



23-26 АПРЕЛЯ 2019 ГОДА

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

СБОРНИК ДОКЛАДОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Организаторы



ИНТЭК



При поддержке



Генеральные спонсоры

ЭКРА

Релематика

Официальный спонсор

ЧЭАЗ

ЧЕБОКСАРСКИЙ ЭЛЕКТРОАППАРАТНЫЙ ЗАВОД

При участии



РусГидро

Спонсоры

ЭМАРА

БРЕСЛЕР

iGrids



Ростелеком

Динамика

Официальные медиа-партнеры



ЦИФРОВАЯ
ПОДСТАНЦИЯ

ЭНЕРГЕТИКА
И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
РОССИИ

Медиа-партнеры

НОВОСТИ
ЭлектроТехники

ПРОМЫШЛЕННЫЙ
СМИ-СЕНСАЦИОННИК

РЫНОК
Электротехники

ТЕХНИЧЕСКИЙ
ОППОНЕНТ

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

ва. В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». E-mail: paитov_va@ekra.ru.

Солдатов Александр Вячеславович, заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА», старший преподаватель кафедры ЭИЭС имени А.А. Федорова ЧГУ им. И.Н. Ульянова. Получил диплом инженера на электроэнергетическом факультете ЧГУ им. И.Н. Ульянова в 2006 г. E-mail: soldatov_av@ekra.ru.

Иванов Николай Геннадьевич, руководитель группы разработки интеллектуальных электронных устройств департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», ассистент кафедры ЭИЭС имени А.А. Федорова ЧГУ им. И.Н. Ульянова, аспирант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы». Получил степень магистра техники и технологии по направлению «Электроэнергетика и электротехника» в 2013 г. на кафедре ТОЭ и РЗА электроэнергетического факультета ЧГУ им. И.Н. Ульянова. E-mail: ivanov_ng@ekra.ru.

ОПТИМАЛЬНЫЕ ФИЛЬТРЫ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Степанова Д.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В., ЧГУ им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия.

***Аннотация.** Исследуется структура и характеристики цифровых фильтров ортогональных составляющих (ФОС). Показано, что выбор оптимальной структуры ФОС требует соблюдения баланса между точностью и быстродействием в расчетных режимах функционирования конкретных функций релейной защиты и автоматики.*

***Ключевые слова:** фильтры ортогональных составляющих, фильтр Фурье, цифровая обработка сигналов, релейная защита и автоматика.*

Введение

В цифровой релейной защите основными параметрами, характеризующими применение ФОС, являются быстродействие фильтра и точность формируемой оценки в условиях девиации частоты и в переходном режиме работы электрической сети.

Целью статьи является исследование основных характеристик и путей оптимизации ФОС в задачах релейной защиты и автоматики. Настоящая статья опирается на фундаментальные основы теории ФОС, изложенные в [0].

Классический фильтр ФОС

Комплексная амплитуда основной гармоники в классическом фильтре ФОС определяется выражением (рис. 1):

$$\underline{\hat{X}}(k) = \frac{2}{N} \sum_{l=k-N+1}^k x(l) e^{-jl\omega_0 T_s}, \quad (1)$$

где $x(k)$ – отсчеты входного сигнала, ω_0 – номинальная частота основной гармоники входного сигнала, T_s – интервал дискретизации, $NT_s = 2\pi / \omega_0$ – ширина окна данных, равная периоду основной гармоники.

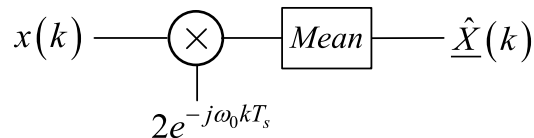


Рис. 2. Структурная схема фильтра Фурье:
Mean – оператор скользящего среднего

Особенностью классического ФОС является использование линейного фильтра нижних частот для подавления составляющих боковых частот. В установившемся режиме работы электрической сети при номинальной частоте входного сигнала классический ФОС формирует оценку комплексной амплитуды с высокой точностью [0]. В условиях девиации частоты в оценке ФОС появляется погрешность, связанная с отличием коэффициента передачи фильтра нижних частот от номинальной. Как видно из амплитудно-частотной характеристики фильтра Фурье (рис. 2), в диапазоне изменения частоты основной гармоники от $0,9 f_{\text{ном}}$ до $1,1 f_{\text{ном}}$ его погрешность достигает 7 %.

