



**23-26 АПРЕЛЯ 2019 ГОДА**

Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары,  
пр-т Тракторостроителей, д. 103 «А»

# СБОРНИК ДОКЛАДОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Организаторы



ИИТЭК



При поддержке



Генеральные спонсоры

ЭКРА



Официальный спонсор

ЧЭАЗ

ЧЕБОКСАРСКИЙ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ЗАВОД

При участии



РОССТЕИ

РусГидро

Спонсоры



Официальные медиа-партнеры



ЦИФРОВАЯ  
ПОДСТАНЦИЯ



Медиа-партнеры



Партнер регистрации



**РЕЛАВЭКСПО-2019**

**Сборник докладов  
научно-технической конференции  
МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

Чебоксары  
2019

УДК 621.311-52+621.316.925](063)

ББК 27-051я43

С23

*Редакционная коллегия:*

**Г.С. Нудельман**, кандидат технических наук, гл. редактор;

**В.Г. Ковалев**, кандидат технических наук, доцент;

**А.В. Жуков**, кандидат технических наук;

**В.А. Шуин**, доктор технических наук, профессор;

**А.А. Наволочный**, кандидат технических наук, доцент;

**О.А. Онисова**, кандидат технических наук

Сборник докладов научно-технической конференции  
**С23** молодых специалистов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та,  
2019. – 310 с.

ISBN 978-5-7677-2895-4

Представлены статьи и доклады научно-технической конференции молодых специалистов, проведенной в рамках форума РЕЛАВ-ЭКСПО-2019, в которых приводятся и обсуждаются результаты актуальных научных исследований в области релейной защиты и автоматики, интеллектуальных энергосистем и повышения энергетической эффективности, моделирования электротехнических устройств.

Для преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов энергетических специальностей вузов, инженерно-технического персонала предприятий и энергосистем.

УДК 621.311-52+621.316.925](063)

ББК 27-051я43

© Издательство

Чувашского университета, 2019

ISBN 978-5-7677-2895-4

2. Руководство по эксплуатации «Вольтамперфазометр цифровой РЕТОМЕТР-М3».

**Автор:**

**Васильева Анастасия Владимировна**, инженер-исследователь ООО «НПП «Динамика», магистрант 1 курса факультета радиоэлектроники и автоматики ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова». E-mail: dynamics@chtt.ru.

## **МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОГО ФИЛЬТРА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

**Фёдоров А.р.О., Солдатов А.В., Петров В.С.**, ЧГУ им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

**Аннотация.** инвертор солнечной электрической станции (СЭС) является источником высших гармоник, неблагоприятно воздействующих на электрическую сеть. Поэтому между инвертором и сетью устанавливаются специальные фильтры, повышающие качество электрической энергии до необходимого уровня. В работе приведены рекомендации по выбору таких фильтров, имеющих высокий коэффициент мощности и низкое падение напряжения на элементах.

**Ключевые слова:** солнечная электростанция, LCL-фильтр, ведомый сетью инвертор.

### **Введение**

Коммутация IGBT-модулей полупроводниковых преобразователей мощности, предназначенных для подключения солнечных электростанций к энергосистеме (рис. 1), приводит к появлению высших гармоник в примыкающей сети. Вместе с тем близость расположения СЭС к потребителям требует особого внимания к выполнению норм по качеству электрической энергии. В связи с тем, что они неблагоприятно воздействуют на электрооборудование, для их подавления применяются специальные фильтры [1]. В работе предлагается методика выбора таких фильтров.

За рубежом наиболее широкое распространение получили фильтры типа LCL (рис. 2) [2,3]. Они обладают хорошими подавляющими свойствами, малыми габаритами и низкой стоимо-

стью. В настоящей работе рассмотрен выбор параметров такого фильтра с пассивным демпфированием, получившего широкое распространение.

