

ЭНЕРГЕТИК • 8 2010

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-МАССОВЫЙ ЖУРНАЛ

199034, Россия, Санкт-Петербург,
В.О., 13 линия, д. 6-8, лит. А, пом. 41Н
Тел./Факс: (812) 327-21-11, 309-03-56

НАУЧНО
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ
МАРС ЭНЕРГО
ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКИ

Вольтамперфазометр ПЭМ-02 Доступный

Предел тока

1000 А, 10 А

фаза А фаза В фаза С

Энергомонитор 3.3 Многофункциональный

U_Л = 99,908 В
U_С = 113,73 В

I_Л = 7,950 А
I_С = 4,234 А

Токовые «клещи» 10 ÷ 3000 А

Энерготестер ПКЭ Прогрессивный

120,024 118,9232 120,043
А В С С А
380,93 380,66 380,81

Инновационные
приборы России
для Энергоаудита

ЭНЕРГЕТИК

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
ПРОИЗВОДСТВЕННО-МАССОВЫЙ
ЖУРНАЛ

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНЭНЕРГО РОССИИ, ОАО «ФСК ЕЭС»,
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
АССОЦИАЦИЯ «КОРПОРАЦИЯ ЕЭЭК»,
НТФ «ЭНЕРГОПРОГРЕСС»,
ВСЕРОССИЙСКИЙ ЭЛЕКТРОПРОФСОЮЗ,
НП «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕЭС»

№ 8 август 2010 г. Москва, НТФ «Энергопрогресс»

Издаётся с июня 1928 г.

Редакционная коллегия:

А. Ф. ДЬЯКОВ

(главный редактор)

В. Е. АЗЕРНИКОВ
Я. Л. АРЦИШЕВСКИЙ
Б. А. АФАНАСЬЕВ
И. И. БАТЮК
Г. А. БЕЗЧАСТНОВ
Е. И. БОРИСОВ
И. С. ВАРТАЗАРОВ
В. Н. ВАХРУШКИН
Ю. А. ВИНЯРСКАЯ
(зам. главного редактора)

Ю. В. ВИХРЕВ
В. И. ГУЩА
В. Е. ДЕНИСОВ
В. А. ДЖАНГИРОВ
Л. М. ЕРЁМИН
Ю. И. ЖУКОВ
Е. Н. ИВАНОВ
В. Х. ИШКИН
С. Ф. КОСИКОВСКИЙ
В. П. КУЗИЧЕВ
В. М. ЛИПОВСКИХ
В. В. МОЛОДУК
И. А. НОВОЖИЛОВ
Э. М. ПЕРМИНОВ
В. И. РЕШЕТОВ
В. А. РОДИОНОВ
С. Л. СЛЯДНЕВ
Ю. В. ТРОФИМОВ
В. И. ТРЕМБОВЛЯ
(зам. главного редактора)

Ю. В. УСАЧЁВ
М. И. ЧИЧИНСКИЙ
Э. Н. ШАВРОВ
Н. Г. ШУЛЬГИНОВ
В. И. ЭДЕЛЬМАН
Г. А. ЯГИЛЕВА

Журнал включён
в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий ВАК

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23
Телефон (495) 675-19-06; факс (495) 234-74-21
www.energy-journals.ru
E-mail: energetik@mail.ru

Редакторы отделов:

Л. А. Кочетова, Е. В. Ромашко

Худож.-техн. редактор **Т. Ю. Андреева**

Корректор **Е. П. Севостьянова**

Сдано в набор 30.06.2010
Подписано в печать 01.08.2010
Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Печать офсетная.
Печ. л. 6,0. Заказ EN/08-2010
Оригинал-макет выполнен издательством «Фолиум»,
127238, Москва, Дмитровское ш., 58
Отпечатано типографией издательства «Фолиум»,
127238, Москва, Дмитровское ш., 58