Апериодическая составляющая во входном сигнале искажает его синусоидальность и приводит к появлению дополнительной погрешности. Как видно из экспоненциальной характеристики (рис. 3), фильтр Фурье наиболее чувствителен к апериодической слагаемой с постоянной времени, близкой 0,4 периода

основной гармоники; коэффициент передачи для этой слагаемой равен 0,26. Поэтому максимальная погрешность оценки комплексной амплитуды в переходном режиме достигает 20 %.

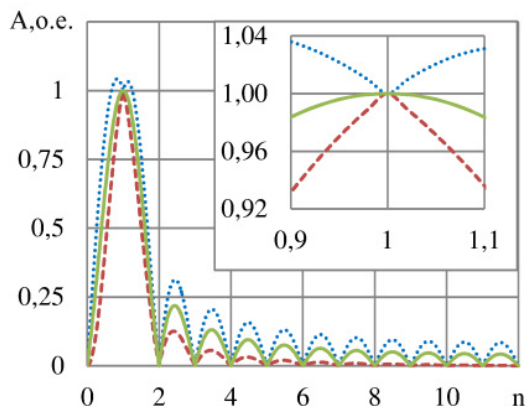


Рис. 2. АЧХ фильтра классического Фурье при частоте дискретизации 1200 Гц и частоте основной гармоники 50 Гц.

Сплошная кривая – среднее значение коэффициента передачи, точечная и штриховая – максимальное и минимальное значение коэффициента передачи соответственно

