



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
СЕНСОР

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батура М.П. Теория электрических цепей / М.П. Батура, А.П. Кузнецов, А.П. Курулев. – Минск : Выш. шк., 2004. – 608 с.
2. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

Автор:

Виноградов Станислав Эдуардович, инженер-исследователь ООО «НПП «Динамика», магистр по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В КОМПЕНСИРОВАННОЙ ЛЭП СВН В ЦИКЛЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АПВ

Иванов Н.Г., Антонов В.И., ЧГУ им. И.Н. Ульянова, НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия

Наумов В.А., к.т.н., НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия

Аннотация. исследуются переходные процессы в компенсированной линии электропередачи сверхвысокого напряжения в цикле интеллектуального автоматического повторного включения (АПВ). Предлагается аналитический метод расчета переходных процессов, основанный на принципе наложения и использующий универсальную расчетную схему электрической сети. Разработанный метод используется для теоретического обоснования механизма снижения перенапряжений, лежащего в основе интеллектуального АПВ. Результаты анализа подтверждают эффективность снижения коммутационных перенапряжений методом интеллектуального АПВ.

Ключевые слова: автоматическое повторное включение, переходные процессы в длинных линиях, универсальная расчетная схема.

Введение

Компенсированная линия электропередачи сверхвысокого напряжения в паузе цикла трехфазного АПВ образует высокодобротную колебательную систему, сохраняющую к моменту повторного включения значительный заряд в неповрежденных фазах. Повторное включение такой линии может сопровождать-

ся опасными коммутационными перенапряжениями в заряженных фазах [0].

Современным методом снижения таких перенапряжений является интеллектуальное АПВ [0–0]. Идея этого метода состоит в выборе момента повторного включения линии, оптимального с точки зрения снижения коммутационных перенапряжений.

Эффективность метода интеллектуального АПВ подтверждается результатами многочисленных практических испытаний, математического и физического моделирования, но теоретическое описание механизма снижения перенапряжений, лежащего в основе этого метода, все еще отсутствует. Поэтому подход к выбору оптимального момента повторного включения часто носит интуитивный характер, в связи с чем нуждается в теоретическом обосновании.

Целью настоящей статьи является разработка аналитического метода расчета переходных процессов при автоматическом повторном включении и обоснование принципов снижения перенапряжений при интеллектуальном АПВ.

Аналитический метод расчета переходного процесса в цикле АПВ

С целью упрощения анализа в статье используется однофазная модель электрической сети.

При исследовании процессов в цикле АПВ рассматривается следующая последовательность режимов, наиболее близко соответствующая режимам в неповрежденной фазе трехфазной линии: нагрузочный режим → отключение линии с первой стороны → отключение линии со второй стороны → повторное включение линии с первой стороны → повторное включение линии со второй стороны (включение линии в транзит).

Для расчета переходного процесса используется метод сведения к нулевым начальным условиям. В каждый момент времени цикла АПВ электрические величины рассчитываются как сумма величин предшествующего и дополнительного режимов.

Расчетные схемы электрической сети в цикле АПВ

Нагрузочный режим

Начальные условия переходного процесса в цикле АПВ формируются в схеме нагрузочного режима (рис. 1).