Содержание

Баринов В. А., Молодюк В. В., Исамухамедов Я. Ш. Модернизация российской электроэнергетики — ключевая задача отраслевой политики государства	2
АКТУАЛЬНАЯ ТЕМА. Приглашаем к дискуссии! Трачук А. В. «Новая вертикальная интеграция» в реформированной электроэнергетике . . .	6
РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ. Будовский В. П. Оценка балансовой надёжности энергосистемы величиной риска дефицита мощности В порядке обсуждения. Беркович М. М., Кожуховский И. С., Лелюхин Н. В. Развитие методических основ краткосрочного прогноза электропотребления.	9
ТОПЛИВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТРАСЛИ. Алехнович А. Н. Технические характеристики и реакционные свойства окисленных углей	12
УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ. Стельмаков В. Н., Жмуров В. П., Тарасов А. Н., Гринштейн Б. И., Тузлукова Е. В. Фазоповоротные устройства с тиристорным управлением	16
Нудельман Г. С., Оникзова О. А., Линт М. Г. Современные методы моделирования режимов энергосистем с применением программно-аппаратного комплекса RTD	20
РЕЗЕРВЫ НАДЁЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ. Боришанский К. Н., Григорьев Б. Е., Григорьев С. Ю., Наумов А. В. Контроль вибрационного состояния лопаток турбин эксплуатационных условиях как способ повышения надёжности их работы.	23
Коновалов О. А., Подъячев В. Н., Утц Н. Н. Основные технические требования к трансформаторо-реакторному оборудованию в современных условиях.	26
В порядке обсуждения. Ростик Г. В. О некоторых проблемах продления срока службы гидрогенераторов.	29
Информация. Энергетическая сетевая компания возрождает стройотряды.	32
В ПОМОЩЬ ПРОИЗВОДСТВЕННИКУ	35
Долин А. П., Егоров Е. Анализ результатов испытаний жёсткой ошиновки 110 кВ и выше	36
Новые разработки ВТ	40

ЭКОНОМИКА, ИНФОРМАЦИЯ

Вести из НПФЭ. НПФ электроэнергетики — ваш надёжный социальный партнёр	41
Научно-техническое совещание «Нормативно-методическое и технологическое обеспечение воздухоохранной деятельности энергопредприятий»	42
Старовойтенков В. В. Безопасность, надёжность, эффективность в электроэнергетике и энергопотребляющих установках	43
У научно-практическая конференция «Минеральная часть топлива, шлакование, очистка котлов, улавливание и использование золы». 7 — 9 июня 2011 г. Челябинск	45

ОБОРУДОВАНИЕ, УСЛУГИ

Первый непрогораемый	46
Практическое применение новых возможностей тестирования устройств РЗА на основе стандарта МЭК 61850.	47
Кондратьева А. В., Василенко А. О. АИИС КУЭ «Энергомера» — учёт и порядок.	48

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несёт

© НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2010 г.

Анализ результатов испытаний жёсткой ошиновки 110 кВ и выше

ДОЛИН А. П., канд. техн. наук, ЕГОРОВА Л. Е., инженер
ООО НТЦ ЭДС
111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14
apdol@mail.ru

Рассмотрен отечественный опыт производства и внедрения открытых распределительных устройств (ОРУ) с жёсткой ошиновкой. Показаны конструктивные особенности ошиновки различных производителей, в том числе исполнение демпфирующих устройств, шинодержателей, компенсаторов температурных деформаций. Приведены основные условия выбора и методы расчётов жёсткой ошиновки, требования к объёму сертифицированных испытаний, а также результаты экспериментально-аналитических исследований параметров жёсткой ошиновки ОРУ 110 – 500 кВ различного исполнения.

Ключевые слова: жёсткая ошиновка, шинодержатели, токовые компенсаторы, зоповые колебания, ветровой резонанс, ветровая стойкость, ОРУ.

Жёсткая ошиновка всё более широко применяется в ОРУ, а также в закрытых распределительных устройствах (ЗРУ) 110 кВ и выше. Использование жёстких шин позволяет создать компактные и экономичные распределительные устройства (РУ), занимающие меньшую площадь и имеющие более низкое расположение шин и порталов, чем в ОРУ с гибкой ошиновкой. Вследствие этого сокращается длина контрольных и силовых кабелей, дорог; облегчаются очистка изоляторов и ремонт шинных конструкций; улучшается обзор шин и аппаратов. Кроме того, при жёсткой ошиновке снижается трудоёмкость монтажных работ. На основе конструкций с жёсткими шинами созданы модули высокой заводской готовности, в том числе комплексные моду-

ли и комплектные подстанции, позволяющие сократить сроки и стоимость сооружения РУ.