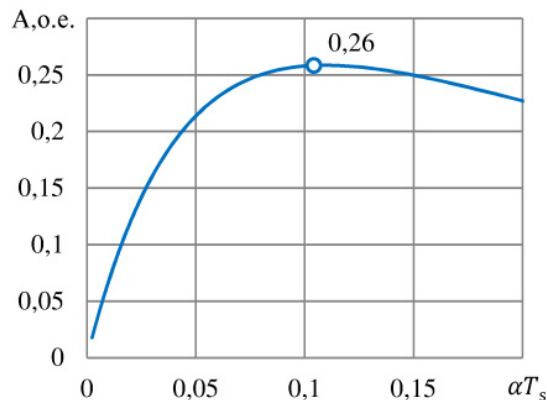


Рис. 3. Экспоненциальная характеристика фильтра Фурье с полным окном

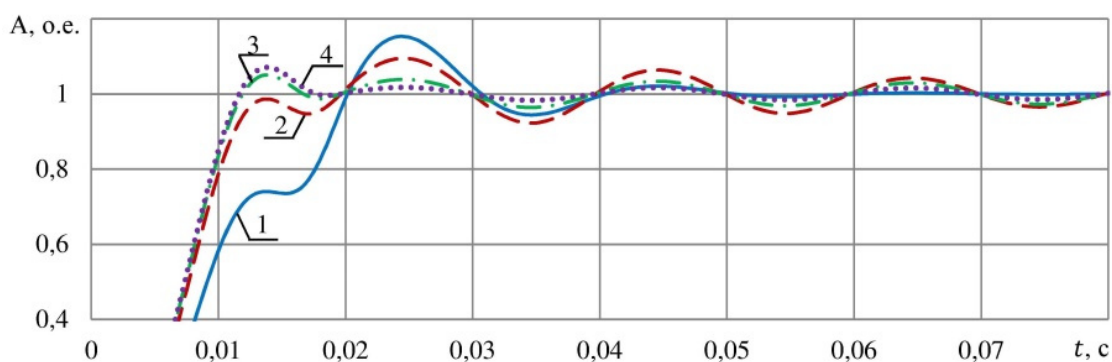


Рис. 4. Реакция классического фильтра Фурье на сигнал переходного

режима $x(k) = \cos \omega_0 k T_s - e^{-\frac{k T_s}{\tau}}$ при частоте дискретизации 1200 Гц и частоте основной гармоники 50 Гц. Постоянная времени затухания аperiodической слагаемой принята равной 0,5 периода основной гармоники (кривая 1), 2,5 периода основной (кривая 2), 7,5 периода основной (кривая 3) и 17,5 периода основной (кривая 4)

Быстродействие классического ФОС принципиально не может быть лучше периода промышленной частоты. Кроме того, в переходных режимах, когда входной сигнал содержит аperiodическую слагаемую, условия для оценки комплексной амплитуды с необходимой точностью возникает лишь при затухании аperiodической слагаемой (рис. 4).

ФОС с повышенной точностью в режиме девиации частоты

В режиме девиации частоты наибольшее искажение в оценку комплексной амплитуды (1) вносят составляющие боковых частот [0]. В связи с этим для снижения погрешности ФОС должен быть дополнен заграждающим фильтром SF , подавляющим слагаемую боковой частоты (рис. 5). Частотные характеристики заграждающего фильтра выбираются с расчетом на подавление составляющей суммарной частоты во всем диапазоне изменения частоты.

Для рабочего диапазона частот большинства функций РЗА (от $0,9 f_{\text{ном}}$ до $1,1 f_{\text{ном}}$) разработан ФОС с улучшенными характеристиками для работы в режиме девиации частот. Характеристики фильтра приведены на рис. 6–7.

Методическая погрешность разработанного фильтра в режиме девиации частоты не превышает 2,5%, что почти в 3 раза ниже погрешности классического фильтра Фурье (рис. 6). Одновременно с этим заграждающий фильтр улучшает точность фильтра в переходном режиме, снижая максимальную погрешность в 3,2 раза (рис. 7). Однако широкому применению заграждающего фильтра в задачах релейной защиты препятствует понижение быстродействия по сравнению с классическим ФОС (рис. 8).

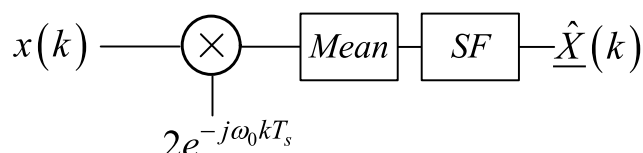


Рис. 5. Структурная схема ФОС с улучшенной точностью при девиации частоты: SF – заграждающий фильтр

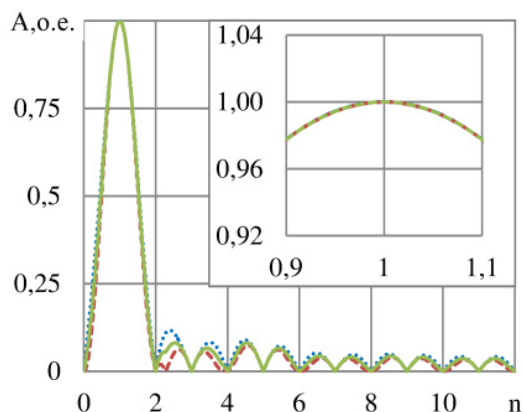


Рис. 6. АЧХ ФОС с улучшенной точностью в режимах девиации частоты. Параметры сглаживающего фильтра оптимизированы для режимов девиации частоты от $0,9 f_{\text{ном}}$ до $1,1 f_{\text{ном}}$ Гц. Обозначения кривых те же, что и на рис. 2