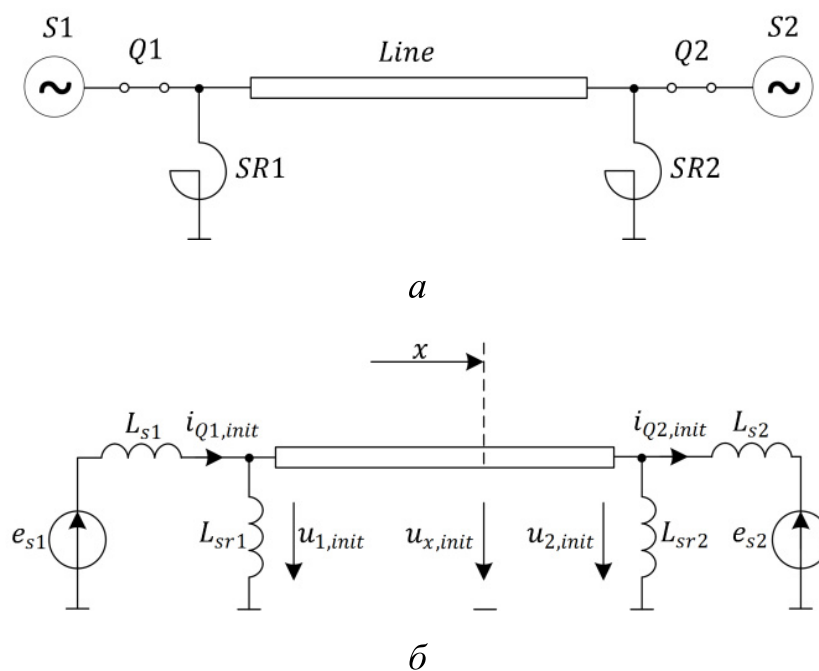


Рис. 1. Схема сети: *а* – в нагрузочном режиме; *б* – ее схема замещения

Отключение линии с первой и второй сторон (дополнительные режимы № 1 и № 2)

Электрическая сеть в доп. режимах № 1 и № 2 представляет собой пассивную цепь, подключенную к источнику тока (рис. 2, *а* и *б*). Параметры источника определяются током через соответствующий выключатель в предшествующем режиме. Для схемы доп. режима № 1 предшествующим режимом является исходный режим, поэтому

$$i_{Q1,pr1}(t) = i_{Q1,init}(t) \quad \text{и} \quad i_{add1}(t) = i_{Q1,pr1}(t).$$

Доп. режим № 1, являясь предшествующим для доп. режима № 2, определяет параметры его источника тока

$$i_{add2}(t) = i_{Q2,pr2}(t),$$

где

$$i_{Q2,pr2}(t) = i_{Q2,pr1}(t) + i_{Q2,add1}(t), \quad i_{Q2,pr1}(t) = i_{Q2,init}(t).$$

Поскольку выключатели *Q1* и *Q2* включены последовательно с индуктивностью, принимается, что гашение дуги при их отключении происходит в момент естественного перехода тока через нуль.

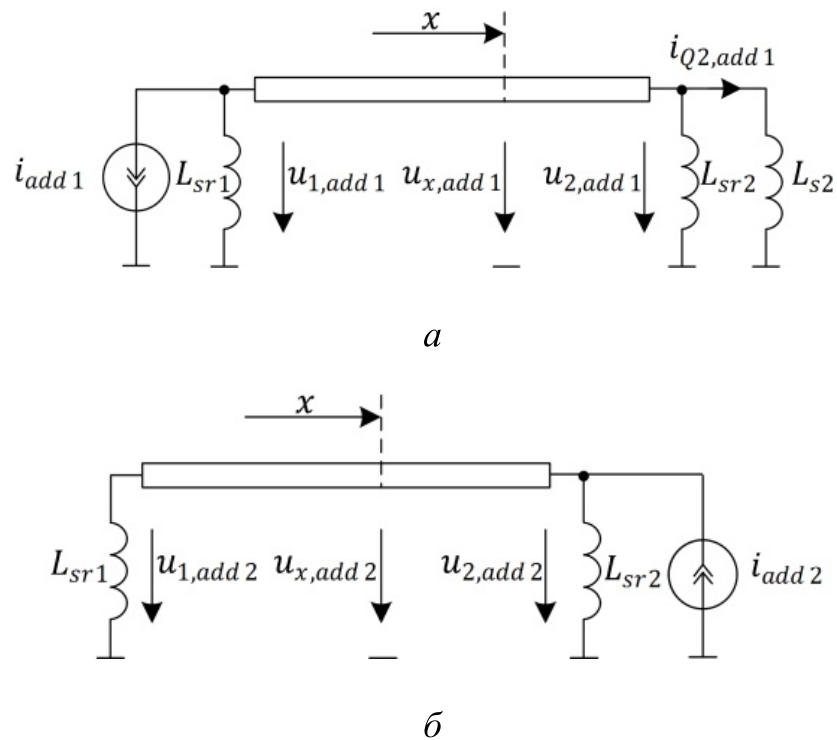


Рис. 2. Схема замещения сети: *a* – в дополнительном режиме № 1;
б – в дополнительном режиме № 2

