

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Обоснование вибропрочности
трубопроводов АЭС

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Излучение газовых объёмов
и расчёты факела в топках

Разработка и исследование технологии
пуска твёрдотопливного
котла Е-240-13,8-560 АО "ЗиО"

ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Краткосрочное прогнозирование
электропотребления энергосистем России

Расчёт допустимого тока короткого замыкания
для защищённых проводов воздушных ЛЭП

Термическая стойкость воздушных
линий электропередачи в условиях роста
уровней токов коротких замыканий

ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Особенности измерений сопротивления
обмоток постоянному току
силовых трансформаторов

Оценка ресурса длительно работающих
литых деталей из хромомolibденованадиевой
стали по микрповреждённости

Особенности технологии сварки хромистых
жаропрочных сталей Т91/Р91

ХРОНИКА

Новости электротехнических и
электроэнергетических компаний

В РОССИЙСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ
КОМИТЕТЕ СИГРЭ

СИГРЭ. Исследовательский комитет ВЗ
Подстанции

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ISSN 0201-4564

2018 4



$$K_{\text{ап}} = 1 + \frac{T_a}{t_{\text{кз}}} \quad (13)$$

Кривая зависимости коэффициента $K_{\text{ап}}$ от времени отключения КЗ приведена на рис. 2. Анализ зависимости показывает, что учёт апериодической составляющей особенно важен при малом времени отключения КЗ. Например, для воздушной ЛЭП напряжением 110 кВ время отключения составляет 0,2 с. В этом случае учёт апериодической составляющей приведёт к снижению допустимых токов, представленных ранее, на 12%.

Выводы

1. Приведена разработанная методика расчёта допустимых односекундных токов КЗ для защищённых проводов воздушных ЛЭП с учётом периодической и апериодической составляющих тока КЗ.

2. Влияние апериодической составляющей наиболее существенно при малых значениях времени отключения КЗ, что приводит к снижению допустимых токов КЗ.

Список литературы

1. Провод с защитной изоляцией для воздушных линий электропередачи на напряжение 110 кВ (СИП-7) [Электронный ресурс]. – (<http://sevcable.ru/catalog/mark?id=1331&categoryId=303>).
2. Ojala, Y. 110 kV Overhead Transmission Line with Covered Conductors [Text]: Proceedings of the 1998 CIGRE Session / Y. Ojala, T. Leskinen, M. Lahtinen, A. Hinkkuri. – CIGRE Study Committee 22, 1998. – Paper 22 / 33 / 36-10. – P. 7.
3. Провода с защитной изоляцией для воздушных линий электропередачи на напряжение 35 кВ марки ПЗВ, ПЗВГ [Электронный ресурс]. – (<http://www.suet-cable.ru/wire/sevcabel/lep/pzv-pzvg.htm>).
4. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта электродинамического и термического действия тока короткого замыкания [Текст]: ГОСТ Р 52736-2007. – Введ. 2007.01.01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 36 с.
5. Провода самонесущие изолированные и защищённые для воздушных линий электропередачи. Общие технические условия [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52373-2005. – (<http://docs.cntd.ru/document/1200041198>).
6. Провод защищённый для воздушных линий электропередачи марок PAS AAA и PAS AAA-WR [Электронный ресурс]. – (http://www.impx.ru/files/tovary/pdf_catalogue/catalogue_124.pdf).

Термическая стойкость воздушных линий электропередачи в условиях роста уровней токов коротких замыканий

- Гусев О. Ю.¹, Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва
- Долин А. П., канд. техн. наук, ООО “НТЦ “Электроинжиниринг, Диагностика и Сервис”, Москва

С начала 2000-х годов в энергосистемах Российской Федерации отмечается рост уровней токов коротких замыканий (КЗ), в том числе в сетях 110 и 220 кВ. Эта проблема особенно актуальна в регионах с высокой плотностью размещения электрических станций и при сравнительно небольших расстояниях между узловыми точками сети. При росте уровня токов КЗ на первый план выходят вопросы термической и электродинамической стойкости электрооборудования, прежде всего отработавшего нормативный срок службы. Рассматриваются вопросы термической стойкости воздушных линий (ВЛ), проводится анализ результатов расчёта нагрева проводов токами КЗ более чем 1000 ВЛ напряжением 35 – 220 кВ, даются рекомендации по обеспечению термической стойкости ВЛ.

Ключевые слова: термическая стойкость, воздушная линия, ток короткого замыкания.

Расчёт ВЛ на термическую стойкость заключается в определении температуры нагрева провода к моменту отключения КЗ ϑ_k и сравнении этой температуры с предельно допустимой температурой нагрева при КЗ $\vartheta_{\text{клоп}}$. Проводник удовлетворяет условию термической стойкости, если выполняется неравенство

$$\vartheta_k \leq \vartheta_{\text{клоп}} \quad (1)$$

Предельно допустимая температура нагрева проводов при КЗ установлена ГОСТ Р 52736 [1], ПУЭ [2] и, например, для алюминиевой части сталеалюминиевых проводов равна 200°C.