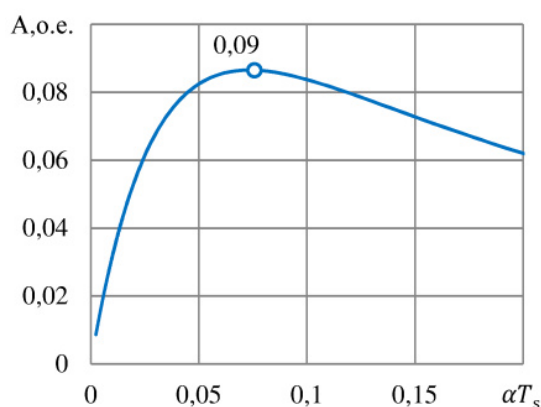


Рис. 7. Экспоненциальная характеристика ФОС с улучшенной точностью в режимах девиации частоты

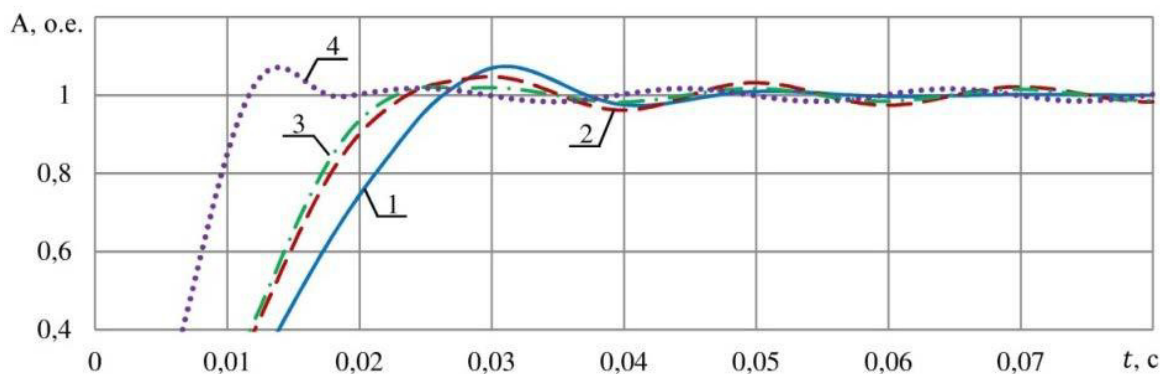


Рис. 8. Реакция ФОС с улучшенной точностью в режимах девиации частоты на сигнал переходного режима. Обозначения кривых те же, что и на рис. 4

ФОС с половинным окном

Когда требуется высокое быстродействие, может применяться ФОС с сокращенным окном [2], например, ФОС с половинным окном. Этот фильтр имеет ту же структуру, что и классический фильтр Фурье (рис. 1), однако ширина окна данных этого фильтра составляет 0,5 периода основной гармоники, т.е. $NT_s = \pi / \omega_0$.

Сокращение окна фильтра приводит к ухудшению частотных характеристик фильтра, заключающемуся в потере способности подавлять четные гармоники и постоянную составляющую (рис. 9). Из-за этого ФОС теряет способность подавлять апериодическую составляющую: коэффициент передачи апериодической составляющей достигает 1,26 (рис. 10).

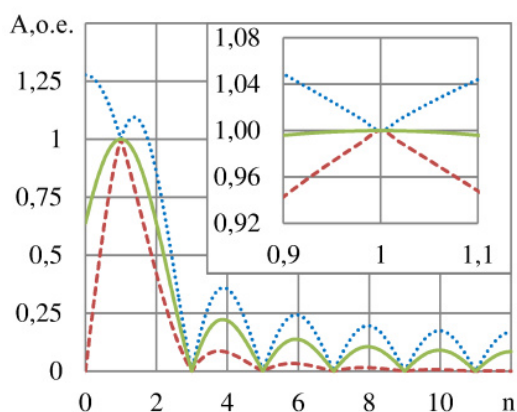


Рис. 9. АЧХ фильтра Фурье с половинным окном. Обозначения кривых те же, что и на рис. 2