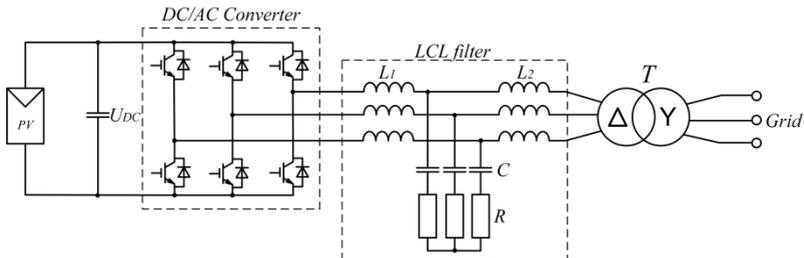


Рис. 1. Схема подключения СЭС к сети: *PV* – солнечные панели; *DC/AC Converter* – ведомый сетью инвертор; *LCL filter* – фильтр; *T* – силовой трансформатор; *Grid* – электрическая сеть

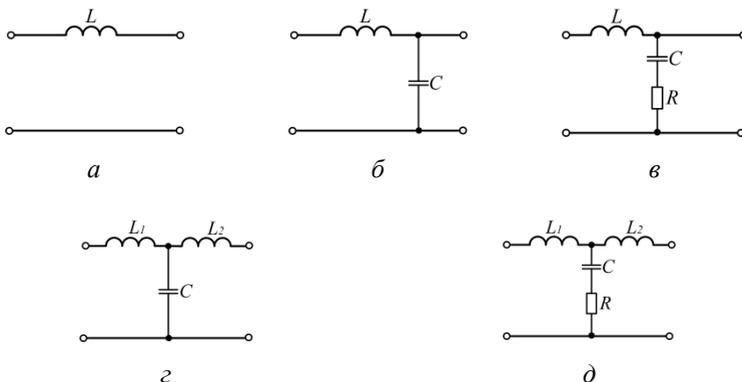


Рис. 2. Электрические схемы фильтров СЭС: *а* – *L*-фильтр; *б* – *LC*-фильтр без демпфирования; *в* – *LC*-фильтр с пассивным демпфированием; *г* – *LCL*-фильтр без демпфирования; *д* – *LCL*-фильтр с пассивным демпфированием

### **Определение параметров фильтра**

Для обеспечения коэффициента мощности, близкого к единице [5], реактивная мощность фильтра, как правило, ограничивается 5-10 % номинальной мощности инвертора  $S_{инв.ном}$  [6]:

$$Q_c = k_s S_{инв.ном}, \quad (1)$$

где  $k_s = 0,05 \div 0,1$ .

Поскольку реактивная мощность фильтра:

$$Q_c = 2\pi f_{\text{НОМ}} C U_{\text{НОМ}}^2, \quad (2)$$

то с учетом (1) емкость фильтра:

$$C = \frac{k_s S_{\text{ИНВ.НОМ}}}{2\pi f_{\text{НОМ}} U_{\text{НОМ}}^2}, \quad (3)$$

где  $f_{\text{НОМ}}$  – номинальная частота электрической сети, Гц;  $U_{\text{НОМ}}$  – действующее значение линейного напряжения на выходе инвертора, В.

Пульсация выходного тока инвертора зависит от индуктивности фильтра с его стороны [7]:

$$\Delta I_{L_{\text{max}}} = \frac{2U_{DC}(1-m)m}{3f_{sw}L_1}, \quad (4)$$

где  $U_{DC}$  – номинальное напряжение со стороны постоянного тока инвертора, В;  $L_1$  – индуктивность фильтра со стороны инвертора, Гн;  $f_{sw}$  – частота коммутаций инвертора, Гц;  $m$  – коэффициент модуляции инвертора.