Первые конструкции с жёсткими медными и стальными шинами появились в отечественных ОРУ 110 кВ в 30-х годах XX века. В 1950 – 1960-е годы жёсткая ошиновка из меди и алюминия использовалась в ЗРУ 110 и 150 кВ ТЭЦ и ГЭС. В 1960-е годы в ОРУ 110 кВ транзитных и тупиковых подстанций достаточно широко применялась жёсткая трубчатая ошиновка из алюминиевых сплавов. В 70 – 80-е годы XX века построены ОРУ 110 и 220 кВ с жёсткими шинами по схемам сборных шин. В эти же годы Самарским (Кузбывшевским) заводом «Электроцит» освоено производство комплектных трансформаторных подстанций КТПБ 110 и 220 кВ по упрощённым

схемам и комплектных РУ блочного типа КРУБ 110 кВ для схем электрических соединений со сборными шинами. Кроме того, на ПС Агадырь были сооружены ОРУ 220 и 500 кВ с жёсткой ошиновкой, разработанные институтом «Энергосетьпроект» и ГПО «Союзэлектросетизоляция».

В последние годы ЗАО «Завод электротехнического оборудования» (ЗЭТО), ЗАО «КЭС – Энергострой-Инжиниринг», ЗАО «КТП-Урал», ОАО «Орбита» и другие организации разработали и внедрили ошиновки ОРУ 110 – 500 кВ (рис. 1). Следует отметить, что ряд шинных конструкций во многом повторяют разработки 1960 – 1980-х годов. Вместе с тем имеется положительный опыт использования и внедрения наилучших зарубежных и новых оригинальных отечественных конструктивных решений.

Успешному внедрению новых конструкций способствовали разработка и введение новых нормативных документов [1 – 4], основанных на опыте эксплуатации, проектирования, экспериментальных и аналитических исследованиях [5 – 8]. В стандартах [1 – 4] определены требования к проектированию, выбору, расчётам и испытаниям жёсткой ошиновки ОРУ и ЗРУ 110 – 500 кВ. В частности, жёсткими выполняются сборные шины, а в ряде случаев и внутрирядные связи нижнего яруса. В качестве шин рекомендуется использовать трубы из алюминиевых сплавов 1915, 1915Т, АВ1Т. Изоляторы применяются как фарфоровые, так и полимерные.

Важнейший элемент современных шинных конструкций — шинодержатели. В настоящее время разработаны различные варианты крепёжных узлов жёсткой ошиновки. В качестве примера на рис. 2, а представлен шинодержатель типа «скоба», который повторяет конструкцию, разработанную в 60 – 70-х годах XX века. Однако всё шире используются более прогрессивные конструкции — шинодержатели обжимного типа, выполненные из



а)



б)



в)

Рис. 2. Современные шинодержатели:

а — типа «скоба»; б — из сварных элементов; в — литой с рифлёной внутренней поверхностью

сварных элементов (рис. 2, б) или методом литья (рис. 2, в).

Литые шинодержатели, имеющие рифлёную внутреннюю поверхность (см. рис. 2, в), как правило, позволяют (по сравнению с гладкой внутренней поверхностью) увеличивать рассеяние энергии при колебаниях (например, при зоповых вибрациях). Это обеспечивает более эффективное подавление ветровых резонансных колебаний.

Другой важный элемент конструкции — компенсаторы температурных деформаций. Некоторые производители используют устаревшие технические решения (рис. 3, а), где требуется опрессовка гибких связей компенсаторов на монтажной площадке. Аналогичным способом выполняются гибкие ответвления. При этом прессующие зажимы, приваренные к шине на заводе, обуславливают необходимость точной установки шин в соответствии с местом опрессовки.

К сожалению, при небрежном монтаже и транспортировке имели место поломки этих узлов, повлекшие за собой выполнение сварочных работ на месте монтажа. Следует отметить, что сварка в полевых условиях практически всегда приводит к ослаблению прочности узлов и, как следствие, снижению надёжности конструкции. Более современные элементы — это компенсаторы, показанные на рис. 3, б, и ответвления (рис. 4), устанавливаемые с помощью устройств обжимного типа. Изделия

имеют полную заводскую готовность и монтируются с использованием болтовых соединений.