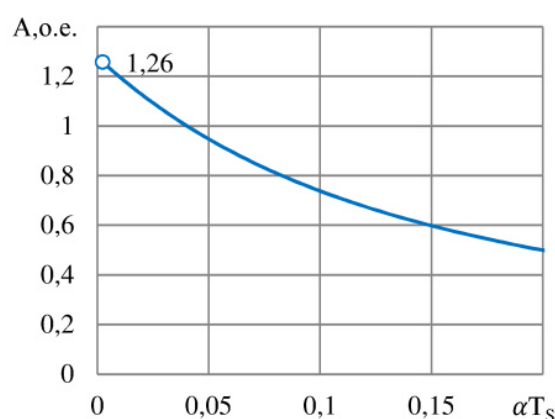


Рис. 10. Экспоненциальная характеристика фильтра Фурье с половинным окном

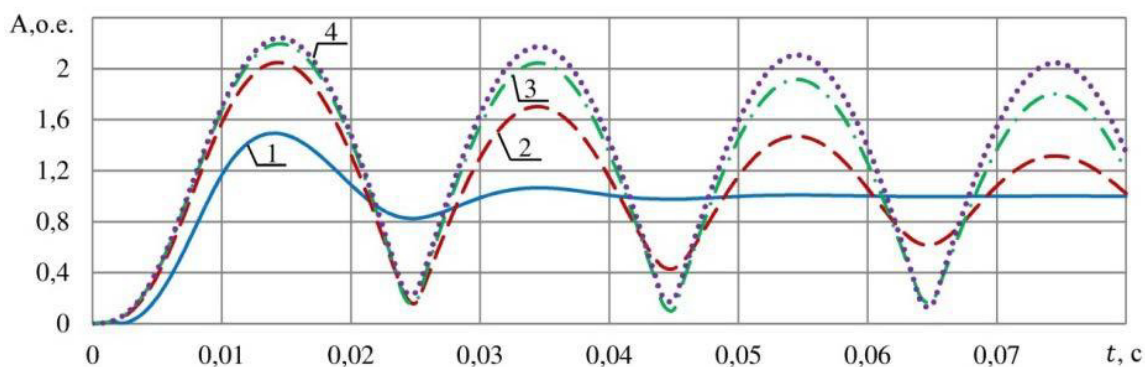


Рис. 11. Реакция фильтра Фурье с половинным окном на сигнал переходного режима. Обозначения кривых те же, что и на рис. 4

Быстродействующий фильтр формирует оценку на начальных стадиях переходного процесса, когда входной сигнал сильно искажен апериодической составляющей. В связи с этим, фильтр с половинным окном в исходном виде практически неприменим для задач релейной защиты. Этот недостаток подтверждается и реакцией фильтра на сигнал переходного режима (рис. 11).

ФОС с улучшенным быстродействием

Повышение точности ФОС с половинным окном в переходном режиме может быть достигнуто за счет оптимального заграждающего фильтра аperiodической слагаемой RF (рис. 12).

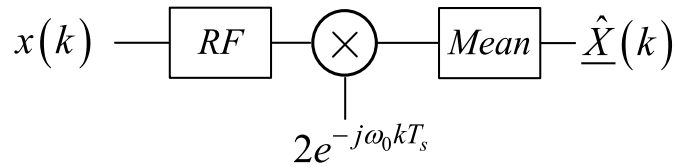


Рис. 12. Структурная схема ФОС с улучшенным быстродействием: RF – сглаживающий фильтр

Параметры заграждающего фильтра должны выбраться таким образом, чтобы его коэффициент передачи в диапазоне постоянных времени аperiodической слагаемой в токе короткого замыкания (в диапазоне от 0,02 до 0,35 с [3]) был минимален.

Характеристики одного из вариантов ФОС с улучшенным быстродействием приведены на рис. 13–14.

