

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

ФЁДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2020

МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
С ЭЛЕМЕНТАМИ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

Москва
17 – 20 ноября
2020 г.

Фёдоровские чтения — 2020: L Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы (Москва, 17—20 ноября 2020 г.) / под общ. ред. Ю.В. Матюниной. — М.: Издательский дом МЭИ, 2020. — 435 с.

ISBN 978-5-383-01439-4

Публикуются материалы Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи «Фёдоровские чтения — 2020», прошедшей в Национальном исследовательском университете «МЭИ» 17—20 ноября 2020 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 источники 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.

Научное издание

ФЁДОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ — 2020
L Международная научно-практическая конференция
с элементами научной школы

Корректор Г.Ф. Раджабова
Компьютерная верстка М.Н. Маркиной

Подписано в печать с оригинал-макета	16.11.20	
Бумага офсетная	Печать офсетная	Формат 60×90/16
Усл. печ. л. 27,2	Уч.-изд. л. 24,3	

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 978-5-383-01439-4

© Авторы, 2020
© Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2020

3. **Выравнивание** тарифов на электроэнергию [Электронный ресурс]. URL: https://aif.ru/realty/utilities/chto_zh_vyravnivanie_tarifov_na_elektroenergiyu_planiuyut_v_rossii (дата обращения: 27.04.2020).
4. **Беляев Л.С., Шурупов В.В.** Сравнительный анализ моделей оптового рынка электроэнергии //Электрические сети в Системе: (электр. журн.). 2007. URL: <https://electricalnet.ru/blog/viktor-shurupov-proizvyol-sravnitelnyi-analiz-modelei-optovogo-rynka-elektroenergii> (дата обращения: 01.05.2020).

С.А. Хорьков, horkov_07@mail.ru, УдГУ, г. Ижевск

МЕТОДОЛОГИЯ ПРИНЦИПА САМОПОДОБИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ЦЕХА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Самоподобный объект в точности или приближенно совпадает с частью себя самого, т.е. объект как целое имеет ту же форму, что и одна или несколько его частей. Считается, что самоподобие есть геометрическое понятие, хотя иногда говорят и о статистическом самоподобии, в этом случае части и целое объекта имеют одно и то же статистическое распределение. Обычно самоподобный объект представляют через скейлинг – масштабно-инвариантное распределение частей. Самоподобные структуры реального мира являются носителями материальных, энергетических или информационных ресурсов. Поэтому теоретический и практический интерес представляет установление качественной и/или количественной связи между самоподобной гиперболической структурой и распределенным на ней ресурсом.

Для промышленной электроэнергетики этот вопрос трансформируется в установление количественной связи между величиной и самоподобной (древесной, гиперболической) структурой электропотребления многономенклатурного цеха. Геометрически ресурс и его части могут быть представлены через площадь графика нагрузки, а самоподобная (древесная) структура — через фракталы, p -адические числа, ветвящиеся процессы, гиперболические H -распределения [1]. Интерес также представляет исследование древесной структуры системы электроснабжения промышленного предприятия при помощи модели ветвящегося детерминированного или случайного процесса.

Поэлементный расчет электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия (ЭМЦПП) позволяет получить потребление цеха через его составляющие, а также гиперболическое распределение номенклатуры этих составляющих. Проблема поэлементного расчета заключается в том, что расчетное ЭМЦПП (W) через составляющие всегда

превышает ЭМЦПП, полученное по приборам учета (I) за тот же период времени [2, 3].

Эмпирической основой методологии самоподобия ЭМЦПП и основным ее противоречием является тот факт, что величина электропотребления цеха аддитивна и конечна, а гиперболическая структура мультипликативна и не имеет естественной границы.

Двухслойная модель многономенклатурного цеха, в которой разделены величина и самоподобная структура электропотребления, имеет вид

$$W_* \leftarrow W \rightarrow W^*, \quad (1)$$

где W_*, W^* — ресурсный слой электропотребления, выраженный через вещественное число, и структурный слой, выраженный через p -адическое число, соответственно; W — ресурс электропотребления, выраженный через рациональное число; \leftarrow и \rightarrow — знаки отображения [2, 3].