При расчётах термической стойкости проводов обычно исходят из следующих допущений: процесс нагрева проводов считают адиабатическим при КЗ продолжительностью менее 1 с, плотность тока и температура принимаются равномерными по сечению алюминиевой части сталеалюминиевых проводов, зависимости теплоёмкости и актив-

¹ Гусев Олег Юрьевич: gusevoy@gmail.com

ного сопротивления материалов проводника от температуры принимаются линейными. Кроме того, для сталеалюминиевых проводов не учитываются теплообмен между стальной и алюминиевой частями провода и магнитные потери в стальном сердечнике.

Расчётная продолжительность КЗ $t_{\text{откл}}$ (в секундах) определяется по формуле:

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{с.з}} + t_{\text{выкл}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{уст}}$ – время формирования сигнала на отключение выключателя (уставка по времени срабатывания релейной защиты), с; $t_{\text{с.з}}$ – собственное время срабатывания релейной защиты, с; $t_{\text{выкл}}$ – полное время отключения выключателя, с.

При наличии устройств автоматического повторного включения (АПВ), согласно [1], учитывается суммарное термическое действие тока КЗ при неуспешном повторном включении, расчётная продолжительность КЗ определяется как сумма длительностей первого и второго КЗ. Снижение температуры проводов в бестоковую паузу, согласно [1], не учитывается.

Расчёт температуры провода к моменту отключения КЗ сводится к решению уравнения теплового баланса при адиабатическом процессе нагрева проводов из однородного материала (алюминиевых, медных и их сплавов) или проводящей алюминиевой части сталеалюминиевых проводов, которое записывается в виде

$$i^2 R_{\vartheta} dt = c_{\vartheta} m d\vartheta, \quad (3)$$

где i – мгновенное значение тока КЗ, А; R_{ϑ} – активное сопротивление провода при температуре ϑ , Ом; c_{ϑ} – удельная теплоёмкость материала при температуре ϑ , Дж/(кг·К); m – масса проводящей части провода, кг.

Приближённо, до температуры нагрева 300 – 400°C, активное сопротивление и удельную теплоёмкость можно представить в виде

$$R_{\vartheta} = R_0(1 + \alpha\vartheta); \quad (4)$$

$$c_{\vartheta} = c_0(1 + \beta\vartheta), \quad (5)$$

где R_0 – сопротивление провода постоянному току при 0°C, Ом; α – температурный коэффициент электрического сопротивления, 1/°C; c_0 – удельная теплоёмкость материала при 0°C, Дж/(кг·°C); β – температурный коэффициент теплоёмкости, 1/°C.

Значения α , c_0 и β для материалов проводов приведены, например, в [3] и составляют: для алюминия $\alpha = 0,00403$, $c_0 = 886$ и $\beta = 0,000534$; для меди $\alpha = 0,00396$, $c_0 = 384$ и $\beta = 0,000271$; для стали $\alpha = 0,00600$, $c_0 = 437$ и $\beta = 0,001076$. Значения сопротивления проводов постоянному току принимаются по данным производителей провода, а при их отсутствии, согласно ГОСТ 839 [4].

Сопротивление проводящей части провода удобно представить как

$$R_0 = \frac{\rho_0 l}{S}, \quad (6)$$

где ρ_0 – удельное электрическое сопротивление проводящей части провода при 0°C, Ом·мм²/м; l – длина провода, м; S – площадь поперечного сечения проводящей части провода, мм².

Масса проводящей части провода (в килограммах)

$$m = \lambda l S, \quad (7)$$

где λ – плотность материала проводящей части провода, кг/(м·мм²).

Для ВЛ с расщеплёнными фазами сечение S принимается равным суммарному сечению проводников фазы.

Если на ВЛ выявлены дефекты, связанные с износом или повреждением проводящей части проводов, то следует увеличить сопротивление проводов прямо пропорционально износу площади поперечного сечения. При отсутствии достоверных данных об износе можно принять, согласно [5], для сталеалюминиевых проводов со сроком эксплуатации более 35 лет площадь поперечного сечения проводящей части провода на 17% меньше номинальной.

