

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

ФЁДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2021

II МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
С ЭЛЕМЕНТАМИ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

Москва
17 – 19 ноября
2021 г.

УДК 621.3
Ф 33

Ф 33 **Фёдоровские** чтения — 2021: LI международная научно-практическая конференция с элементами научной школы (Москва, 17—19 ноября 2021 г.) / под общ. ред. Ю.В. Матюниной. — М.: Издательский дом МЭИ, 2021. — 332 с.

ISBN 978-5-383-01480-6

Публикуются материалы Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи «Фёдоровские чтения — 2021», прошедшей в Национальном исследовательском университете «МЭИ» 17—19 ноября 2021 г.

Научная тематика конференции — «Энергосбережение и энергоэффективность технологий передачи, распределения и потребления электрической энергии». Публикации характеризуются охватом широкого круга проблем в областях электроснабжения и энергоэффективности, энергосбережения и энергосберегающих методов, рационализации систем электроснабжения предприятий и организаций, использования собственных источников энергии в системах электроснабжения, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Сборник предназначен для участников конференции и может быть полезен широкому кругу специалистов, занятых проектированием и эксплуатацией электрического хозяйства, преподавателям, научным сотрудникам, аспирантам и студентам.

УДК 621.3

Научное издание

ФЁДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ — 2021
LI Международная научно-практическая конференция
с элементами научной школы

Корректор Г.Ф. Раджабова

Подписано в печать с оригинал-макета 16.11.21. Бумага офсетная.
Печать офсетная Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 20,5

АО «Издательский дом МЭИ», 111024, Москва, ул. 2-я Кабельная, д. 2
Отпечатано в АО «Т8 Издательские Технологии»,
Москва, Волгоградский пр-т, д. 45, корп. 5

ISBN 978-5-383-01480-6

© Коллектив авторов, 2021
© НИУ «МЭИ», 2021

МЕТОДОЛОГИЯ ПРИНЦИПА ЧИСЛОВОЙ АСИММЕТРИИ В ИССЛЕДОВАНИИ И РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ЦЕХА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В [1] представлена методология принципа самоподобия для исследования и поэлементного расчета электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия (ЭМЦПП). В ее основу положена форма, одинаковая для целого и его частей. Эта форма позволяет получить самоподобную гиперболическую структуру. Для исследования и расчета ЭМЦПП, кроме формы, вводят также величину ресурса. И далее рассматривают форму и ресурс совместно.

Следует отметить, что двухслойная модель многономенклатурного цеха, разработанная для решения проблемы поэлементного расчета ЭМЦПП, также ориентирована на совместное рассмотрение самоподобной формы и ресурса электропотребления. Становится понятным, что принцип самоподобия сам по себе является недостаточным для той цели, для которой его применение декларируют [1]. В большей степени ей соответствует принцип двойственности, ориентированный на совместное рассмотрение формы и ресурса. Этот принцип формально воспроизводит числовая асимметрия, предназначенная для исследования сложных систем и ценозов [2].

Методология принципа числовой асимметрии направлена на поиск и исследование таких объектов, которые имеют две стороны, обладающие, в определенном смысле, противоречивыми свойствами. Например, такие свойства имеет модель электропотребления, включающая конечный ресурс электропотребления и бесконечную (в потенци) гиперболическую структуру этого ресурса. Кроме того, числовая асимметрия является моделью природного фрактала, (техно)ценоза, термодинамической системы, включающей также некий ресурс и соответствующую ей древесную гиперболическую структуру. Причем гиперболическая структура, соответствующая ресурсу, является инвариантом, т.е. она остается гиперболической при разных значениях ресурса, распределенного в природном фрактале, (техно)ценозе, термодинамической системе.

Если использовать гиперболическую структуру в качестве своеобразной системы координат, то можно количественно сравнивать два ресурса, распределенных в сложной системе. Эту связь выражают в виде закона масштабирования, показывающего в общем случае, что некоторые феномены нашего мира имеют одинаковую структуру при рассмотрении их в любом масштабе. Указанная связь позволяет решить проблему и разработать мето-

дику поэлементного расчета ЭМЦПП. Имея расчетный ресурс и экспериментально установленный показатель степени, связывающий масштабы, получают точную оценку ЭМЦПП.