Формально модель (1) связывает рациональные числа (Q) с вещественными (R) и p -адическими числами (Q_p). Вещественные числа получают пополнением (расширением) поля рациональных чисел в обычной топологии. Топологии, которые нумеруют простыми числами, являются полями p -адических чисел.

Поле вещественных чисел получают расширением поля рациональных чисел за счет архимедовой нормы, а поле p -адических чисел — за счет неархимедовой нормы.

Архимедовой нормой называют отображение поля Q в множество неотрицательных вещественных чисел (R_+), обозначаемое выражением $\| \cdot \| : Q \rightarrow R_+$. Оно удовлетворяет трем условиям: 1) $\|x\| = 0$ тогда и только тогда, когда $x = 0$; 2) норма от произведения чисел равна произведению норм этих чисел, т.е. $\|x \cdot y\| = \|x\| \cdot \|y\|$; 3) норма от суммы чисел меньше или равна сумме норм этих чисел, т.е. $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$. Это условие называют неравенством треугольника.

Примером архимедовой нормы на поле рациональных чисел является абсолютная величина $\|x\| \equiv |x|$. Архимедову норму обозначают $|x|_\infty$.

Архимедова норма индуцирует функцию (метрику), позволяющую определить расстояние между двумя точками. Архимедова метрика удовлетворяет трем условиям: 1) $\rho(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = y$; 2) $\rho(x, y) = \rho(y, x)$ — условие симметрии; 3) $\rho(x, y) = \rho(x, z) + \rho(z, y)$ — условие неравенства треугольника.

Норму, для которой выполняют два первых условия архимедовой нормы, а условие неравенства треугольника заменяют на условие усиленного треугольника $\|x + y\| \leq \max(\|x\|, \|y\|)$, называют неархимедовой.

Неархимедова норма p -адического числа имеет вид $|\cdot|_p : \mathcal{Q} \rightarrow \mathcal{R}_+$. Ее записывают через кратность вхождения m простого числа p в разложение ненулевого целого числа a на простые множители, т.е. через степень наибольшего целого неотрицательного числа m , для которого $a \equiv 0 \pmod{p^m}$. Причем $|x|_p = (p^m)^{-1}$, если $x \neq 0$ и $|x|_p = 0$, если $x = 0$ [4].

Неархимедову метрику отличают от неархимедовой тем, что условие неравенства треугольника заменяют на условие неравенства усиленного треугольника $\rho(x, y) \leq \max(\rho(x, z), \rho(z, y))$.

Это условие означает, что все треугольники p -адического пространства являются равнобедренными, причем их основание не превышает стороны треугольника. Метрику с условием неравенства усиленного треугольника называют ультраметрикой, а пространство — ультраметрическим. Ультраметрическое пространство позволяет естественным образом устанавливать на нем порядок. С геометрической точки зрения целое p -адическое число представляет собой граф-дерево.

Таким образом, поле вещественных чисел позволяет моделировать величину электропотребления, а поля p -адических чисел — его самоподобную структуру.

Двухслойная модель (1) позволяет также вводить и исследовать меры, размерности и нормы слоев ЭМЦПП.

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

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

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

Выражение (2) показывает, что с геометрической точки зрения величина ЭМЦПП представляет собой площадь, имеющую размерность 2.

Меру иерархической части ЭМЦПП следует записать в виде:

$$W^* = \lim_{a \rightarrow 0} N(a) a^d, \quad (3)$$

где d — размерность иерархической структуры ЭМЦПП.

Иерархическая структура имеет размерность, которая не равна целому числу. В выражении (3) размерность структуры есть размерность Хаусдорфа—Безиковича

$$d = \lim_{a \rightarrow 0} \ln(N(a))(\ln(a^{-1}))^{-1}. \quad (4)$$

Она заключена в диапазоне $1 < d < 2$. Поэтому в модели ЭМЦПП иерархическую структуру следует считать фракталом. Его размерность находят экспериментально.

Выражение (2) позволяет получить величину ЭМЦПП на евклидовой плоскости, а выражение (3) представляет собой числовую характеристику фрактала-дендрита и/или целого p -адического числа [2].