Жёсткая ошиновка ОРУ 110 кВ и выше отвечает нормативным требованиям и удовлетворяет условиям эксплуатации надёжности, если выполнена проверка (испытания и расчёты), в том числе:

шин по допустимым прогибам от собственной массы (включая ответвления), а в ОРУ, кроме того, от массы гололёда;

изоляционных расстояний с учётом отклонений шин и опорных изоляторов при ветровых нагрузках (в ОРУ) и после воздействия токов КЗ;

ошиновки по условиям короны и радиопомех;

шин, шинодержателей и компенсаторов по допустимым температурным удлинениям;

жёсткой ошиновки по нагреву в рабочих режимах. При этом в ОРУ с учётом солнечной радиации, а также вынужденного (при ветре) или свободного-вынужденного (при штиле) конвективного теплообмена;

термической стойкости шин; электродинамической стойкости изоляторов и шин, включая оценки при неуспешных АГВ;

ветровой стойкости ошиновки ОРУ с учётом пульсирующей (переменной) составляющей ветровой нагрузки;

эффективности отстройки шин ОРУ от ветровых резонансов; стойкости (прочности) изоляторов и шин при различных сочетаниях внеш-

них нагрузок (ветровых, гололёдных и электродинамических) с учётом собственной массы и массы ответвления, а также прочности заделки проводов, стойкости к воздействию климатических факторов внешней среды и пр.

Следует отметить, что все конструкции жёсткой ошиновки должны подвергаться перечисленным выше испытаниям и отвечать нормативным требованиям. В частности, на электродинамическую стойкость необходимо испытывать трёхпролётные шинные конструкции (допускается испытание и двухпролётных). При этом контрольными являются изоляторы, установленные в середине опытной конструкции. Испытания на электродинамическую стойкость однопролётных конструкций не проводятся.

Испытания на ветровую стойкость, а также проверку на эффективность отстройки от ветровых резонансов выполнять затруднительно, поэтому предложен и эффективно реализован экспериментально-аналитический метод. В соответствии с последним осуществляются испытания и экспериментальное определение логарифмических декрементов затухания в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также определение жёсткости изоляционных опор. Далее рассчитываются прогибы, напряжения в материале шин, нагрузки на изоляторы, и полученные результаты сопоставляются с допустимыми значениями.



а)



б)

Рис. 1. Современные ОРУ с жёсткой ошиновкой: а — с использованием ЗЭТО 330 кВ производства ЗАО «Энергострой-Инжиниринг» (б) — с использованием ЗЭТО 330 кВ производства ЗАО «КЭС – Энергострой-Инжиниринг» (б)

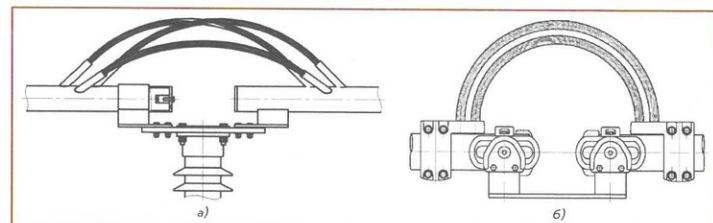


Рис. 3. Компенсаторы температурных деформаций: а — с использованием прессирующих зажимов; б — узел крепления шины обжимного типа



Рис. 4. Крепёжный узел ответвления

Рассмотрим некоторые условия выбора и методики расчёта жёсткой ошиновки.

Проверка статического прогиба шин. Наибольший прогиб шин от собственной массы и массы ответвлений $U_{ст. макс}$ не должен превышать допустимый статический прогиб $U_{ст. доп} = l_0/100$, что выражается следующим условием:

$$U_{ст. макс} \leq U_{ст. доп} \quad (1)$$

где $U_{ст. доп} = l_0/100$ или с учётом гололеда $U_{ст. доп} = l_0/80$ (l_0 — длина шины между опорами (шюнодержателями) [2–4]).

Проверка отстройки от устойчивых ветровых резонансных колебаний. Ошиновка ОРУ не должна подвергаться устойчивым ветровым резонансным колебаниям, которые возбуждаются периодическими срывами вихрей при скорости ветра в пределах

$$K_1 V_s \leq V \leq K_2 V_s \quad (2)$$

где $V_s = df_{1v}/Sh$ — струхалевская скорость ветра, м/с; $Sh \approx 0,2$ — число Струхалея; f_{1v} — первая частота собственных колебаний шины в вертикальной плоскости, Гц; K_1, K_2 — коэффициенты, определяющие пределы скоростей ветра при устойчивых ветровых резонансных колебаниях, примерно равные соответственно 0,7–1,0 и 1,0–1,3.