Включение линии с первой стороны и включение линии в транзит (дополнительные режимы № 3 и № 4)

Схемы замещения сети в доп. режимах № 3 и № 4 тоже представляют собой пассивные цепи, но в отличие от доп. режимов № 1 и № 2 каждая из них подключена к источнику ЭДС (рис. 3, *a* и *б*). Напряжения источников определяются напряжениями на контактах выключателя в предшествующем режиме. В доп. режиме № 3

$$e_{add3}(t) = e_{s1}(t) - u_{1,pr3}(t),$$

где

$$u_{1,pr3}(t) = u_{1,pr2}(t) + u_{1,add2}(t), \quad u_{1,pr2}(t) = u_{1,pr1}(t) + u_{1,add1}(t),$$

$$u_{1,pr1}(t) = u_{1,init}(t).$$

а в доп. режиме № 4

$$e_{add4}(t) = e_{s2}(t) - u_{2,pr4}(t),$$

$$u_{2,pr4}(t) = u_{2,pr3}(t) + u_{2,add3}(t), \quad u_{2,pr3}(t) = u_{2,pr2}(t) + u_{2,add2}(t),$$

$$u_{2,pr2}(t) = u_{2,pr1}(t) + u_{2,add1}(t), \quad u_{2,pr1}(t) = u_{2,init}(t).$$

При оценке уровня перенапряжений доп. режим № 4 может не рассматриваться, поскольку включение линии в транзит обычно происходит с предварительной синхронизацией напряжений системы $S2$ и линии u_2 , и поэтому не сопровождается интенсивным переходным процессом.

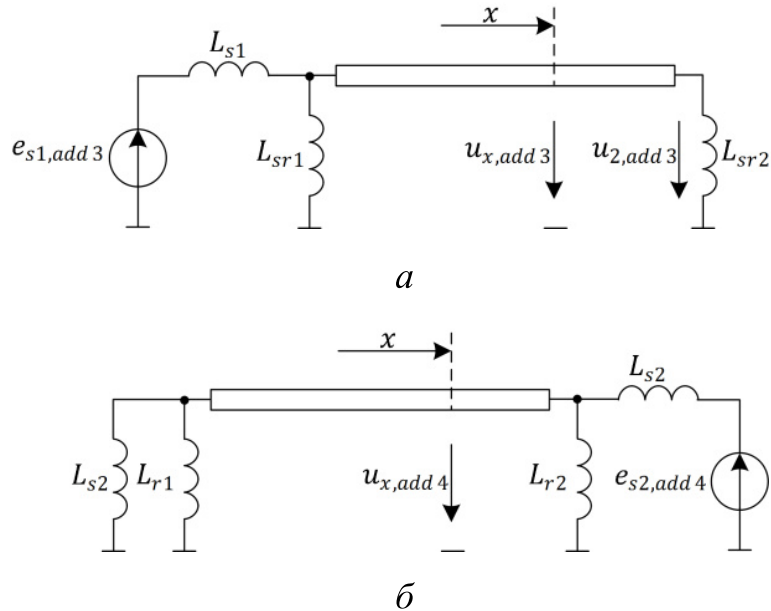


Рис. 3. Схема замещения сети: а – в дополнительном режиме № 3; б – в дополнительном режиме № 4

Универсальная расчетная схема

Все доп. режимы являются режимами включения источника на пассивную цепь с нулевыми начальными условиями. Учет этой особенности доп. режимов позволяет формализовать расчет и упростить его реализацию в вычислительной среде, приводя схемы всех доп. режимов к универсальной форме (рис. 4). Универсальная расчетная схема применима и для расчета исходного режима, если рассматривать действия источников питания по отдельности.