Размерность площади ресурса и размерность структуры иерархического дерева связаны через показатель Херста h . Связь этих размерностей на самоаффинном пространстве имеет вид $h = 2 - d$ [2].

Если рассматривать проекции двухслойной модели ЭМЦПП как пространства, то на пространстве W вводят нормы для получения ресурсной $\|W_*\|$ и иерархической $\|W^*\|$ частей модели ЭМЦПП. Произведение этих норм, по аналогии с двойной характеристикой рационального числа по теореме Островского [2], позволяет получить значение некоторой величины ЭМЦПП, выраженной через рациональное число

$$\|W_*\| \cdot \|W^*\| = c, \quad c - \text{const} \in W. \quad (5)$$

Нетрудно увидеть, что нормы в выражении (5) связаны самоподобной гиперболической зависимостью [2].

В двухслойной модели ЭМЦПП (1) параметры структуры p -адического дерева можно выразить через параметры ветвящегося случайного процесса [5]. Ветвящийся случайный процесс записывают через случайную величину

$$\xi = (p_0, p_1, p_2, 0, \dots). \quad (6)$$

где p_0, p_1, p_2 означают вероятность исчезновения элементов, вероятность постоянства (неизменности) элементов, вероятность появления новых элементов на каждом новом уровне ветвления соответственно.

Для детерминированного 2-адического дерева из выражения (6) имеем

$$P(\xi = 0) = 0, \quad P(\xi = 1) = 0, \quad P(\xi = 2) = 1, \quad P(\xi = 3) = 0. \quad (7)$$

Другими словами, для описания 2-адического дерева ξ не является случайной величиной, поскольку вероятность появления новых элементов на каждом новом уровне ветвления равна единице, а остальные вероятности равны нулю.

Тогда производящая функция на основе (7) имеет вид $F(s) = p_2 s^2$, где $p_2 = 1$, а после n -й итерации она будет равна

$$F_n(s) = F(F_{n-1}(s)) = \underbrace{F(F(\dots F(s)\dots))}_n = \left\{ \dots \left\{ \left\{ s^2 \right\}^2 \right\}^2 \dots \right\}^2 = \left\{ s^2 \right\}^n.$$

Математическое ожидание числа элементов после n -й итерации будет равно

$$M(S_n) = \left. \frac{\partial F_n(s)}{\partial s} \right|_{s=1} = 2^n \left. \left\{ s^{2^n} - 1 \right\} \right|_{s=1} = 2^n.$$

Очевидно, что размеры элементов на каждом уровне деления будут равны 2^{-n} .

Связь между древесной и гиперболической структурами ЭМЦПП можно представить через случайный ветвящийся процесс чистого размножения Юла $p_i(t)$, который может быть прерван в любой момент времени с известной вероятностью $p(t)$ [6].

Процесс чистого размножения Юла представляет собой геометрическое распределение с экспоненциальным основанием.

Распределение вероятности для него имеет вид

$$p_i(t) = 0, \quad i = 0; \quad p_i(t) = e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda t})^{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (8)$$

где λ — коэффициент пропорциональности.

Вероятность прекращения ветвления имеет вид

$$p(t) = \mu e^{-\mu t}, \quad (9)$$

где μ — коэффициент пропорциональности.

Стационарное распределение процесса ветвления на основе (8) и (9) за достаточно большой промежуток времени следует усреднить по параметру времени t :

$$p(i) = \int_0^{\infty} p_i(t) p(t) dt. \quad (10)$$

Результат вычисления (10) имеет вид

$$p(i) = \alpha B(i, \alpha + 1), \quad i = 1, 2, \dots, \quad (11)$$

где $B(i, \alpha + 1) = \frac{\Gamma(i)\Gamma(\alpha + 1)}{\Gamma(i + \alpha + 1)}$ — бета функция; $\Gamma(i) = (i - 1)!$ — гамма-функция; $\alpha = \mu \lambda^{-1}$ — характеристический показатель.