Пульсацию выходного тока инвертора принято ограничивать в пределах 10-25 % от номинального тока инвертора  $I_{\text{ИНВ.НОМ}}$  [7]:

$$\Delta I_{L_{\text{max}}} = k_r I_{\text{ИНВ.НОМ}}, \quad (5)$$

где  $k_r = 0,1 \div 0,25$ ;

$$I_{\text{ИНВ.НОМ}} = \frac{S_{\text{ИНВ.НОМ}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}}. \quad (6)$$

Тогда с учетом (4) и (5) индуктивность фильтра со стороны инвертора:

$$L_1 = \frac{2U_{DC}(1-m)m}{3f_{sw}k_r I_{\text{НОМ}}}. \quad (7)$$

Индуктивность со стороны сети определяется по условию обеспечения затухания пульсаций тока инвертора. Для этого строят график зависимости коэффициента затухания  $k_a$  от отношения  $k_l$  суммы индуктивностей фильтра со стороны сети и трансформатора [8] к индуктивности фильтра со стороны инвертора:

$$k_l = \frac{L_2 + L_t}{L_1} \quad (8)$$

$$k_a = \frac{1}{\left|1 + k_l \left(1 - L_1 C (2\pi f_{sw})^2\right)\right|}. \quad (9)$$

При этом  $L_1$  выбирается таким, чтобы  $k_a = 0,1 \div 0,25$ .

Для обеспечения необходимого уровня напряжения на выходе СЭС падение напряжения на индуктивностях фильтра не должно превышать 5-10 % номинального напряжения  $U_{ном}$  [5]:

$$\Delta U_{L1} + \Delta U_{L2} \leq k_{\Delta u} U_{ном}, \quad (10)$$

где  $\Delta U_{L1}, \Delta U_{L2}$  – падение напряжения на  $L_1$  и  $L_2$ ;  $k_{\Delta u} = 0,05 \div 0,1$ .

То есть: 
$$L_1 + L_2 \leq k_{\Delta u} L_6, \quad (11)$$

где  $L_6 = \frac{U_{ном}^2}{2\pi f_{ном} S_{инв.ном}}$  – базисная индуктивность.

Сопротивление демпфирующего резистора, как правило, выбирается равным одной трети от емкостного сопротивления фильтра на резонансной частоте  $f_{res}$  [9]:

$$R = \frac{1}{3(2\pi f_{res})C}, \quad (12)$$

где резонансная частота:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{L_1 + L_2 + L_t}{L_1(L_2 + L_t)C}}. \quad (13)$$

Для предотвращения резонанса резонансная частота фильтра обычно отстраивается от номинальной частоты сети  $f_0$  и частоты коммутаций инвертора  $f_{sw}$  [9]:

$$10f_0 \leq f_{res} \leq 0,5f_{sw}. \quad (14)$$

Фильтр с выбранными параметрами должен обеспечивать качество электрической энергии на СЭС, проверка которого осуществляется путем расчета суммарного коэффициента гармонических составляющих тока:

$$THD_i = 2\pi f_{ном} (L_1 + L_2 + L_t) \frac{\sqrt{2NMS(m)}}{mL_1 (L_2 + L_t) C f_{sw}^3} 100, \quad (15)$$

где  $NMS(m) = \frac{1}{60480} \left( m^2 + \frac{77}{8} m^4 + \frac{35}{24} m^6 - \frac{384}{35\pi} m^7 + \frac{245}{144} m^8 \right)$ .

$THD_i$  должен быть не более 5 % [5].

### Пример

Исходные данные:

номинальная мощность инвертора:  $S_{\text{инв.ном}} = 250 \text{ кВА}$ ;

напряжение на выходе инвертора:  $U_{\text{ном}} = 250 \text{ В}$ ;

номинальное напряжение со стороны постоянного тока инвертора:  $U_{DC} = 480 \text{ В}$ ;

частота коммутации инвертора:  $f_{sw} = 5000 \text{ Гц}$ ;

номинальная частота сети:  $f_{\text{ном}} = 50 \text{ Гц}$ ;

индуктивность трансформатора:  $L_t = 48 \text{ мкГн}$ ;

коэффициент модуляции инвертора:  $m = 0,85$ ;

отношение реактивной мощности фильтра к полной мощности инвертора:  $k_s = 0,05$ ;

отношение пульсации тока к номинальному току инвертора:  $k_r = 0,2$ .