Устойчивые резонансные колебания не возбуждаются, если наибольший (расчётный) прогиб шин $U_{ст. макс}$ при вихревых возбуждениях не достигает критических (допустимых) значений $U_{р. доп}$, т.е. выполняется условие

$$U_{р. макс} \leq U_{р. доп} \quad (3)$$

Допустимый прогиб при вихревых возбуждениях находится в пределах 0,02–0,1 диаметра шины D , а наибольший прогиб зависит от коэффициента подъёмной силы, жёсткости и декремента затухания шины при колебаниях в вертикальной плоскости.

Как показывают исследования и опыт эксплуатации, резонансная скорость ветра невелика и составляет около 2–3 м/с. Напряжения в мате-

риале шины и нагрузки на изоляторы в этом режиме обычно существенно меньше допустимых значений. Однако продолжительность ветровых резонансных колебаний может быть длительной (несколько часов), что оказывает отрицательное психологическое воздействие на персонал ОРУ, а также может приводить к ослаблению болтовых соединений и усталостным повреждением элементов конструкций.

Наиболее простой метод борьбы с ветровыми резонансными колебаниями — прокладка внутри трубчатых шин проводов (или тросов), металлических стержней, а также использование шюнодержателей специальной конструкции. Однако для длиннопольных шин ОРУ 330 кВ и выше эти мероприятия часто оказываются недостаточными для подавления зловых вибраций. В этих случаях приходится применять специальные демпфирующие устройства.

Расчёт электродинамической стойкости при неуспешных АПВ. В системах с быстродействующими АПВ расчёт электродинамической стойкости следует проводить во время повторных включений на КЗ. При этом необходимо учитывать рассеяние энергии в процессе колебаний шинных конструкций, частоту собственных колебаний, время бестоковой паузы и другие факторы. Инженерные оценки максимальной расчётной нагрузки на изоляторы R_{max} и максимального расчётного напряжения в материале шин σ_{max} при неуспешных АПВ проводятся при наиболее неблагоприятных (по условиям электродинамической стойкости) углах включения и отключения тока КЗ.

Вместе с тем наибольшие напряжения в шине, нагрузки на изоляторы, а также прогибы конструкций при повторных включениях на КЗ не превышают соответствующих значений при первом КЗ, если продолжительность бестоковой паузы (БП), с, составляет:

$$t_{БП} \geq \frac{2,3}{f_0 \delta_x} \quad (4)$$

где f_1, δ_x — соответственно частота собственных колебаний и декремент затухания, Гц, в горизонтальной плоскости.

Если условие (4) не выполняется, проводится расчёт параметров R_{max} и σ_{max} согласно требованиям [1, 4]. Шинные конструкции отвечают условиям стойкости (прочности) при соблюдении следующих неравенств:

$$R_{max} \leq R_{доп}, \quad \sigma_{max} \leq \sigma_{доп} \quad (5)$$

где $R_{max}, R_{доп}$ — максимальная расчётная и допустимая нагрузки на изолято-

ры; σ_{max} и $\sigma_{доп}$ — максимальное расчётное и допустимое напряжения в материале шин.

Для шин со сварными соединениями, помимо условий (4) и (5), должно выполняться неравенство

$$\sigma_{max, св} \leq \sigma_{доп, св} \quad (6)$$

где $\sigma_{max, св}$ — максимальное расчётное напряжение в области сварного шва шины; $\sigma_{доп, св}$ — допустимое напряжение с учётом снижения прочности после сварки, равное $0,7\sigma_{св}$ (временного сопротивления материала шины в зоне сварного шва).

Расчёт шин на ветровую стойкость. Здесь учитываются как статическая (неизменная во времени) V , так и динамическая (пульсирующая) $v(f)$ составляющие скорости ветра:

$$V = \bar{V} + v(f). \quad (7)$$

Динамические составляющие скорости ветра и, следовательно, ветровой нагрузки рассматриваются как стационарные случайные процессы [8]. В результате расчёта наибольшую нагрузку на опору и напряжение в шине можно представить в следующем виде:

$$R_{max, в} = q_{ст, в} l \eta_v; \quad \sigma_{max, в} = \frac{q_{ст, в} l^2}{\lambda W} \eta_{\lambda} \quad (8)$$