При $\lambda > \mu$ вероятность вырождения случайного процесса меньше единицы. На основе формулы Стирлинга при $i \rightarrow \infty$ имеем

$$\frac{\Gamma(i)}{\Gamma(i + \alpha + 1)} \rightarrow \frac{1}{i^{1+\alpha}}. \quad (12)$$

Окончательно из (11) с учетом выражения (12) получаем

$$p(i) = \frac{\Gamma(\alpha + 1) \alpha}{i^{1+\alpha}} = \frac{A}{i^{1+\alpha}}. \quad (13)$$

Модель (10) в виде (13) иллюстрирует связь между случайным ветвящимся процессом и гиперболическим распределением.

Гиперболическое распределение ЭМЦПП позволяет найти связь между его расчетной величиной (W) и величиной, полученной по приборам учета (V) [2, 3]. Площади электропотребления, ограниченные гиперболами, вычисляются по выражениям

$$\int_1^a \frac{dw}{w} = \ln W, \quad \int_1^a \frac{dv}{v} = \ln V. \quad (14)$$

Если существует отношение площадей в виде

$$d = \frac{\ln W}{\ln V} - \text{const}, \quad (15)$$

то выражение (15) позволяет записать закон масштабирования ЭМЦПП в виде

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

Закон масштабирования ЭМЦПП (16) можно получить также через теорию категорий. Элементарный топос есть конечно полная категория, с классификатором подобъектов, декартово замкнутая. В данном случае он имеет вид

$$\begin{array}{ccc} V & \xrightarrow{f} & W \\ \downarrow ! & & \downarrow \chi \\ 1 & \xrightarrow{T} & \Omega, \end{array} \quad (17)$$

где V, W — фактическое и расчетное пространство ЭМЦПП соответственно; 1 и Ω — конечный объект и классификатор подобъектов соответственно. Знаки $f, T, !, \chi$ — исходная стрелка, стрелка «истина», единственная стрелка, характеристическая стрелка соответственно [2].

Из декартовой замкнутости элементарного топоса (17) следует существование декартово замкнутого выражения:

$$\begin{array}{ccc} v \times c & \rightarrow & v \\ \downarrow & & \downarrow \\ w & \rightarrow & w^c. \end{array} \quad (18)$$

На основе выражения (18) можно записать

$$\text{hom}(v \times c, w) \cong \text{hom}(v, w^c), \quad (19)$$

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

Другими словами, из выражений (18) и (19) видно, что топос содержит экспоненты. Тогда существует степенная связь расчетного и фактического (приборного) ЭМЦПП в виде

$$V = W^C. \quad (20)$$

Коэффициент подобия является инвариантом гиперболических распределений. Он связан с отношением площадей ЭМЦПП (15):

$$d = C^{-1} = \log_V W. \quad (21)$$

Выводы

1. Двухслойная модель электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия, соединяющая величину в виде вещественного

числа и самоподобную структуру в виде p -адического числа, позволяет установить гиперболическую зависимость между нормами этих чисел.

2. Древесная и гиперболическая структуры электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия связаны через ветвящийся случайный процесс.

3. Закон масштабирования между расчетным и фактическим (приборным) электропотреблением многономенклатурного цеха промышленного предприятия устанавливаются на основе гиперболических структур этих распределений, а также на основе модели электропотребления в виде элементарного топоса.

Литература

1. **Кудрин Б. И.** Математика ценозов: видовое, ранговидовое, ранговое по параметру гиперболические H -распределения и законы Лотки, Ципфа, Парето, Мандельброта. В кн.: Философские основания технетики. «Ценологические исследования». Вып. 19. М.: Центр системных исследований, 2002. С. 357—412.
2. **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.
3. **Хорьков С.А.** Числовая модель электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия // Промышленная энергетика. 2018. № 5. С. 44—51.
4. **Коблиц Н.** P -адические исла, p -адический анализ и дзета-функции / Пер. с англ. В.В. Шокурова; под ред. и с пред. Ю.И. Манина. М.: Мир, 1981. 192 с.
5. **Иванов С.А.** Основы теории случайных кластерных процессов и ее практическое применение. М.: ЛЕНАНД, 2017. 224 с.
6. **Яблонский А.И.** Модели и методы исследования науки. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 400 с.