Приведем пример использования математического инструментария принципа числовой асимметрии для исследования и расчета ЭМЦПП.

Проблема поэлементного расчета ЭМЦПП [1, 3]. Поэлементный расчет ЭМЦПП, кВт·ч, выполняют на основе базы данных электрооборудования многономенклатурного цеха и получают:

$$W = \sum_{j=1}^n W_j, \quad (1)$$

где W, W_j — соответственно расчетное месячное ЭМЦПП и его составляющие:

$$W_j(i) = W_o i^{-\alpha}, \quad (2)$$

где W_o — константа электропотребления; i — ранг; α — показатель степени гиперболического (степенного) распределения

Проблема расчета заключается в том, что расчетное ЭМЦПП через составляющие всегда превышает ЭМЦПП, полученное по приборам учета за тот же период времени:

$$W > V, \quad (3)$$

где W, V — соответственно расчетное и приборное месячное ЭМЦПП.

Из выражения (1) следует, что величину ЭМЦПП складывают из частей, т.е. величина ЭМЦПП аддитивна и конечна. Выражение для гиперболического (степенного) распределения ЭМЦПП (2) мультипликативно и не имеет естественной границы. При этом возникает противоречие между полученными результатами. Одно выражение для ЭМЦПП (1) конечно, а выражение (2) может быть ограничено лишь искусственным путем.

Проблема создает препятствие для разработки методики поэлементного расчета ЭМЦПП.

Кроме того, структура системы электроснабжения промышленного предприятия имеет иерархическую структуру (1УР—5УР), представленную на рис. 1; видно, что моделью этой структуры является 2-адическое число. В общем случае модель может представлять смесь p -адических чисел. Распределение размеров и количества элементов на уровнях p -адического дерева имеют экспоненциальное распределение, а распределение уровней — гиперболическое (степенное) распределение. Здесь

уместно обратить внимание на аналогию между гиперболической структурой электроснабжения и гиперболической структурой электропотребления многоменклатурного цеха.

Числовая модель объединяет вещественное и p -адическое представление рационального числа.

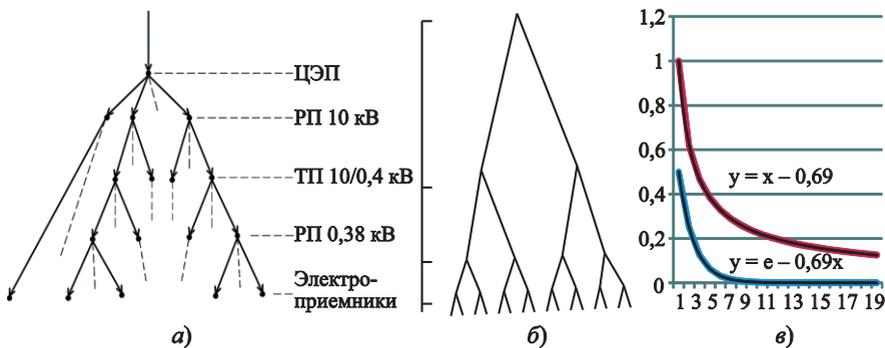


Рис. 1. Структура иерархической системы промышленного предприятия, ее модель в виде 2-адического числа и графики распределения размеров элементов модели на уровнях (экспоненты) и распределения уровней (гиперболы): a — дерево-схема системы электроснабжения промышленного предприятия; b — схема целого 2-адического числа; c — экспоненты и гиперболические распределения 2-адического числа

Формальное выражение **числовой асимметрии** имеет вид

$$R \leftarrow Q \rightarrow Z_p, \tag{4}$$

где Q, R, Z_p — соответственно поле рациональных, вещественных и целых p -адических чисел [4].

Числовая модель объединяет вещественное и p -адическое представление рационального числа.

Рациональное число в математике представляет собой отношение двух целых чисел, поэтому оно есть «физическое» число. С его помощью выполняют измерения физических величин. Например, физическому параметру электропотребления сопоставляют рациональное число на шкале прибора измерения. Моделями рационального числа можно считать вещественное и p -адическое числа. Поле вещественных чисел R и поле целых p -адических чисел Z_p (поле p -адических чисел Q_p) получают пополнением поля рациональных чисел Q . Под пополнением (расширением) метрического пространства X понимают присоединение к нему пре-

делов фундаментальных последовательностей. Пополнение поля Q осуществляется с помощью вещественных или p -адических норм.