где $q_{ст, в} = 0,5 \rho_a c_x D V_0^2$ — статическая составляющая ветровой нагрузки, Н/м (ρ_a — плотность воздуха, кг/м³; D — внешний диаметр шины, м; c_x — коэффициент лобового сопротивления шины; V_0 — нормативная скорость ветра на высоте шины, м/с; l — длина пролёта шины; η_{λ} — динамический коэффициент ветровой нагрузки, зависящий от частоты собственных колебаний и декремента затухания ошиновки, а также от скорости ветра [4]; λ — параметр, зависящий от условия опирания шин на изоляторы (опоры) пролёта, а также от числа опор; W — момент сопротивления поперечного сечения шины, м³.

Расчёт изоляторов и шин на прочность при сочетании нагрузок. Этот расчёт при сочетании ветровых q_v гололёдных q_l и электродинамических q_e нагрузок, а также нагрузок от собственной массы и массы ответвлений q_m проводится при следующем результирующем воздействии (в векторной форме):

$$\bar{q}_r = \gamma_1 \bar{q}_v + \gamma_2 \bar{q}_l + \gamma_3 \bar{q}_e + \bar{q}_m \quad (9)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ — коэффициенты, принимаемые в соответствии с рекомендациями [4, 9] и другими документами.

Номинальное напряжение U , кВ	Внешний (внутренний) диаметр шины D (с), мм	Длина пролёта l , м	Шюнодержатель	Демпфер	Декремент затухания, Гц, в вертикальной плоскости δ_y	Декремент затухания, Гц, в горизонтальной плоскости δ_x	Соответствие требованиям			
110	80 (60)	9	Литой обжимного типа	Стержень	0,042	0,073	+	+	+	—
110	100 (90)	9	Сварной обжимного типа «Исполнение 1»	Провод А185	0,045	0,495	+	—	—	—
			Сварной обжимного типа «Исполнение 2»	Пруток	0,036	0,209	+	—	—	—
				—	0,078	0,193	+	+	+	+
220	120 (112)	15,4	Литой обжимного типа	Провод АС-150/34	0,080	0,230	—	Нет	Нет	Нет
220	160 (150)	15,4	То же	Провод АС-500/26	0,150	0,314	+	+	+	+
330	220 (212)	17,1	—	Четыре провода	0,032	0,534	+	+	—	—
500	220 (212)	17,1	—	Четыре провода АС-500/27 и демпфер производства ЗАО ЗСТО	0,124	0,362	+	+	+	+
500	220 (210)	19	—	Провод АС 630/43,6	0,068	0,445	+	—	—	—
500	220 (204)	19	—	Провод АС 630/43,6	0,060	0,400	+	—	—	+

Примечания: 1. В таблице приведены позиции, означающие: 1 — допустимые прогибы от силы тяжести ошиновки, а также при сочетании силы тяжести ошиновки и гололеда; 2 — отстройка жёсткой ошиновки от ветровых резонансов; 3 — электродинамическая стойкость ошиновки при неуспешных АПВ; 4 — стойкость (прочность) ошиновки при сочетании нагрузок. 2. Обозначения «+» и «—» указывают на соответствие требованиям или на их невыполнение.

Изоляторы и шины ОРУ должны рассчитываться на прочность при следующих сочетаниях внешних нагрузок:

сила тяжести ошиновки, нормативная гололедная нагрузка и ветровая нагрузка при нормативной скорости ветра;

сила тяжести ошиновки, ветровая нагрузка при нормативной скорости ветра и электродинамическая нагрузка (без учёта АПВ), равная 65 % максимального расчётного значения (т.е. при токе КЗ, равном 80 % максимуму);

сила тяжести ошиновки, максимальная электродинамическая нагрузка (без учёта АПВ) и ветровая нагрузка, равная 60 % нормативного значения;

сила тяжести ошиновки и электродинамическая нагрузка при максимальном расчётном токе КЗ, в том числе при неуспешных АПВ (повторных включениях на КЗ).

Испытания и расчёты шинных конструкций позволили определить влияющие конструктивных факторов на логарифмический декремент затухания и, как следствие, на эффективность отстройки от ветровых резонансов и на электродинамическую стойкость при неуспешных АПВ. Было исследовано влияние узлов крепления и различных типов демпферов жёсткой ошиновки 110–500 кВ на ветровую резонанс, ветровую стойкость и другие параметры. Результаты некоторых испытаний и расчётов опытно-экспериментальных конструкций с жёсткой оши-

новкой ОРУ 110–500 кВ заводского изготовления, а также их опытных образцов приведены в таблице.