Из (3), (7):  $C = 640 \text{ мкФ}$ ,  $L_1 = 70 \text{ мкГн}$ .

Из (12) получаем  $R = 0,074 \text{ Ом}$ .

При  $k_a = 0,03$   $k_l = 0,8$ . Следовательно,  $L_2 = 8,8 \text{ мкГн}$ .

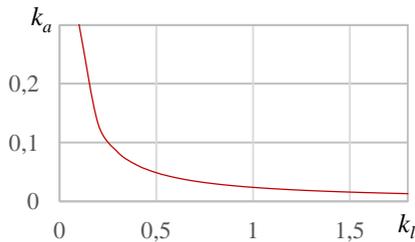


Рис. 3. Зависимость  $k_a$  от  $k_l$

На выходе СЭС суммарный коэффициент гармонических составляющих тока (15)  $THD_i = 1,52 \% < 5 \%$ , что удовлетворяет требованиям ГОСТ Р МЭК 61727-2016.

### Заключение

В докладе предложены рекомендации по выбору параметров фильтра, устанавливаемого на выходе инвертора солнечной электрической станции и обеспечивающего требуемое качество электрической энергии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исмагилов, Ф.Р.* Исследование параллельной работы солнечной электростанции с сетью / Ф.Р. Исмагилов, Б.Н. Шарифов, Б. М. Гайсин, Т.Р. Терегулов, Н.Л. Бабкина // Вестник УГАТУ. – 2016. - № 4 (74). – С. 71-79.
2. *Cha, Hanju.* Comparative analysis of low-pass output filter for single-phase grid-connected Photovoltaic inverter / Hanju Cha, Trung-Kien Vu // Twenty-fifth annual IEEE applied power electronics conference and exposition (APEC). – Palm Springs, 2010.
3. *Wang, T.C.Y.* Output filter design for a grid-interconnected three-phase inverter / T.C.Y. Wang, Zhihong Ye, Gautam Sinha, Xiaoming Yuan // IEEE 34th Annual conference on power electronics specialist. – Acapulco, 2003.
4. *Wessels, C.* Active damping of LCL-filter resonance based on virtual resistor for PWM rectifiers – stability analysis with different filter parameters / C. Wessels, J. Dannehl, F.W. Fuchs // PESC Record – IEEE annual power electronics specialists conference. – USA, 2008.
5. ГОСТ Р МЭК 61727-2016 Системы фотоэлектрические. Подключение к распределительным электрическим сетям. – ФГУП «Стандартинформ», 2016. – 15 с.
6. *Juntunen, R.* LCL filter designs for parallel-connected grid inverters: Thesis for the degree of Doctor of Science: Ramio Juntunen. – Lappeenranta, 2018. – 261 p.
7. *Loncarski, J.* Peak-to-peak output current ripple analysis in multiphase and multilevel inverters: PhD in Electrical Engineering: Jelena Loncarski. – Bologna, 2014. – 152 p.
8. *Araujo, S.* LCL filter design for grid-connected NPC inverters in offshore wind turbines // The 7<sup>th</sup> International conference on power electronics. – Daegu, 2007.
9. *Reznik, A.* Analysis and design of a smart-inverter for renewable energy interconnection to the grid: Thesis for the degree of Master of Science: Aleksandr Reznik. – Golden, 2013. – 143 p.
10. *Ruderman, A.* Calculation of current total harmonic distortion for a three-phase two-level inverter with LCL-filter // 19<sup>th</sup> International conference on electrical drives and power electronics. – Dubrovnik, 2017.

### **Авторы:**

**Фёдоров Александр Олегович**, инженер департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», магистрант Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова по направлению «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность». E-mail: fedorov\_ao@ekra.ru.

**Солдатов Александр Вячеславович**, заместитель директора департамента автоматизации энергосистем ООО «НПП ЭКРА», старший преподаватель кафедры электроснабжения и интеллектуальных электроэнергетических систем имени А.А. Фёдорова Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. E-mail: soldatov\_av@ekra.ru.