Естественность двойного нормирования p -адических чисел позволяет записать рациональное число через сопряженные нормы (абсолютные значения):

$$|y|_{\infty} |x|_p^{\alpha} = c, \quad c \in Q, \quad (5)$$

где $|y|_{\infty}$ и $|x|_p^{\alpha}$ — соответственно норма (абсолютное значение) на поле вещественных чисел и норма (абсолютное значение) на поле p -адических чисел; α — фиксированное вещественное число.

Двухслойная модель электропотребления ЭМЦПП [1, 3]. Разрешить противоречие, представленное выражениями (1) и (2), позволяет двухслойная модель ЭМЦПП, аналогичная выражению числовой асимметрии (4):

$$W_* \leftarrow W \rightarrow W^*, \quad (6)$$

где W_*, W^* — соответственно ресурсный, или энергетический, и иерархический, или структурный, слои электропотребления цеха; \leftarrow и \rightarrow — знаки отображения [1, 3].

Модель (6) объединяет ресурсный и иерархический слои ЭМЦПП. Ресурсная часть модели позволяет получить баланс ЭМЦПП, иерархическая — зафиксировать границы и связи между его потребителями электрической энергии.

Двухслойная модель позволяет также ввести и исследовать меры, размерности и нормы слоев (пространств) ЭМЦПП.

Мера ресурсной части может быть получена на основе покрытия множества ресурса конечным числом шаров $N(a)$ радиуса a :

$$W_* = \lim_{a \rightarrow 0} N(a)a^2, \quad (7)$$

где $N(a)$ — количество шаров покрытия; $a > 0$ — радиус шара покрытия; 2 — размерность ресурсного пространства.

Отсюда видно, что с геометрической точки зрения ресурс ЭМЦПП представляет собой площадь, имеющую размерность 2.

Меру иерархической части следует записать в виде

$$W^* = \lim_{a \rightarrow 0} N(a)a^d, \quad (8)$$

где d — размерность иерархического пространства ЭМЦПП.

Иерархическая структура имеет размерность, не равную целому числу. В двухслойной модели слой структуры имеет размерность Хаусдорфа—Безиковича в диапазоне $1 < d < 2$, поэтому можно считать, что модель ЭМЦПП имеет свойства природного фрактала. Размерность иерархической структуры находят экспериментально.

Выражение (7) позволяет получить величину ЭМЦПП на евклидовой плоскости, а выражение (8) представляет собой числовую характеристику фрактала-дендрита.

Размерность площади ресурса и размерность структуры иерархического дерева связаны через коразмерность — показатель Херста h . Этот показатель получают по выражению $2 - d = h$ [3].

Если рассматривать слои модели как пространства, то можно ввести нормы ресурсной $\|W_*\|$ и иерархической $\|W^*\|$ частей модели. Произведение этих норм по аналогии с произведением норм вещественного и p -адического числового поля [3] позволяет получить значение некоторой величины ЭМЦПП:

$$\|W_*\| \cdot \|W^*\| = c, \quad c - \text{const} \in W. \quad (9)$$

Нетрудно увидеть, что нормы в выражении (9) связаны гиперболической зависимостью.

Закон масштабирования [1, 3]. Гиперболическое распределение ЭМЦПП позволяет найти связь между его расчетной величиной (W) и величиной, полученной по приборам учета (V) [1, 3]. Площади электропотребления, ограниченные гиперболами, вычисляют по выражениям

$$\int_1^a \frac{dw}{w} = \ln W, \quad \int_1^a \frac{dv}{v} = \ln V. \quad (10)$$