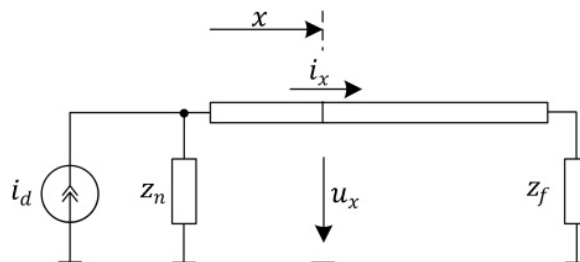


Рис. 4. Универсальная расчетная схема электрической сети. Сопротивления z_n и z_f – эквивалентные сопротивления левой и правой частей схемы соответственно

Очевидно, что коммутационные перенапряжения в цикле АПВ вызываются свободными составляющими переходного процесса. Поэтому при анализе перенапряжений представляют интерес именно эти составляющие. Для расчета используется операторный метод с представлением электрических величин в виде совокупности принужденной и свободных составляющих. Расчетные выражения для изображений токов и напряжений в произвольной точке линии будут следующими:

$$U(p, x) = I_d(p) z_n \frac{z_f \operatorname{ch} \gamma(l-x) + z_w \operatorname{sh} \gamma(l-x)}{D(p)}, \quad (2)$$

$$I(p, x) = I_d(p) z_n \frac{\operatorname{ch} \gamma(l-x) + \frac{z_f}{z_w} \operatorname{sh} \gamma(l-x)}{D(p)},$$

$$D(p) = (z_n + z_f) \operatorname{ch} \gamma l + \left(z_w \frac{z_n z_f}{z_w} \right) \operatorname{sh} \gamma l.$$

Здесь $\gamma = \sqrt{(R_0 + pL_0)(G_0 + pC_0)}$ – постоянная распространения волны, $z_w = \sqrt{\frac{R_0 + pL_0}{G_0 + pC_0}}$ – волновое сопротивление, R_0 , L_0 , G_0 и C_0 – удельные активное сопротивление, индуктивность, активная проводимость и емкость соответственно, l – длина ЛЭП, x – координата точки наблюдения, отсчитываемая от начала линии.

Параметры универсальной расчетной схемы для каждого режима в цикле АПВ приведены в табл. 1.

Верификация метода

Верификация предлагаемого метода произведена на примере расчета переходного процесса в линии электропередачи длиной $l = 500$ км с удельными параметрами $R_0 = 0,0296$ Ом/км, $L_0 = 0,980$ мГн/км, $C_0 = 11,6$ нФ/км, оснащенной двумя реакторами, индуктивность которых равна

$$L_{sr1} = L_{sr2} = \frac{2}{k_c l \omega^2 C_0},$$

коэффициент компенсации зарядной мощности $k_c = 0,75$. Энергосистемы слева и справа представлены источниками ЭДС ам-

плитудой $E_1 = E_1 = 1$ о.е. с внутренней индуктивностью $L_{s1} = L_{s2} = 0,064$ Гн. Угол передачи был принят равным 0, что соответствует наихудшим условиям с точки зрения перенапряжений.

Таблица 1

| Режим | Параметры элементов универсальной расчетной схемы | | |
|------------------|---|--|--|
| | I_d | z_n | z_f |
| Исх., действ. S1 | $\frac{E_{s1,add3}}{pL_{s1}}$ | $p \frac{L_{s1}L_{sr1}}{L_{s1} + L_{sr1}}$ | $p \frac{L_{sr2}L_{s2}}{L_{sr2} + L_{s2}}$ |
| Исх., действ. S2 | $\frac{E_{s2,add4}}{pL_{s2}}$ | $p \frac{L_{s2}L_{sr2}}{L_{s2} + L_{sr2}}$ | $p \frac{L_{s1}L_{sr1}}{L_{s1} + L_{sr1}}$ |
| Доп. №1 | $-I_{Q1,add1}$ | pL_{sr1} | $p \frac{L_{sr2}L_{s2}}{L_{sr2} + L_{s2}}$ |
| Доп. №2 | $I_{Q2,add2}$ | pL_{sr2} | pL_{sr1} |
| Доп. №3 | $\frac{E_{s1,add3}}{pL_{s1}}$ | $p \frac{L_{s1}L_{sr1}}{L_{s1} + L_{sr1}}$ | pL_{sr2} |
| Доп. №4 | $\frac{E_{s2,add4}}{pL_{s2}}$ | $p \frac{L_{s2}L_{sr2}}{L_{s2} + L_{sr2}}$ | $p \frac{L_{s1}L_{sr1}}{L_{s1} + L_{sr1}}$ |