**Петров Владимир Сергеевич**, кандидат технических наук, руководитель группы научного сопровождения внешних НИОКР департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», доцент кафедры электроснабжения и интеллектуальных электроэнергетических систем имени А.А. Фёдорова Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. E-mail: petrov\_vs@ekra.ru.

## **ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

**Федотов А.Ю., Наумов В.А., Антонов В.И.**, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия

**Аннотация.** на энергетической характеристике  $P(U)$  фотомодуля существует точка максимальной выработки энергии, поддерживаемая системой управления путем непрерывного изменения напряжения на зажимах секции фотомодулей. Теоретически эта задача не представляет сложности, но в условиях эксплуатации с появлением затенения фотомодулей возникают различные эффекты в их характеристиках, присутствие которых должно быть учтено в работе систем управления солнечными электрическими станциями. В работе рассматриваются задачи и методы поддержания эффективности солнечных электрических станций в этих условиях.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, фотомодули, методы отслеживания точки максимальной мощности.

### **Введение**

Изменение освещенности и температуры фотомодулей меняют их характеристики и приводят к смещению рабочей точки от точки максимальной мощности ( $MPP$  – *Maximum Power Point*), уменьшая выработку электроэнергии. Для поддержания энергетической эффективности фотомодулей необходимо постоянно отслеживать нахождение рабочей точки в точке максимальной мощности на энергетической характеристике  $P(U)$ . Ес-

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b> .....	4
Исмуков Г.Н., Михайлов М.В., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Задача волнового ОМП секционированных линий распределительных электрических сетей</b> .....	4
Исмуков Г.Н., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Испытания волновых устройств защиты и диагностики линий электропередачи</b> .....	8
Исмуков Г.Н., Подшивалин А.Н., Терентьев Г.В. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Спектральные составляющие переходных процессов при коммутациях в электрической сети</b> .....	14
Куликов А.Л., Лоскутов А.А., Пелевин П.С. (НГТУ им Р. Е. Алексеева) <b>Методы цифровой фильтрации высокочастотных составляющих переходного процесса при ОМП ЛЭП</b> .....	17
Иванов С.В., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Спектральный анализ электрической величины по малому числу отсчетов</b> .....	23
Иванов С.В., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Итерационная адаптация многозвенного фильтра на малом числе отсчетов</b> .....	31
Кудряшова М.Н., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Преобразования сигналов в алгоритмах выявления перемежающегося дугового замыкания в электрической сети</b> .....	38
Степанова Д.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Оптимальные фильтры ортогональных составляющих для различных задач релейной защиты и автоматики</b> .....	42

Александрова М.И., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Структурный анализ тока для оценки успешности управляемой коммутации</b> .....	50
Атнишкин А.Б., Павлова К.В., Петров С.Г. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Алгоритм коррекции нелинейно искаженного сигнала трансформатора тока</b> .....	56
Белянин А.А., Смирнова И.В., Широкин М.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Применение координат Эдит Кларк в задачах релейной защиты</b> .....	60
Лебедев А.А., Климова Т.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Анализ аварийных ситуаций в электроэнергетических системах по данным УСВИ</b> .....	64
Елкин С.В., Колобродов Е.Н., Климова Т.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Применение векторных измерений для определения параметров АЛАР</b> .....	68
Никитина А.Н., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Асинхронный режим электрической сети и способы его выявления</b> .....	72
Алексеев В.С., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Выбор характеристики срабатывания АЛАР с учётом влияния погрешностей измерения входных величин</b> .....	78
Наумов И.А., Онисова О.А. (ОАО «ВНИИР», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Исследование функционирования дистанционных защит при отклонениях частоты</b> .....	83
Данилов С.А., Волошин А.А., Благоразумов Д.О., Коваленко А.И. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Релейная защита распределительной сети при использовании обратной трансформации</b> .....	88