Если существует отношение-константа в виде

$$d = \frac{\ln W}{\ln V} - \text{const}, \quad (11)$$

то выражение (11) позволяет записать закон масштабирования ЭМЦПП в виде

$$W = V^d. \quad (12)$$

Закон масштабирования ЭМЦПП можно получить также через теорию категорий. Элементарный топос — есть декартово замкнутая, конечно полная категория, с классификатором подобъектов. Он имеет вид

$$\begin{array}{ccc}
 V & \xrightarrow{f} & W \\
 \downarrow ! & & \downarrow \chi \\
 1 & \xrightarrow{T} & \Omega
 \end{array}, \quad (13)$$

где V, W — фактическое и расчетное пространства ЭМЦПП соответственно; 1 и Ω — конечный объект и классификатор подобъектов соответственно. Знаки $f, T, !, \chi$ обозначают соответственно: исходная стрелка, стрелка «истина», единственная стрелка, характеристическая стрелка [3].

Из декартовой замкнутости элементарного топоса (13) следует существование декартова замкнутого выражения:

$$\begin{array}{ccc}
 v \times c & \rightarrow & v \\
 \downarrow & & \downarrow \\
 w & \rightarrow & w^c
 \end{array}, \quad (14)$$

На основе выражения (14) можно записать:

$$\text{hom}(v \times c, w) \cong \text{hom}(v, w^c), \quad (15)$$

где $v \in V, w \in W, c$ — показатель степени, $v \times c$ — декартово произведение.

Другими словами, из выражений (14) и (15) видно, что топос содержит экспоненты. Тогда существует степенная связь расчетного и фактического (приборного) ЭМЦПП в виде:

$$V = W^C. \quad (16)$$

Коэффициент подобия является инвариантом гиперболических распределений. Он связан с отношением площадей ЭМЦПП (12):

$$d = C^{-1} = \log_V W. \quad (17)$$

Методика поэлементного расчета ЭМЦПП [3]. Расчет ЭМЦПП выполняют по выражениям (1) и (2). Расчет коэффициента подобия (инварианта цехового ЭМЦПП) проводят на основании данных предыдущего месяца по выражению

$$d = (\ln W)(\ln V)^{-1}, \quad (18)$$

где V — месячное электропотребление цеха, соответствующее расчетному электропотреблению W , по приборам учета, кВт·ч.

Уточненное месячное ЭМЦПП, кВт·ч, находят по выражению

$$V = W^{(d^{-1})}. \quad (19)$$

Предложенная методика позволяет получать более точные значения электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Хорьков С.А.** Методология принципа самоподобия в исследовании электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия // Фёдоровские чтения — 2020. М.: Издательский дом МЭИ, 2020. С. 65—72.
2. **Маврикиди Ф.И., Хорьков С.А.** Системно-ценологический подход к математическому моделированию техногенных объектов // Управление техносферой. 2020. Т. 3. Вып. 3. С. 401—426.
3. **Хорьков С.А.** Проблема расчета электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия, модели и методики для ее решения: монография. Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2019. 124 с.
4. **Коблиц Н.** *p*-адические числа, *p*-адический анализ и дзета-функции / пер. с англ. В.В. Шокурова; под ред. и с предисловием Ю.И. Манина. М.: Мир, 1981. 192 с.

*М.А. Булатенко, tabulatenko@gmail.com,
НИУ «МЭИ», Москва*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ КАК ОСНОВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683 [2] подчеркивается неразрывная взаимосвязь и взаимозависимость национальной безопасности Российской Федерации и социально-экономического развития страны, что свидетельствует о важной роли экономической энергетической безопасности. Деятельность Минэнерго России по развитию отраслей ТЭК неизменно сосредоточена на ряде приоритетных направлений, обозначенных президентом и правительством страны в доктрине энергетической безопасности Российской Федерации [1] и энергетической стратегии РФ [4].

