар  $a = 0,5283$  нм,  $b = 0,5322$  нм,  $c = 3,0230$  нм тор параметрлері бар 2212 төмен температуралы асқын өткізгіш фазасын тұрақтандырған болатын. Ал 2223 жоғары температуралы асқын өткізгіш фазасының рефлекстері аз байқалды, яғни, 2223 фазасының аз мөлшері қатысқандығын айтуға болады. Және осы үлгілерде 2234 және 2245 жоғарытемпературалы асқын өткізгіш фазаларға жататын дифракциялық шағылулардың іздері байқалады.

Құрамында «п» жоғарылатылған голомолгтер фазасының (2234 және 2245) пайда болуын, болжауымыз бойынша, былай түсіндіруге болады: қойылтылған күн сәулесінің балқытпаға анизотропты әсер етуінен және қатты температуралы – градиентті жағдайлардың тууынан балқытпада 2234 және 2245 құрамына сәйкес келетін метатұрақты микро аймақ пайда болып, олар балқытпаны аса тез суару кезінде тұрақталады, яғни бұл термиялық өңдеу кезінде 2234 және 2245 асқын өткізгіш фазалардың құрылуымен кристалданады.

### ҚОРЫТЫНДЫ

Шоғырландырылған сәулелену энергиясын қолдану арқылы  $Sn_{1,7}Fe_{0,3}O_y$ ,  $CaF_2$ ,  $Pr_2O_3$  и  $Y_2O_3$  және  $Y_2O_3$  қоспалары бар  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_4Cu_5O_y$  номиналды композицияның жоғары температуралы өткізгіш керамикасы синтезделді.

Рентгендік анализ көрсеткендей  $Sn_{1,7}Fe_{0,3}O_y$  және  $CaF_2$  қоспалары 2223 жоғары температуралы өткізгіш фазасын тұрақтанды рады, ал  $Pr_2O_3$  және  $Y_2O_3$  төмен температуралы жоғары өткізгіш 2212 фазасын тұрақтандырады. 2234 және 2245 фазалардың рентгендік шағылыстары көбінесе үлгілердің дифракциялық үлгілерінде байқалады, сонымен қатар 2234 және 2245 фазалардың рентгендік көріністерінің болуы байқалады, бұл 2234 және 2245 жоғары температуралы өткізгіш фазалардың болуы болуы мүмкін деп күтілуде.

1 **Michel, C., Hervien, M., Borel, M.** et al. Superconductivity in the Bi – Sr – Cu – O system // *Z. Phys. B.* – 1987. – V. 68. – P. 421–423.

2 **Maeda, H., Tanaka, Y., Fukutomi, M.** et al. A new high- $T_c$  oxide superconductor without a rare earth element // *J. J. Appl. Phys.* – 1988. V. 27. – P. L209–L210.

3 **Tarascon, J., Le Page, M., Barboux, P.** et al. Crystal substructure and physical properties of the superconducting phase  $\text{Bi}_4(\text{Sr, Ca})_6\text{Cu}_4\text{O}_{16+x}$  // *Phys. Rev. B.* – 1988. – V. 37. – P. 9382–9389.

4 **Tarrance, J. B., Tokura, Y., Laplaza, S. J.** et al. // New class of high  $T_c$  structures: intergrowth of multiple copper oxide perovskite – like layers with double sheets of  $\text{BiO}$  // *Solid State Commun.* – 1988. – V. 66. – № 7. – 703 p.

5 **Алексеев, В. А., Лапшин, Д. А., Позигун, С. А., Каретников, В. А., Малюков, Е. Е.** Влияние технологии синтеза керамики Bi – Pb – Sr – Ca – Cu – O на ее сверхпроводящие свойства // *СФХТ.* – 1990. – Т. 3. – № 8. – С. 1678–1684.

6 **Амитин, Е. Б., Громилов, С. А., Наумов, В. Н., Рояк, А. Я., Стариков, М. А.** Влияние закалки свойства сверхпроводящих керамик Bi – Sr – Ca – Cu – O различного состава // *СФХТ.* – 1989. – Т. 2. – № 10. – С. 157–162.