Смирнов С.Ю., Онисова О.А. (ОАО «ВНИИР», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Анализ функционирования дистанционной защиты в сети с ветроэлектростанцией на базе асинхронного генератора с двойным питанием</i> .....	96
Атниськин А.Б., Кочетов И.Д., Лямец Ю.Я. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Алгоритмическое наблюдение энергообъекта</i> .....	101
Белянин А.А., Лямец Ю.Я., Чернов А.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Алгоритмическое наблюдение длинной линии в кратковременном переходном режиме</i> .....	107
Степанова Д.А., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Задачи классификации и глубокого обучения в релейной защите цифровой электроэнергетики</i> .....	116
Гордеев А.В., Иванов С.В., Мартынов М.В. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Усовершенствованный способ защиты дальнего резервирования</i> .....	123
Мартынов М.В., Никонов И.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Методика выбора уставок защиты дальнего резервирования с двухсторонним наблюдением</i> .....	131
Можжухина В.В., Колесов Л.М. (Ивановский государственный энергетический университет) <i>Выполнение дистанционной защиты, использующей информацию о токах питающих линий, для повышения чувствительности к коротким замыканиям на стороне низшего напряжения трансформатора смежной подстанции</i> .....	135
Сиразутдинов Ф.Р. (Казанский государственный энергетический университет) <i>Повышение надежности защиты автотрансформатора с учетом ближнего и дальнего резервирования</i> .....	139

Анисимова В.С., Наумов В.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Универсальный интерфейс "человек – машина" современного устройства релейной защиты и автоматики</b> .....	144
Ильина Д.А., Семенов К.Г. (ООО «НПП «Динамика») <b>Особенности тестирования цифровой блокировки при неисправностях цепей напряжения</b> .....	147
Егоров В.С., Толстов Е.Г. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Система мониторинга РЗА: разработка и испытание алго- ритмов</b> .....	149
Петров В.В. (ООО «Научно-исследовательский центр ЧЭАЗ») <b>Особенности реализации РЗА присоединений тяговых под- станций</b> .....	152
Ефремов А.В., Ефремов В.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Особенности реализации НВЧЗ для линий с пофазным управ- лением выключателем</b> .....	155
Засыпкин А.С. (мл.) (Южно-Российский государственный политехнический универси- тет (НПИ) имени М.И. Платова) <b>Релейная защита схем плавки гололёда на стальных грозозащитных тросах воздушной линии электропередачи</b> .....	159
Бабичев А.С. (Южно-Российский государственный политехнический универси- тет (НПИ) имени М.И. Платова) <b>Применение наложенного тока для селективного контроля изоляции группы электродвигателей</b> .....	162
Силанов Д.Н., Васильев Д.С. (ООО «НПП Бреслер») <b>Комплекс резервной централизованной цифровой защиты ПС 35/10(6) кВ</b> .....	166

Толстов Д.А., Шапеев А.А. (ОАО «ВНИИР») <b>Вопросы кибербезопасности микропроцессорных терминалов релейной защиты. Предложения по обеспечению безопасности базового ПО устройства</b> .....	171
Андреев Б.Л., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Дублирующие измерения на цифровой подстанции</b> .....	175
Лачугин В.Ф., Волошин А.А., Волошин Е.А., Благодарумов Д.О., Добрынин В.И. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Применение методов синхронизации по параметрам аварий- ного режима для реализации шины процесса по стандарту МЭК 61850</b> .....	179
Низамова Р.Р., Исаков Р.Г. (КНИТУ им. А.Н. Туполева) <b>Анализ работы дистанционной защиты линии электропередач оснащенной устройством продольной компенсации</b> .....	185
Метелев И.С., Ярков И.Г., Исаков Р.Г. (КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева) <b>Разработка цифровой модели сети Microgrid для исследования работы релейной защиты</b> .....	189
<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕК- ТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ</b> .....	194
Евдаков А.Е., Яблоков А.А., Лебедев В.Д. (Ивановский государственный энергетический университет) <b>Разработка имитационной модели электромагнитного трансформатора тока с учетом эффектов насыщения и ос- таточной намагниченности магнитопровода</b> .....	194
Виноградов С.Э. (ООО «НПП «Динамика») <b>Исследование переходных процессов в ёмкостном трансфор- маторе напряжения</b> .....	198