Расчет переходного процесса выполнялся для двух режимов:

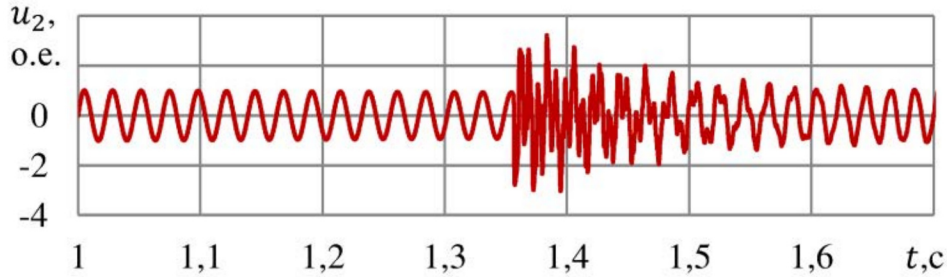
1 – повторное включение линии в момент, когда напряжение на контактах выключателя $Q1$ принимает максимальное значение. Этот режим соответствует наихудшим условиям включения при традиционном АПВ. Уровень перенапряжений в этом случае достигает максимального значения.

2 – повторное включение линии в момент перехода через нуль кривой напряжения на контактах выключателя $Q1$, располагающийся вблизи минимума огибающей этого напряжения. Такие условия включения являются целью интеллектуального АПВ [0].

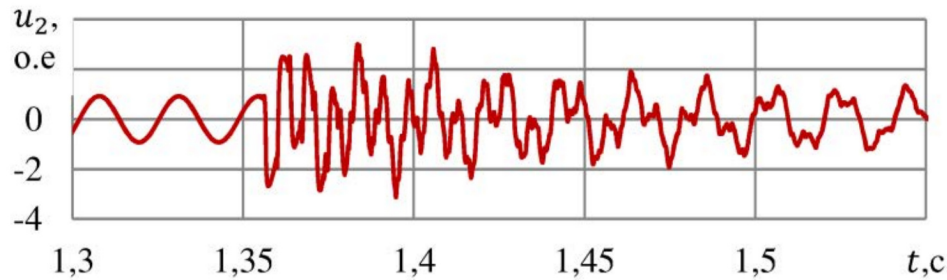
В качестве верифицируемой величины принято напряжение u_2 на противоположном конце линии. Как известно, именно в

конце линии обычно наблюдаются максимальные перенапряжения в цикле АПВ [0].

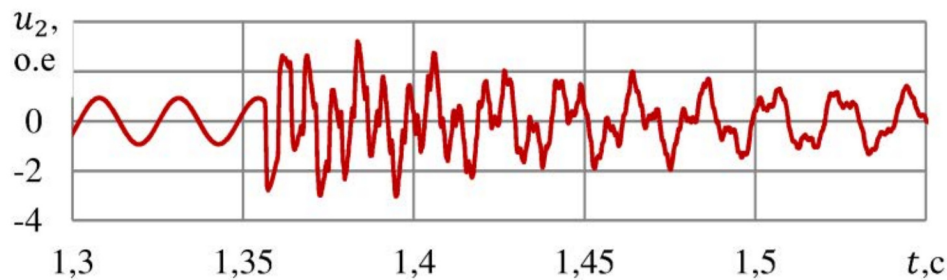
При верификации сравнивались результаты расчета и моделирования электрической сети в среде MATLAB Simulink (рис. 5 и 6 и табл. 2).