7 **Горобченко, В. Д., Иродова, А. В., Жарников, М. В., Лаврова, О. А., Ласкова, Г. В., Пилягин, Г. В.** Сверхпроводимость и фазовый состав оксидов Bi – Sr – Ca – Cu – O с высоким содержанием Ca и Cu // *СФХТ.* – 1989. – Т. 2. – № 7. – С. 55–59.

8 **Yoshida, K., Sasakura, H., Tsukiic, S., Mizokawab, Y.** New Bi-cuprate thin films of  $\text{Bi}_2(\text{La, Ca})_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_z$  ( $n = 3, 4, 5, 6$  and  $7$ ) prepared by the laser ablation method // *Phys. C. Supercond.* – 1999. – V. 322, Iss. 1–2, – P. 25–30.

9 **Третьяков, Ю. Д., Казин, П. Е.** Новые проблемы и решения в материаловедении керамических сверхпроводящих купратов // *Неорган. Материалы.* – 1993. – Т. 29. – № 12. – С. 1571–1581.

10 **Shwartz, J., Wu, S.**, Effect of lithium doping on the formation and microstructure of bulk  $\text{BiSrCaCuO}$  // *Phys. C. Supercond.* – 1991. – V. 190. – № 1–2. – P. 169–171.

11 **Liu, H., Gao, L., Zhou, L.** et al. Zero resistance at 132 K in the multiphase system of  $\text{Bi}_{1.9-x}\text{Pb}_x\text{Sb}_{0.1}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$  with  $x = 0,3; 0,4$  // *Solid State Commun.* – 1989. – V. 69. – № 8. – P. 867–868.

12 **Бобылев, Н. Б., Романов, Е. П., Любимов, М. Г. и др.** Исследование возможности применения стеклокерамической технологии для получения ВТСП-материалов на основе соединений системы Bi – Sr – Ca – Cu – O // *СФХТ.* – 1990. – Т. 3. – № 4. – С. 717–724.

13 **Гуламова, Д. Д., Ускенбаев, Д. Е., Турдиев, Д. Ш., Чигвинадзе, Д. Г., Маградзе, Д. Г., Ашимов, С. М.** Исследование фазообразования ВТСП составов  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_n\text{Cu}_{n+1}\text{O}_y$  ( $n = 2, 3, 4, 5, 7, 9$ ) на основе аморфных прекурсоров, полученных при помощи солнечной энергии // *Известия вузов. Физика.* – 2009. – № 8/2. – С. 42–45.

14 **Abe, Y.** Formation and shaping of BSCCO superconductors by melt-quenching into metallic Ag- and Cu- pipe // Department of Materials Science and Engineering, Nagaio Institute of Technology, Soriso-oho, Shawa-ku, Nagoya 466, Japan. – 1992.

15 **Гуламов, Д. Д., Очиллов, Н. О.** Изменение содержания кислорода в оксидных соединениях, полученных плавлением в Солнечной печи в Паркенте // *Гелиотехника.* – 1999. – № 3. – С. 61–68.

16 **Никифорова, Г. Е., Лазарев, В. Б., Шаплыгин, И. С.** Висмутсодержащие оксидные сверхпроводники // *Неорг. материалы.* – 1992. – № 3. – С. 453–471.

17 **НАО, С. N.** The work of perovskite oxide: from dielectric to superconductors // *Phys. C.* – 1988. – V. 153. – P. 1762–1768.

18 **Гуламова, Д. Д., Ускенбаев, Д. Е., Чигвинадзе, Д. Г., Маградзе, Д. Г.** Синтез ВТСП состава  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{O}_y$  на основе аморфных прекурсоров, полученных закалкой под воздействием солнечного излучения // *Химия и химическая технология,* 2007, – № 4. – С. 21–25.

19 **Renewier, H., Hodeau, J. L., Fournier, T., Strobel, P., Marezio, M., Martinez, J. C., Prejean, J. J.** // *J. Less Common Metals.* – 1990. – V. 164–165, – P. 907–914.