Иванов Н.Г., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Анализ переходных процессов в компенсированной ЛЭП СВН в цикле интеллектуального АПВ</i> .....	201
Литвинов С.Н., Лебедев В.Д., Кутумов Ю.Д. (Ивановский государственный энергетический университет) <i>Разработка способа снижения вероятности пробоя полимерной изоляции и мониторинг ее состояния в цифровых измерительных трансформаторах</i> .....	212
Васильева А.В. (ООО «НПП «Динамика») <i>Проверка высоковольтных выключателей с помощью прибора РЕТОМЕТР-МЗ</i> .....	215
Федоров А.О., Солдатов А.В., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Методика выбора параметров выходного фильтра солнечной электростанции</i> .....	218
Федотов А.Ю., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Задачи и методы поддержания эффективности солнечных электрических станций</i> .....	224
Гвоздев Д.Б., Архангельский О.Д. (НИУ Московский Энергетический институт) <i>Подходы к проведению исследований безопасности электроэнергетических систем с применением полунатурных моделей</i> .....	231
Андреева Е.А., Солдатов А.В., Наумов В.А., Марков Н.Ю. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Достоверизация параметров режима в системах управления цифровой сети</i> .....	235
Мозохин А.Е., Староверов Б.А. (филиал ПАО "МРСК Центра"- "Костромаэнерго", Костромской государственный университет) <i>Цифровая платформа интеллектуальных сервисов региональной сетевой компании</i> .....	240
Кубарьков Ю.П., Титов П.А. (Самарский государственный технический университет) <i>Оптимизация режимов работы электрических систем с активно-адаптивными сетями</i> .....	245

Болтунов А.П., Васильев С.П., Карпенко В.И., Волошин А.А., Волошин Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Интеллектуальная система прогнозирования нагрузки потребителей в микрогрид-системах</b> .....	254
Васильев С.П., Болтунов А.П., Карпенко В.И., Волошин А.А., Волошин Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Разработка интеллектуальной системы агрегированного управления нагрузкой потребителей в микрогрид-системах</b> .....	260
Волошин А.А., Благоразумов Д.О., Коваленко А.И., Дорофеев И.Н., Смирнов В.С. (НИУ Московский Энергетический институт), ООО «ПиЭлСи Технолоджи») <b>Применение интеллектуальных систем управления для повышения надежности распределительных сетей</b> .....	267
Бурмейстер М.В., Точилкин В.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Проблемы недоучёта электрической энергии в сетях комму- нального электроснабжения</b> .....	274
Волошин А.А., Волошин Е.А., Карпенко В.И., Васильев С.П., Болтунов А.П. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Интеллектуальное устройство потребителя. Умный счетчик для управления электропотреблением</b> .....	279
Клинский Д.Д. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Автоматизированная система отопления с тангенциальным вентилятором</b> .....	287
Расулзода Х.Н., Щедрин В.А. (Компания «SINOHYDRO-HYDROCHINA», Республика Таджи- кистан, ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <b>Исследование переходных процессов в обмотке ротора гидро- генератора при различных коротких замыканиях в энергосистеме с учетом действия АРВ</b> .....	291
Волошин А.А., Рогозинников Е.И., Лукина Ю.К., Михайлов Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) <b>Адаптивная система регулирования напряжения на ПС</b> .....	297

*Научное издание*

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

Публикуется без редактирования

Отв. за выпуск А.А. Наволочный, О.А. Онисова

Согласно Закону № 436-ФЗ от 29 декабря 2010 года  
данная продукция не подлежит маркировке

Подписано в печать 08.04.2019. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.  
Печать офсетная. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 18,02.  
Тираж 300 экз. Заказ № 464.

Отпечатано в соответствии с представленным оригиналом-макетом  
в типографии Чувашского университета  
428015 Чебоксары, Московский просп., 15