a



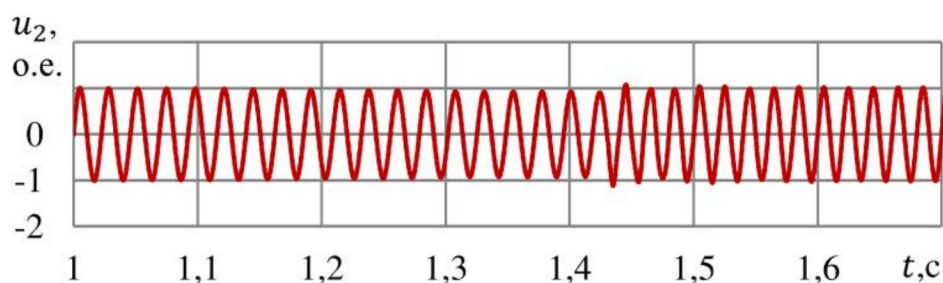
б



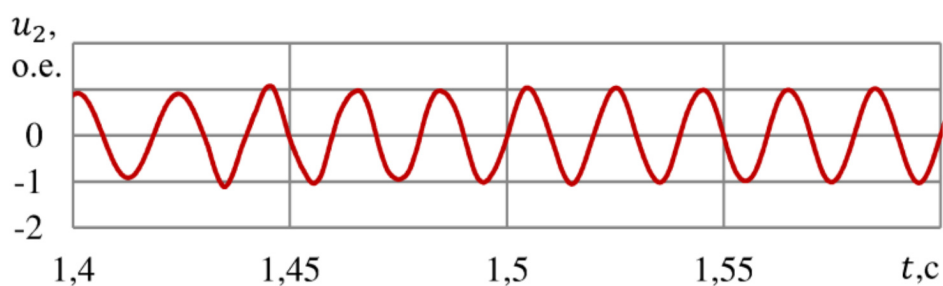
в

Рис. 5. Кривые напряжения u_2 при повторном включении в момент максимума напряжения на контактах выключателя $Q1$: *a* – панорама расчетной кривой напряжения; *б* – отрезок кривой напряжения вблизи момента повторного включения $t_{АПВ}=1,35$ с в увеличенном масштабе времени, полученной в результате расчета; *в* – отрезок кривой напряжения в результате моделирования. Максимальное значение напряжения при АПВ достигает 3,2 о.е. Среднеквадратическая ошибка расчета равна 0,008 о.е.

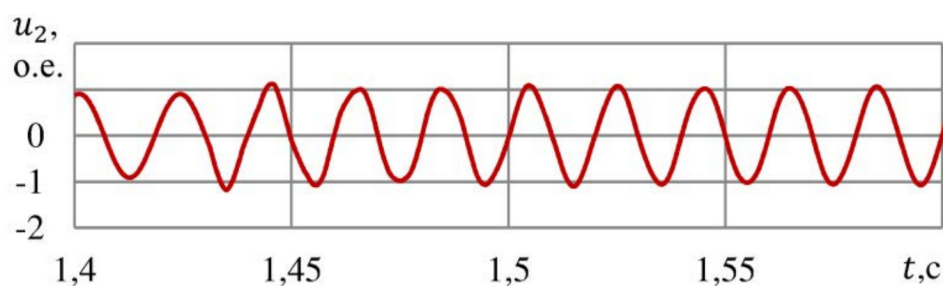
Достоверность предложенного аналитического метода расчета переходных процессов подтверждается практически полным совпадением полученных кривых (значение среднеквадратической ошибки не превышает 0,008 о.е.).



a



б



в

Рис. 6. Кривые напряжения u_2 при повторном включении в момент перехода напряжения на контактах выключателя Q1 через нуль вблизи минимума огибающей этого напряжения: *a* – панорама расчетной кривой напряжения; *б* – отрезок кривой напряжения вблизи момента повторного включения $t_{\text{АПВ}}=1,43$ с в увеличенном масштабе времени, полученной в результате расчета; *в* – отрезок кривой напряжения, полученной в результате моделирования. Максимальное значение напряжения при АПВ не превышает 1,1 о.е. Среднеквадратическая ошибка расчета равна 0,0005 о.е.