А.С. Исаев, ASIsew@nirhtu.ru,

Е.Ю. Фатюшина, EYFatyushina@nirhtu.ru,

Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНЫХ КУРСОВ В СДО

Современное развитие ИТ-сферы приводит к возможности построения качественно новых и принципиально более точных моделей систем электроснабжения (СЭС). Особенно актуально подобное в условиях невозможности проведения учебного процесса в виде контактных, традиционных аудиторных занятий. В этой связи необходимо адаптировать имеющиеся учебные курсы дисциплин, включая лабораторный практикум, к системе дистанционного обучения (СДО).

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

<i>Гальперова Е.В., Мазурова О.В.</i> Методический подход к прогнозированию спроса на электроэнергию с учетом региональных особенностей в условиях роста неопределенности	3
<i>Гнатюк В.И.</i> Комплексная оценка процесса электропотребления техноценоза на основе исследования рангового гиперпараметрического распределения	11
<i>Кивчун О.Р.</i> Управление электропотреблением энергосистемы на основе мониторинга результатов процедур рангового анализа	21
<i>Старкова А.Ю., Чегодаев А.А., Насыров Р.Р.</i> Перспективы развития распределенной энергетики в Российской Федерации	29
<i>Кангожин Б.Р., Даутов С.С., Избасарулы Н.</i> Развитие электрических сетей южного региона Казахстана	36
<i>Хлебцов А.П., Зайнутдинова Л.Х., Шилин А.Н.</i> Анализ современного состояния аварийности силового электрооборудования трансформаторных подстанций на примере Астраханской области	43
<i>Баширов М.Г., Баширова Э.М., Хуснутдинова И.Г.</i> Электромагнитный спектральный метод диагностики генераторов электростанций	50
<i>Соснина Е.Н., Шумский Н.В., Семенов И.И.</i> О разработке ААСУ ИРПМ для распределительных электрических сетей сложной конфигурации	57
<i>Каракулова Ю.Ю.</i> Выравнивание оптовых тарифов на электроэнергию по территории энергосистемы	62
<i>Хорьков С.А.</i> Методология принципа самоподобия в исследовании электропотребления многономенклатурного цеха промышленного предприятия	65
<i>Исаев А.С., Фатюшина Е.Ю.</i> Методические проблемы организации учебных курсов в СДО	72
Секция 2. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ	
<i>Гнатюк В.И., Иващенко А.А.</i> Методика МС-прогнозирования в оценке эффективности расходования энергетических ресурсов организационно-технических систем западного сектора Арктики России	79
<i>Птицын Д.В., Птицына Е.В., Кувалдин А.Б.</i> Эффективные режимы систем обогрева	91

<i>Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Исаева Т.М.</i> Об оптимальном управлении шунтирующими реакторами линии электропередачи	98
<i>Андреева Е.Г., Семина И.А.</i> Энергоэффективные магнитные системы открытого типа для обработки и управления наножидкостями.....	107
<i>Кувалдин А.Б., Федин М.А., Кулешов А.О., Кондрашов С.С., Чень Б.</i> Структурная модель высокочастотного индукционного нагревателя для синтеза нанопорошков	112
<i>Шураханова С.Е., Жармагамбетова М.С.</i> Энергосбережение и повышение энергоэффективности — ключи для решения проблем в электроэнергетике.....	118
<i>Денисова А.Р., Савин Н.А., Афонина Н.К.</i> Энергоэффективная система автоматического регулирования светового потока светодиодных светильников	121
<i>Иванова Г.С., Егоров М.С.</i> Влияние качества электрической энергии на электрические источники света	127
<i>Саввин Н.Ю.</i> Повышение энергоэффективности пластинчатых теплообменников в инженерном оборудовании зданий	129
<i>Маркелова О.В., Сандаков В.Д.</i> Сравнительный анализ электрических озонаторов для очистки газовых сред промышленных предприятий.....	132
<i>Федин М.А., Кувалдин А.Б., Кулешов А.О., Жмурко И.Е., Кондрашов С.С., Кислов А.П.</i> Разработка методики расчета индукционной установки для оплавления коррозионно-стойких покрытий	139
<i>Лепешкин А.Р., Кувалдин А.Б., Ремизов А.Е., Фетисов М.В.</i> Особенности применения индукционного нагрева при исследованиях элементов теплообменников.....	146
<i>Денисова А.Р., Сидоров А.Е., Закирова З.Р.</i> Перспектива модернизации системы освещения в промышленных отраслях с применением светодиодных источников света	151
<i>Володарский М.В., Семеренко А.А., Муругов И.К., Кошарная Ю.В.</i> Интеллектуальные системы учета электроэнергии — современные требования	156
Секция 3. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ И УЧРЕЖДЕНИЙ	
<i>Ершов М.С., Мелик-Шахназарова И.А., Малахов А.С.</i> Моделирование цифровой защиты промышленной электротехнической системы	160
<i>Ершов М.С., Чернев М.Ю., Чумаченко В.В.</i> Обзор и совершенствование анализа электромагнитной обстановки в системе электроснабжения объекта нефтепереработки	166