Материал 18.09.17 баспаға түсті.

*Д. Е. Ускенбаев<sup>1</sup>, А. С. Ногай<sup>1</sup>, Э. Б. Айнакулов<sup>1</sup>, Б. Б. Исабекова<sup>2</sup>, А. Д. Ускенбаев<sup>3</sup>*

**Влияние добавок на висмутсодержащие сверхпроводящие соединения**

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана;

<sup>2</sup>Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар;

<sup>3</sup>Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 18.09.17.

**The effect of additives on bismuth-containing superconducting compounds**<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana;<sup>2</sup>Pavlodar State Pedagogical Institute, Pavlodar;<sup>3</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 18.09.17.

*В работе исследованы образования высокотемпературных сверхпроводящих фаз в висмут содержащей системе с допированием оксидов иттрия, диспрозия, железа, а также фторида кальция и исследованы фазовый состав сверхпроводящих образцов керамики рентгеноструктурным методом. Образцы были синтезированы на основе аморфных прекурсоров полученных свехбыстрой закалкой расплава под воздействием концентрированного лучистого потока. Исследованием установлены, что образцы, в основном, состоит из высокотемпературных сверхпроводящих фаз  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 2,3$ ), кроме того в образцах керамики обнаружены рентгеновские отражения не относящиеся к сверхпроводящим фазам  $n = 2, 3$ , что предполагает присутствие высокотемпературных сверхпроводящих фаз  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 4,5$ ). Предполагается, что образования высокотемпературных сверхпроводящих фаз ( $n = 4,5$ ) связаны особенностью воздействия концентрированного лучистого потока.*

*The formation of high-temperature superconducting phases in bismuth containing system with doping oxides of yttrium, dysprosium, iron, as well as calcium fluoride and studying the phase composition of superconducting ceramic samples by X-ray diffraction is investigated. The samples were synthesized on the basis of amorphous precursors obtained by supernoving quenching of the melt under the influence of a concentrated radiant flux. It was established by the investigation that the samples consist mainly of high-temperature superconducting phases  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 2,3$ ), in addition, X-ray reflections not related to superconducting phases  $n = 2,3$  were found in ceramic samples, which presumes the presence of high-temperature superconducting phases  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_y$  ( $n = 4,5$ ). It is assumed that the formation of high-temperature superconducting phases ( $n = 4,5$ ) is related to the effect of a concentrated radiant flux.*

УДК 621.3

**Асет Б. Хабдуллин<sup>1</sup>, З. К. Хабдуллина<sup>2</sup>,  
В. П. Марковский<sup>3</sup>, Арман Б. Хабдуллин<sup>4</sup>**<sup>1</sup>к.т.н., кафедра «Электроэнергетики и теплоэнергетики», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; <sup>2</sup>к.т.н., кафедра «Электроэнергетики и теплоэнергетики», Рудненский индустриальный институт, г. Рудный; <sup>3</sup>к.т.н., кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; <sup>4</sup>магистрант, Энергетический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана  
e-mail: <sup>1</sup>aset85@mail.ru**ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ  
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*В статье исследована классификация систем электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов, которая представлена в виде информационной модели, выполненная с помощью сетей Петри. В основной части показана роль и значение применение сетей Петри. Моделирование в сетях Петри осуществляется на собственном уровне. Выполнение событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы электроснабжения объектов электротехнического и геомеханического комплекса. На основе проведенного анализа подсетей Z1 – Z45 и графа функциональных подсетей исходных сетей Петри систем электроснабжения объектов электротехнических и геомеханических комплексов определяются свойства полной сети Петри. Свойства сети Петри характеризуют систему управления объектами электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов, анализируются из графа функциональных подсетей и является: живой; ограниченный; безопасный; обратимый; отсутствуют тупиковые состояния, имеются дуги направленная к начальной маркировке.*

*Ключевые слова: система электроснабжения; сети Петри; информационная модель; система управления объектами; граф достижимости, функциональная подсеть.*