Таблица 2

| Частота, Гц | Постоянная времени, с | Начальное значение комплексной амплитуды, о.е. | |
|----------------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| | | при традиционном АПВ (рис. 5) | при интеллектуальном АПВ (рис. 6) |
| 50 | ∞ | $1,01 \angle -93,6^\circ$ | $1,01 \angle 169,2^\circ$ |
| 137,4 | 0,094 | $2,40 \angle 89,2^\circ$ | $0,10 \angle -1,3^\circ$ |
| 399,5 | 0,082 | $0,71 \angle -90,4^\circ$ | $0,01 \angle -163,1^\circ$ |
| 671,8 | 0,076 | $0,36 \angle 89,7^\circ$ | менее 0,01 |
| 951,2 | 0,073 | $0,22 \angle -90,3^\circ$ | |
| 1235,7 | 0,071 | $0,14 \angle 89,8^\circ$ | |

Механизм снижения перенапряжения при интеллектуальном АПВ

Анализ табл. 2 подтверждает, что перенапряжения в цикле АПВ в основном обусловлены свободными составляющими переходного процесса, амплитуда которых при обычном АПВ может в несколько раз превысить амплитуду слагаемой принужденного режима.

Интеллектуальное АПВ позволяет многократно снизить интенсивность переходного процесса, в результате чего амплитуда свободных составляющих не превышает 10 % от амплитуды принужденной составляющей.

Заключение

1. Предложен аналитический метод расчета переходных процессов при АПВ компенсированной ЛЭП СВН. Основу метода составляют принцип наложения и универсальная расчетная схема электрической сети, которая включает в себя все многообразие схем исходного и дополнительных режимов. Разработанная универсальная схема электрической сети позволяет рассчитывать процессы на всех этапах цикла АПВ с использованием единых расчетных формул, что делает расчет легко формализуемым для реализации в вычислительной среде.

2. Разработанный аналитический метод расчета оснащает исследователя мощным инструментом анализа механизмов возникновения перенапряжений при АПВ. Достоверность метода подтверждена сравнением результатов расчета с результатами моделирования.

3. Эффективность метода интеллектуального АПВ обусловлена существенным снижением интенсивности переходного

процесса, что достигается оптимальным выбором момента повторного включения ЛЭП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базуткин, В.В. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов / В. В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь; Под общ. ред. В.П. Ларионова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

2. Maury, E. Synchronous Closing of 525 and 765 kV Circuit Breakers: A Means of Reducing Switching Surges on Unloaded Lines / Maury E. // CIGRE Report No. 143, 1966.

3. Бикфорд Дж. П. Основы теории перенапряжений в электрических сетях: Пер. с англ. / Дж. П. Бикфорд, Н. Мюлине, Дж.Р. Рид – М.: Энергоиздат, 1981.

4. Беляков, Н.Н. Способ ограничения перенапряжений при повторных включениях линий электропередач / Н.Н. Беляков, В.С. Рашкес // Электричество, №2, 1975. С. 22-28.

5. Антонов, В.И. Адаптивный структурный анализ электрических сигналов: теория и ее приложения в интеллектуальной электроэнергетике / В.И. Антонов – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018.

Авторы:

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

Наумов Владимир Александрович, заместитель генерального директора - технический директор ООО НПП «ЭКРА». В 2005 г. защитил во ВНИИЭ кандидатскую диссертацию «Анализ и совершенствование продольных дифференциальных защит генераторов и блоков генератор-трансформатор». E-mail: naumov_va@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2018 г. защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике». E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

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 |
| Атнншкин 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