<i>Крюков О.В., Саушев А.В.</i> Методология вейвлет-преобразования при анализе автоматизированных электроприводов	174
<i>Вахнина В.В., Горохов И.В.</i> Оценка дополнительных потерь активной мощности в однофазном силовом автотрансформаторе при воздействии квазипостоянных токов.....	178
<i>Вахнина В.В., Бычков А.В., Федяй О.В.</i> Анализ воздействия квазипостоянного тока на блок синхронный генератор — силовой трансформатор	182
<i>Дайнеко А.В.</i> Анализ влияния геоиндуцированного тока на искажение синусоидальной формы кривой напряжения на шинах силового трансформатора.....	187
<i>Белашов В.Ю.</i> К вопросу о дифракции низкочастотного электромагнитного поля на проводящих объектах ЭЭС	191
<i>Старкова А.Ю., Тульский В.Н.</i> Разработка аппаратно-программного комплекса «Система оценки надежности воздушных линий электропередачи»	199
<i>Сергеева М.М., Самойлов А.А.</i> Устройство повышения пропускной способности воздушных линий электропередачи за счет учета термической нагрузки	205
<i>Младзиевский Е.П., Рыжкова Е.Н.</i> Применение комбинированного заземления нейтрали как способ борьбы с перенапряжениями при больших расстройках компенсации	208
<i>Золин Д.С.</i> Анализ перспектив внедрения средств автоматизации в области управления системами заземления нейтрали в сетях среднего напряжения.....	215
<i>Лыков Ю.Ф.</i> Сеть 0,4 кВ с изолированной нейтралью для питания собственных нужд подстанций	222
<i>Бутырин П.А., Гусев Г.Г., Михеев Д.В., Карпунина М.В., Кваснюк А.А., Шакирзянов Ф.Н.</i> Функциональные схемы электротехнических устройств на основе катушки-конденсатора (каткона).....	228
<i>Бутырин П.А., Гусев Г.Г., Михеев Д.В., Карпунина М.В., Кваснюк А.А., Шакирзянов Ф.Н.</i> Проектирование электротехнических устройств на основе каткона	241
<i>Белогловский А.А., Белоусов С.В., Таратонкина К.И.</i> Изучение лавинно-стримерных переходов в воздухе средствами математического моделирования. Часть I: Оценка критического числа электронов в лавинах	255
<i>Белогловский А.А., Глушкова А.Е., Галимова А.В.</i> Изучение лавинно-стримерных переходов в воздухе средствами математического моделирования. Часть II: Исследование процесса перехода	263