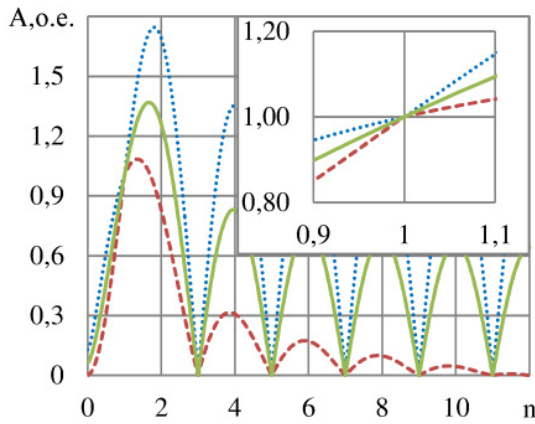


Рис. 13. АЧХ ФОС с улучшенным быстродействием. Обозначения кривых те же, что и на Рис. 2

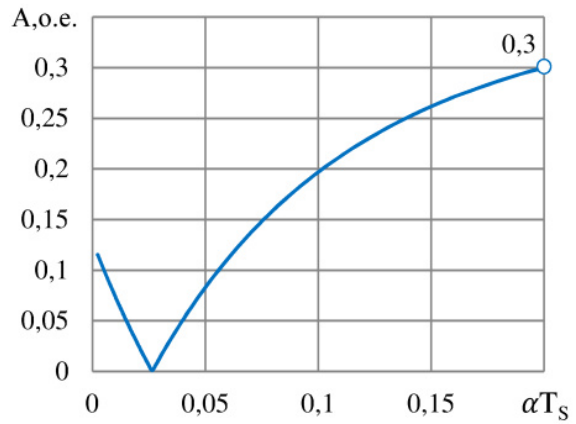


Рис. 14. Экспоненциальная характеристика ФОС с улучшенным быстродействием

Оптимальный выбор весовых коэффициентов заграждающего фильтра позволяет повысить точность оценки действующего значения основной гармоники в 10 раз (рис. 14).

Реакция ФОС со специальным заграждающим фильтром аperiodической составляющей приведена на рис. 15.

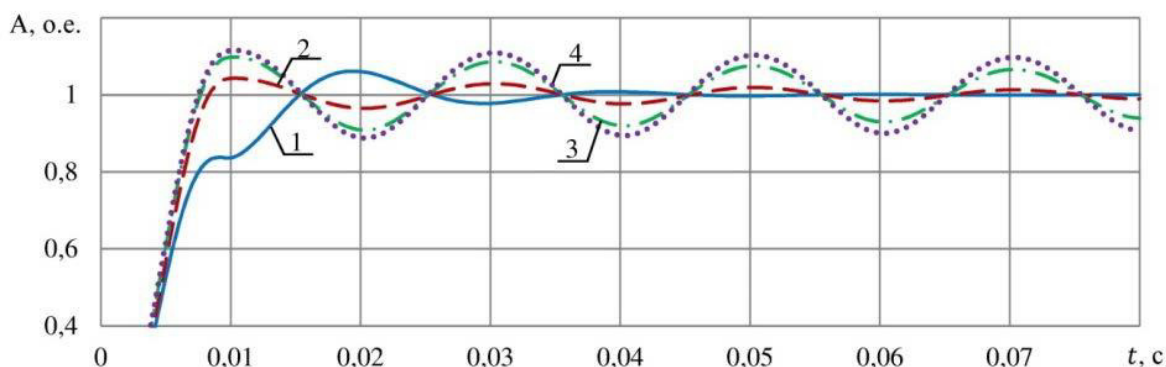


Рис. 3. Реакция ФОС с улучшенным быстродействием на сигнал переходного режима. Обозначения кривых те же, что и на рис. 4

Выводы

1. Выбор оптимальной структуры ФОС требует соблюдения баланса между точностью и быстродействием в расчетных режимах функционирования РЗА.

2. В функциях РЗА, требующих повышенного быстродействия, предпочтительны ФОС с сокращенным окном обработки, например, фильтр Фурье с половинным окном.

3. Достижение необходимой точности при обработке сигналов переходных режимов электрической сети, достигается путем включения в состав ФОС специального заграждающего оператора аperiodической составляющей.