Дифференциальное уравнение (3) после преобразований приводится к виду

$$\frac{B_{\kappa}}{S^2} = A(\vartheta_{\kappa}) - A(\vartheta_{\text{н}}), \quad (8)$$

где $B_{\kappa} = \int_0^{t_{\text{откл}}} i^2 dt$ – интеграл Джоуля, определяющий степень термического воздействия тока КЗ, А²·с; ϑ_{κ} и $\vartheta_{\text{н}}$ – конечная и начальная температуры нагрева провода, °C; $A(\vartheta_{\kappa})$ и $A(\vartheta_{\text{н}})$ – значения функции, которая определяется физическими свойствами материала проводящей части провода:

$$A(\vartheta) = \frac{c_0 \lambda l}{\rho_0} \left(\frac{\beta \vartheta}{\alpha} + \frac{\ln(\alpha \vartheta + 1)(\alpha - \beta)}{\alpha^2} \right). \quad (9)$$

Для электрических сетей 35 – 220 кВ расчёт интеграла Джоуля без учёта изменения периодической составляющей тока КЗ проводится по формуле [1]:

$$B_{\kappa} = I_{\text{п0}}^2 \left[t_{\text{откл}} + T_{\text{а}} \left(1 - e^{-\frac{2t_{\text{откл}}}{T_{\text{а}}}} \right) \right], \quad (10)$$

где $I_{\text{п0}}$ – действующее значение периодической составляющей тока КЗ в начальный момент времени в расчётной точке ВЛ, А; $T_{\text{а}}$ – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ, с.

Начальная температура $\vartheta_{\text{н}}$ определяется на основе решения уравнения теплового баланса про-

да в рабочем стационарном режиме, предшествующем КЗ. При этом учитываются нагрев провода рабочими токами, нагрев от солнечной радиации, а также тепловой поток излучения и тепловой поток смешанной (свободновынужденной при штиле и малых скоростях ветра) или только вынужденной (при скоростях ветра более 3 – 5 м/с) конвекции. Решение уравнения теплового баланса для проводов и подобных проводников приводится в [5, 6].

С “запасом” начальную температуру провода можно принять равной длительно допустимой температуре, т.е. 70°C для сталеалюминиевых проводов.

На основе рассмотренного решения выполнено исследование термической стойкости более чем 1000 линий напряжением 35, 110 и 220 кВ. С этой целью подготовлена база данных ВЛ и создана расчётная модель исследуемой сети.

База данных включает в себя следующие параметры: марки проводов ВЛ, год ввода в эксплуатацию и реконструкции ВЛ, длины линий, поперечные схемы ВЛ, типы выключателей, отключающих ВЛ, полное время отключения, время срабатывания основной и резервной защиты.

Модель сети разработана в программном комплексе Nерplan на основе актуальной расчётной схемы сети 35 – 750 кВ. Межсистемные связи в расчётной схеме учтены эквивалентами сетей соседних регионов. С помощью программного комплекса проведён расчёт токов при КЗ в начале и конце всех ВЛ, определены действующие значения периодических составляющих токов одно-, двух- и трёхфазных КЗ, постоянные времени затухания аperiodических составляющих токов КЗ.

Для определения термической стойкости проводов были выбраны наибольшие значения токов КЗ (однофазных или трёхфазных) в первом или последнем пролёте ВЛ при двустороннем питании или в начале линии при одностороннем питании, значения которых внесены в базу данных. При изменении сечения проводов ВЛ расчёты проводились для каждого участка линии. Это обеспечило возможность оценки термической стойкости расчётных (как правило крайних) пролётов.

Разработана программа расчёта конечной температуры нагрева проводов при КЗ, позволяющая проводить расчёты большого количества линий, из базы данных. Выполнены расчёты термической стойкости при однократных КЗ, при неуспешном АПВ, а также в случае работы устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ). Предварительно, для определения начальной температуры провода, разработаны методика и программа расчёта нагрева проводов ВЛ с учётом свободновынужденного конвективного теплообмена, солнечной радиации и других факторов в соответствии с рекомендациями [3]. Вместе с тем, учитывая анализ схемы и режимов работы сети, основной

объём расчётов термической стойкости проводился при начальной температуре, равной длительно допустимой, т.е. 70°C. Для проблемных линий по условиям термической стойкости начальная температура уточнялась с учётом возможной максимальной рабочей нагрузки, наибольшей температуры воздуха и максимальной солнечной радиации.

Анализ базы данных параметров исследуемых ВЛ 220 кВ показал следующее: база данных включает параметры 148 линий; примерно 90% этих линий выполнены сталеалюминиевым проводом 400 мм² (здесь и далее указывается сечение проводящей части провода); наименьшее сечение используемых сталеалюминиевых проводов также 400 мм²; отключение ВЛ выполняют в основном элегазовые выключатели различных типов: ELK-14, ВГБУ-220, 8DN9-6 и др., несколько линий отключаются выключателями У-220. В базу данных вошли 737 ВЛ 110 кВ: более 78% линий выполнены сталеалюминиевым проводом 150 мм², 15% – 120 мм²; одна линия имеет пролёты со сталеалюминиевыми проводами 70 мм²; три линии выполнены целиком или имеют пролёты со сталеалюминиевыми проводами сечением 95 мм²; около трети ВЛ отключаются элегазовыми выключателями различных типов, остальные масляными выключателями: МКП-110М, У-110, ВМТ-110 и др.; многие линии с односторонним питанием на тупиковых подстанциях оборудованы короткозамыкателем. В базу включены параметры 336 ВЛ 35 кВ: почти 37% линий выполнены сталеалюминиевым проводом 70 мм², 29% – 95 мм² и 33% – 120 мм²; на незначительной части этих линий применяется провод сечением 150 мм²; наименьшее сечение используемых сталеалюминиевых проводов 50 мм²; пролёты 45 (13%) линий выполнены проводом такого сечения; отключение линий выполняется масляными и вакуумными выключателями различных типов.