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

<i>Гнатюк В.И., Кивчун О.Р., Жукова М.С.</i> Гиперпараметрическое развертывание данных по электропотреблению.....	3
<i>Гнатюк В.И., Кивчун О.Р., Морозов Д.Г.</i> Реализация процедуры режимного нормирования для подсистем регионального электроэнергетического комплекса.....	16
<i>Хорьков С.А.</i> Методология принципа числовой асимметрии в исследовании и расчете электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия.....	23
<i>Булатенко М.А.</i> Автоматизация оценки экономической безопасности энергетических компаний как основа энергетической безопасности страны	29
<i>Карин М.С., Бурмейстер М.В., Булатов Р.В.</i> Сравнительный анализ нормативной базы в области регулирования частоты в объединенных и изолированных электроэнергетических системах	35
<i>Ивашкова О.В., Ионова Л.Г., Исаев А.С.</i> Новый подход к задачам оптимизации технических систем	39
<i>Ошурков М.Г.</i> Специализация терминов электрики.....	45
<i>Чурагулов Д.Г., Прахов И.В., Сакаев Р.И.</i> Программа оценки технического состояния машинных агрегатов с электрическим приводом электромагнитным спектральным методом диагностики.....	53
<i>Баширов М.Г., Чурагулов Д.Г., Евдокимов Р.П.</i> Разработка учебно-исследовательского комплекса для исследования взаимосвязи параметров высших гармоник токов и напряжений двигателей электропривода с техническим состоянием машинных агрегатов	59
<i>Баширов М.Г., Акчурин Д.Ш., Коновалов Э.А.</i> Разработка цифровых двойников объектов электроэнергетики и виртуального учебно-исследовательского комплекса для подготовки специалистов в области электроснабжения	65
<i>Быков Н.С., Самолина О.В.</i> Декарбонизация энергетики в рамках стратегии зеленого перехода.....	72

Секция 2. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

<i>Кручинин А.М., Погребиский М.Я., Рязанова Е.С., Чурсин А.Ю.</i> Анализ потерь энергии электронов проводимости в плазме внешнего столба разряда с горячим полым катодом, при работе на холодный анод	79
<i>Воеводин В.В.</i> Исследование распределения потока заряженных частиц в макете ступени предварительной зарядки электрофильтра	89
<i>Баламетов А.Б., Салимова А.К., Баламетов Э.А., Исаева Т.М.</i> Сравнительный анализ методик расчета реактивной мощности в несинусоидальных системах	94
<i>Осадчий П.В., Надтока И.И., Тропин В.В.</i> Исследование дополнительных энергетических потерь в линиях и трансформаторах модернизированной электрической сети коммунально-бытового назначения	105
<i>Пантюхин М.В., Рудаков А.И., Мухаматяров М.Р.</i> Повышение эффективности беспроводной передачи энергии в сети промышленного питания	113
<i>Немировский А.Е., Кичигина Г.А., Сергиевская И.Ю., Мищенко Д.Н.</i> Оптимизация выбора устройств сушки изоляции обмоток электродвигателей в сельскохозяйственном и промышленном производствах	118
<i>Малыш М.Е.</i> Управление электропотреблением при планировании графика нагрузки с учетом штрафных санкций и цены на мощность	123
<i>Молдыракумова Н.Б., Жармагамбетова М.С.</i> Повышение энергетической эффективности электрооборудования подстанций и электрических сетей	128
<i>Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г., Савин Н.А.</i> Разработка автоматизированной системы освещения	132
<i>Баширов А.А., Казмирук Л.О., Сандаков В.Д.</i> Методика исследования влияния характеристик светодиодных светильников на растения	140

Секция 3. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ И УЧРЕЖДЕНИЙ

<i>Косоротов А.А., Крюков О.В., Саушев А.В.</i> Функциональные возможности мониторинга распределительных устройств цифровых подстанций	143
---	-----