4. В условиях девиации частоты сети преимущество имеют ФОС с дополнительным заграждающим оператором составляющей суммарной частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов В.И. Общие начала теории фильтров ортогональных составляющих / Антонов В.И., Наумов В.А., Иванов Н.Г., Солдатов А.В., Фомин А.И. // Журнал «Релейная защита и автоматизация». – 01 март 2016 г. – № 22. – С. 17-26.

2. Антонов В.И. Адаптивный структурный анализ электрических сигналов: теория и ее приложения в интеллектуальной электроэнергетике: монография / В.И. Антонов. Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2018. – 334 с.

3. Антонов В.И. Особенности структурного анализа тока сетей 110-750 кВ / Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г. // Сборник XII Всероссийской научно-технической конференции

«Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике». – 2014 г. – С. 240-242.

Авторы:

Степанова Дарья Александровна, техник группы разработки интеллектуальных электрических устройств сектора научного сопровождения продукции департамента отдела автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», бакалавр электроэнергетического факультета ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 140400 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем». E-mail: stepanova_da@ekra.ru.

Иванов Николай Геннадьевич, руководитель группы разработки интеллектуальных электрических устройств сектора научного сопровождения продукции департамента отдела автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА», аспирант ЧГУ им. И.Н. Ульянова по профилю 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы». E-mail: ivanov_ng@ekra.ru.

Солдатов Александр Вячеславович, заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА». E-mail: soldatov_av@ekra.ru.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТОКА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕШНОСТИ УПРАВЛЯЕМОЙ КОММУТАЦИИ

Александрова М.И., Наумов В.А., ООО НПП «ЭКРА», Чебоксары, Россия.

Антонов В.И., ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия.

Аннотация. В современных устройствах управляемой коммутации определение момента замыкания электрической цепи основано на измерении тока или напряжения на коммутируемом объекте с высокой частотой дискретизации. Такое решение усложняет реализацию устройств.

В работе предложен новый подход к решению задачи определения реального момента коммутации на основе адаптивного структурного анализа тока переходного режима, не требующий увеличения частоты дискретизации тракта АЦП.

Ключевые слова: управляемая коммутация, успешность управляемой коммутации, структурный анализ тока.

СОДЕРЖАНИЕ

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

Александрова М.И., Наумов В.А., Антонов В.И. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Структурный анализ тока для оценки успешности управляемой коммутации	50
Атнишкин А.Б., Павлова К.В., Петров С.Г. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Алгоритм коррекции нелинейно искаженного сигнала трансформатора тока	56
Белянин А.А., Смирнова И.В., Широкин М.Ю. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Применение координат Эдит Кларк в задачах релейной защиты	60
Лебедев А.А., Климова Т.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) Анализ аварийных ситуаций в электроэнергетических системах по данным УСВИ	64
Елкин С.В., Колобродов Е.Н., Климова Т.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) Применение векторных измерений для определения параметров АЛАР	68
Никитина А.Н., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Асинхронный режим электрической сети и способы его выявления	72
Алексеев В.С., Петров В.С. (ООО НПП «ЭКРА», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Выбор характеристики срабатывания АЛАР с учётом влияния погрешностей измерения входных величин	78
Наумов И.А., Онисова О.А. (ОАО «ВНИИР», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Исследование функционирования дистанционных защит при отклонениях частоты	83
Данилов С.А., Волошин А.А., Благоразумов Д.О., Коваленко А.И. (НИУ Московский Энергетический институт) Релейная защита распределительной сети при использовании обратной трансформации	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
Атнишкин 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) Универсальный интерфейс "человек – машина" современного устройства релейной защиты и автоматики	144
Ильина Д.А., Семенов К.Г. (ООО «НПП «Динамика») Особенности тестирования цифровой блокировки при неисправностях цепей напряжения	147
Егоров В.С., Толстов Е.Г. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Система мониторинга РЗА: разработка и испытание алго- ритмов	149
Петров В.В. (ООО «Научно-исследовательский центр ЧЭАЗ») Особенности реализации РЗА присоединений тяговых под- станций	152
Ефремов А.В., Ефремов В.А. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Особенности реализации НВЧЗ для линий с пофазным управ- лением выключателем	155
Засыпкин А.С. (мл.) (Южно-Российский государственный политехнический универси- тет (НПИ) имени М.И. Платова) Релейная защита схем плавки гололёда на стальных грозозащитных тросах воздушной линии электропередачи	159
Бабичев А.С. (Южно-Российский государственный политехнический универси- тет (НПИ) имени М.И. Платова) Применение наложенного тока для селективного контроля изоляции группы электродвигателей	162
Силанов Д.Н., Васильев Д.С. (ООО «НПП Бреслер») Комплекс резервной централизованной цифровой защиты ПС 35/10(6) кВ	166