Из таблицы следует, что логарифмический декремент затухания в значительной степени зависит от типа демпфирующего устройства, а также в ряде случаев — от типа шюнодержателей.

Выводы

1. Увеличение рассеяния энергии за счёт изменения конструкций шюнодержателей и применения более эффективных демпфирующих устройств — наиболее эффективный способ отстройки от устойчивых ветровых резонансных колебаний.

2. В ряде случаев определяющим для выбора прочности изоляторов является условие электродинамической стойкости при неуспешных АПВ.

3. Электродинамическая стойкость при повторных включениях на КЗ определяется при наиболее неблагоприятных условиях, в том числе длительности КЗ и угле включения тока КЗ [1, 4]. Учёт реальной продолжительности КЗ для РУ с современными элегазовыми выключателями позволяет снизить расчётные значения наибольших нагрузок на изоляторы и напряжений в материале шин, а также обосновать использование более экономичных решений без снижения требований надёжности к ошиновке.

4. Надёжность жёсткой ошиновки обеспечивается качеством её изготов-

ления и монтажа, а также строгим выполнением требований нормативных документов [1–4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ Р 50736–2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта электродинамической и термической действия тока КЗ. 1994.
- СТО 56947007-29.060.10.008–2009 «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ». — М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2009.
- СТО 56947007-29.060.10.005–2008. Руководящий документ по проектированию жёсткой ошиновки ОРУ 110–500 кВ. — М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2008.
- СТО 56947007-29.060.10.006–2008. Методические указания по расчёту и испытаниям жёсткой ошиновки ОРУ 110–500 кВ. — М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2008.
- Долин А. П., Шонгин Г. Ф. Открытые распределительные устройства с жёсткой ошиновкой. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
- Кудрявцев Е. П., Долин А. П. Расчёт жёсткой ошиновки распределительных устройств. — М.: Энергия, 1981.
- Долин А. П., Кудрявцев Е. П., Козинова М. А. Расчёт электродинамической стойкости и других параметров жёсткой ошиновки ОРУ высоких и сверхвысоких напряжений // Электрические станции. 2005. № 4. С. 49–53.
- Долин А. П. Исследование стойкости жёсткой ошиновки при ветровых нагрузках // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. 1990. № 4. С. 57–66.

Поправка

В журнале «Энергетик» № 7 за 2010 год на странице 5 в адресе автора статьи Ростика Г. В. указана улица «Кондратьевский проезд».

Следует читать: Кондратьевский проспект.

Новый подход к защите от всех термических рисков в процессе сварки.



Костюм предназначен для
2-го и 3-го класса защиты
по ГОСТ Р 12.4.247-2008.

Костюм способен противостоять
брызгам расплавленного металла
в течение всего срока службы
и обеспечивает:

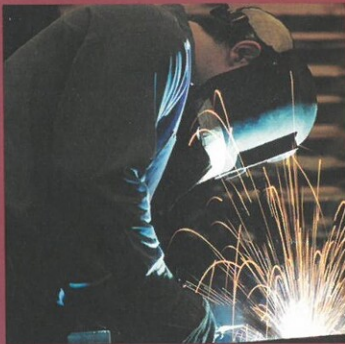
- комфорт;
- эргономику;
- защиту от искр и
брызг расплавленного металла.

Подробнее читайте на стр. 46

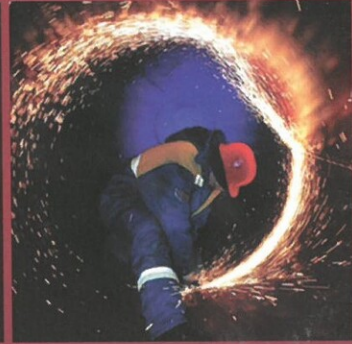
Первый непрогораемый костюм сварщика



I класс защиты



II класс защиты



III класс защиты

119002, Москва, Карманицкий пер., д. 9
Тел.: (495) 956-04-18/19 Факс: (495) 502-95-30
termolux@energocontract.ru
www.energocontract.ru

ЭНЕРГОКОНТРАК