<i>Воробьев С.В., Крюков О.В., Гуляев И.В.</i> Средства и методы релейной защиты и автоматики для вольтрассовых ЛЭП.....	151
<i>Андреев А.А.</i> Анализ преимуществ датчиков короткого замыкания при повреждении кабельных линий 10 кВ в городских распределительных сетях.....	159
<i>Панова Е.А.</i> Учет поперечной емкостной проводимости двухцепной ЛЭП при дистанционном определении места повреждения	163
<i>Соснина Е.Н., Бедретдинов Р.Ш., Иванов А.В.</i> Математическая модель для оценки несинусоидальности в интеллектуальных электрических сетях	169
<i>Вахнина В.В., Бычков А.В., Федяй О.В.</i> Моделирование синхронного генератора в программной среде PSCAD	174
<i>Вахнина В.В., Черненко А.Н., Пудовинников Р.Н.</i> Особенности моделирования электрических сетей при воздействии квазипостоянных токов.....	178
<i>Тимонин А.С., Цырук С.А., Данилов Н.В.</i> Моделирование переходных процессов, вызванных кратковременными нарушениями электроснабжения, в целях проверки эффективности работы дифференциального алгоритма БАРВ.....	184
<i>Гудожников А.С., Тибряев М.П., Рашевская М.А</i> Изучение специфических характеристик дуговых замыканий в низковольтных распределительных сетях.....	191
<i>Кулешиова Г.С., Михеев Д.В.</i> Моделирование режимов работы ФКУ на основе гибридного индуктивно- емкостного элемента при изменении параметров электрической сети	198
<i>Денисова Р., Аманова Г.А.</i> Исследование влияния качества электрической энергии на функционирование станков с ЧПУ	204
<i>Жарков Я.Е., Ямицков В.А.</i> Исследование характерных времен фронтов напряжений твердотельного коммутатора в режиме работы на резистивно-емкостную нагрузку	210
<i>Ковалев Д.И., Воронкова Е.М., Голубев Д.В., Локтионов Г.С.</i> Анализ распределения напряженностей электрического поля в токопроводах с литой изоляцией 10 кВ	216

<i>Новокрещенов В.В., Иванов И.Ю.</i> Моделирование линий электропередачи с устройством продольной компенсации	218
<i>Кузнецова А.М., Вихров М.Е.</i> Общие вопросы моделирования низковольтных распределительных сетей постоянного тока	224
<i>Бережнов Д.А.</i> Фиксация потенциалов в структуре силовой цепи четырехуровневого автономного инвертора напряжения.....	226
<i>Дюдяков А.А., Янченко С.А.</i> Разработка экспериментального прототипа параллельного активного фильтра	231

Секция 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

<i>Ирихов А.С., Зарубин Д.С., Варганова А.В.</i> Модель источника электроэнергии в условиях рынка микрогенерации	240
<i>Шалуха А.В., Липужин И.А., Шароватов Р.А.</i> Автономная система электроснабжения сельскохозяйственного предприятия с твердооксидными топливными элементами.....	245
<i>Дерюгина Г.В., Сычёв Н.В.</i> Ветроэлектрическая станция в составе энергосистемы республики Татарстан.....	251
<i>Шарафеддин К.Ф., Матюнина Ю.В.</i> Моделирование и управление синхронной машины ветровой турбины при воздействии различных возмущений	258
<i>Щетинин Д.Ю., Курило М.А.</i> Применение атомных станций малой мощности для электроснабжения объектов в особых условиях	265
<i>Щетинин Д.Ю., Русс М.С.</i> Термоэлектрические источники электроэнергии как возобновляемые источники энергии.....	268
<i>Ковалев А.А., Панченко В.А.</i> Перспективы использования преобразователей солнечной энергии в системе «анаэробная биоconversion — микробная электролизная ячейка»	272

<i>Эльбазуров А.Р., Титова Г.Р.</i> Определение показателей надежности гибридных станций для автономных систем электроснабжения с использованием логико-вероятностного метода на основе динамического дерева отказов	280
<i>Мальсагов М.И., Титова Г.Р.</i> Гибридные установки для электроснабжения труднодоступных районов на примере республики Ингушетия	287
<i>Царев А.А., Свиридов Ю.П.</i> Автоматическое регулирование мощности Ульяновской малой ГЭС на канализационных стоках по водотоку	292
<i>Захаров Ю.Ю., Лепешкин А.Р.</i> Исследование систем электропередачи для удаленных потребителей малой мощности от микрогидроэлектростанций	299
<i>Вихров М.Е., Тамаровский А.Е., Кузнецова А.М.</i> Влияние отрицательных температур на характеристики литий-ионных батарей	305
<i>Дубровский Б.В., Вихров М.Е.</i> Особенности проектирования систем бесперебойного питания ответственных потребителей на примере центров обработки данных	310
<i>Бурмейстер М.В., Булатов Р.В., Блинова К.А.</i> Применение систем виртуальной инерции для улучшения качества переходных процессов в электроэнергетических системах	318
Памяти Станислава Ивановича Гамазина	325