<i>Белова О.С., Темников А.Г., Черненский Л.Л.</i> Исследование радиальной стримерной короны разряда между искусственной грозовой ячейкой и землей. Электрические характеристики.....	270
<i>Белова О.С., Темников А.Г., Черненский Л.Л.</i> Исследование влияния радиальной стримерной короны на спектральные характеристики разряда между искусственной грозовой ячейкой и землей	278
<i>Немировский А.Е., Кичигина Г.А., Сергиевская И.Ю., Мищенко Д.Н.</i> Устройство электроосмотической сушки изоляции обмоток электродвигателей 0,4 кВ для экспериментальных исследований.....	285
<i>Денисова А.Р., Фархутдинов А.Р.</i> Внедрение систем АСКУЭ на подстанциях ПАО «Татнефть» с использованием устройства i-TOR	290
<i>Татевосян А.А.</i> Расчет и проектирование тихоходного синхронного магнитоэлектрического двигателя в составе привода длинноходового одноступенчатого поршневого компрессора	294
<i>Жабборов Т.К., Исмоилов И.К.</i> Анализ статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем с использованием системы математического моделирования и описание исследуемого объекта в среде Simulink.....	302
<i>Гараев И.З., Иванова В.Р.</i> Технические аспекты применения частотных преобразователей	303
<i>Абубьярова Д.И., Сандаков В.Д.</i> Сравнительный анализ линейных шаговых двигателей для промышленных предприятий	308
<i>Тимонин А.С.</i> Способ защиты систем электроснабжения TN—С—S путем трансформации в систему TT с помощью защитного вводного разнономинального коммутационного аппарата.....	315
<i>Булычева Е.А., Янченко С.А.</i> Генератор троишной импульсной последовательности для определения источников несинусоидальности в электрических сетях.....	319
<i>Мейсам И.</i> Предпосылки для использования электропередач постоянного тока в Сирии	325
<i>Кузнецова А.М., Вихров М.Е.</i> Классификация приемников электроэнергии по характеру функционирования на постоянном токе.....	326
<i>Записочный Е.Д., Кулага М.А.</i> Мероприятия по улучшению качества электроэнергии в сети объекта с дуговыми сталеплавильными печами.....	328
<i>Кутейников П.Д., Кулешова Г.С.</i> Уточнение значений поправочного коэффициента при выборе сечений проводников	336

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

<i>Анисимова Н.А., Варганова А.В.</i> Прогнозирование оптимальных режимов работы промышленных энергоузлов с собственными тепловыми электростанциями и потреблением мощности из энергосистемы	341
<i>Газизова О.В., Соколов А.П.</i> Особенности регулирования напряжения на промышленных электростанциях при различной реактивной нагрузке генератора	346
<i>Хорьков С.А., Преснухин В.К., Зарипов Т.Ф.</i> Исследование структурной надежности схемы выдачи мощности блоком ПГУ-230.....	351
<i>Костюков В.Д., Кретов Д.А.</i> Техничко-экономический анализ периода окупаемости газотурбинных установок	359
<i>Аверьянов Д.А., Бурмейстер М.В., Булатов Р.В., Ильин С.В.</i> Влияние мобильных газотурбинных электрических станций на условия динамической устойчивости энергообъединения	367
<i>Ковалев А.А., Панченко В.А.</i> Комбинированное использование возобновляемых источников энергии для производства энергоносителей.....	371
<i>Зиновьев В.В., Бартенов О.А.</i> Модельно-экспериментальное исследование солнечных фотоэлектрических преобразователей на основе W-функции Ламберта для прямой и обратной ветви вольт-амперной характеристики	378
<i>Шестакова В.В.</i> Изучение последствий производства и эксплуатации солнечных фотоэлектрических панелей.....	387
<i>Рудаков А.И., Спиридонов Р.Р., Киселев И.Н.</i> Современное состояние и перспективы развития двигателей внешнего сгорания (машин Стирлинга).....	392
<i>Саввин Н.Ю., Гарбузов Д.Д., Калашиников Д.А., Роцубкин П.В., Сингатулин Р.С., Сапрыка В.А.</i> Перспективы использования ротора Савониуса при создании компактных генераторных установок	398
<i>Сангов Х.С., Исмоилов Ф.О.</i> Обеспечение электроэнергией труднодоступных, малонаселенных и удаленных регионов Республики Таджикистан	403
<i>Титова Г.Р., Байбиченков А.Р.</i> Применение гибридных электротехнических комплексов для электроснабжения инфраструктуры Крайнего Севера	413
<i>Эльбазуров А.Р., Титова Г.Р.</i> Критерии оценки использования ветроэнергетики в системе электроснабжения в селе Каргалинская Чеченской Республики	419
<i>Шалухо А.В., Эрдили Н.И., Власов А.С.</i> Разработка мультиагентного подхода для управления системой с распределенной генерацией.....	425
<i>Семеренко А.А., Муругов И.К., Володарский М.В., Кошарная Ю.В.</i> Оценка условий функционирования активных энергетических комплексов	428