Толстов Д.А., Шапеев А.А. (ОАО «ВНИИР») <i>Вопросы кибербезопасности микропроцессорных терминалов релейной защиты. Предложения по обеспечению безопасности базового ПО устройства</i>	171
Андреев Б.Л., Подшивалин А.Н. (ООО «Релематика», ЧГУ им. И.Н. Ульянова) <i>Дублирующие измерения на цифровой подстанции</i>	175
Лачугин В.Ф., Волошин А.А., Волошин Е.А., Благоразумов Д.О., Добрынин В.И. (НИУ Московский Энергетический институт) <i>Применение методов синхронизации по параметрам аварий- ного режима для реализации шины процесса по стандарту МЭК 61850</i>	179
Низамова Р.Р., Исаков Р.Г. (КНИТУ им. А.Н. Туполева) <i>Анализ работы дистанционной защиты линии электропередач оснащенной устройством продольной компенсации</i>	185
Метелев И.С., Ярков И.Г., Исаков Р.Г. (КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева) <i>Разработка цифровой модели сети Microgrid для исследования работы релейной защиты</i>	189
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	
Евдаков А.Е., Яблоков А.А., Лебедев В.Д. (Ивановский государственный энергетический университет) <i>Разработка имитационной модели электромагнитного трансформатора тока с учетом эффектов насыщения и остаточной намагниченности магнитопровода</i>	194
Виноградов С.Э. (ООО «НПП «Динамика») <i>Исследование переходных процессов в ёмкостном трансформаторе напряжения</i>	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) Интеллектуальная система прогнозирования нагрузки потребителей в микрогрид-системах	254
Васильев С.П., Болтунов А.П., Карпенко В.И., Волошин А.А., Волошин Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) Разработка интеллектуальной системы агрегированного управления нагрузкой потребителей в микрогрид-системах	260
Волошин А.А., Благоразумов Д.О., Коваленко А.И., Дорофеев И.Н., Смирнов В.С. (НИУ Московский Энергетический институт), ООО «ПиЭлСи Технолоджи») Применение интеллектуальных систем управления для повышения надежности распределительных сетей	267
Бурмейстер М.В., Точилкин В.Г. (НИУ Московский Энергетический институт) Проблемы недоучёта электрической энергии в сетях комму- нального электроснабжения	274
Волошин А.А., Волошин Е.А., Карпенко В.И., Васильев С.П., Болтунов А.П. (НИУ Московский Энергетический институт) Интеллектуальное устройство потребителя. Умный счетчик для управления электропотреблением	279
Клинский Д.Д. (НИУ Московский Энергетический институт) Автоматизированная система отопления с тангенциальным вентилятором	287
Расулзода Х.Н., Щедрин В.А. (Компания «SINOHYDRO-HYDROCHINA», Республика Таджи- кистан, ЧГУ им. И.Н. Ульянова) Исследование переходных процессов в обмотке ротора гидро- генератора при различных коротких замыканиях в энергосистеме с учетом действия АРВ	291
Волошин А.А., Рогозинников Е.И., Лукина Ю.К., Михайлов Е.А. (НИУ Московский Энергетический институт) Адаптивная система регулирования напряжения на ПС	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