Результаты расчётов токов КЗ подтвердили, что наибольшие токи и, следовательно, наибольшие термические воздействия испытывают ВЛ 110 и 220 кВ, электрически близкие к крупным электростанциям и ПС напряжением 500 и 750 кВ. На линиях 110 кВ, в ряде случаев, ток однофазного КЗ превышает ток трёхфазного КЗ на 10% и менее. Максимальные значения токов КЗ составляют для ВЛ 220 кВ – 57,5 кА, 110 кВ – 44 кА, 35 кВ – 8 кА.

Следует отметить, что токи КЗ у 97,2% линий 110 кВ не превышают 35 кА (составляют не более 80% максимального тока). Примерно 1,5% линий 110 кВ испытывают воздействия токов КЗ в диапазоне 80 – 90% максимального значения и менее 1,3% ВЛ – более высокие значения токов (до 100%).

При расчёте термической стойкости ВЛ продолжительность КЗ определялась согласно выражению (2). Собственное время микропроцессор-

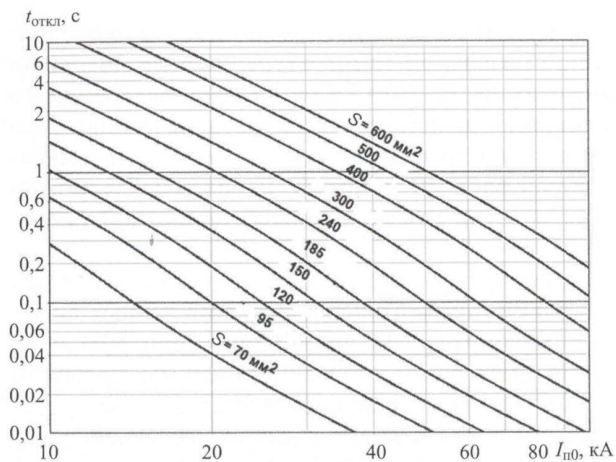


Рис. 1. Максимально возможные продолжительности и токи КЗ по условию термической стойкости сталеалюминиевых проводов

ных защит принималось равным 50 мс. В зависимости от типа выключателя полное время отключения варьировалось в пределах от 35 до 80 мс. Поскольку основная защита всех обследуемых ВЛ была дифференциальной, время уставки в расчётах принималось равным нулю, а в случае работы устройства резервирования отказа выключателя – 0,5 с.

Таким образом, продолжительность КЗ составляет: при нормальной работе защит и выключателей от 85 до 130 мс; при действии АПВ суммарная продолжительность КЗ удваивается и достигает для отдельных линий 260 мс; при действии УРОВ – от 0,585 до 0,63 с.

Были проведены расчёты температуры нагрева проводов при КЗ в начале (а при двустороннем питании и в конце) всех линий при действии основных и резервных защит. Для удобства анализа результатов были также построены номограммы зависимости допустимой продолжительности коротких замыканий от действующего значения периодической составляющей тока КЗ для проводов различных сечений. В качестве примера на рис. 1 изображена номограмма для сталеалюминиевых проводов при постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, равной 0,1 с.

Как видно из приведённой номограммы, для проводов сечением 400 мм^2 (минимальном для ВЛ 220 кВ) при продолжительности КЗ 130 мс (т.е. при успешном АПВ и действии основной защиты) допустимый по условию термической стойкости ток КЗ составляет 72 кА, что превышает максимальное расчётное значение 57,5 кА. Более того, в случае действия УРОВ и продолжительности КЗ, равной 0,585 с, при данном уровне токов КЗ все линии остаются термически стойкими.

Провода ВЛ 110 кВ сечением 70 и 95 мм^2 (даже при успешном АПВ) находятся в зоне риска по условию термической стойкости, так как их допустимые токи соответственно равны 13 и 18 кА, что

значительно меньше максимального расчётного тока КЗ 44 кА. Для наиболее распространённого сечения проводов 120 мм^2 допустимый ток равен 22 кА, что также меньше максимального расчётного значения. Анализ расчётов показал, что более половины линий 110 кВ по условию термической стойкости не имеют значимых запасов и не допускают дальнейшего увеличения токов КЗ.

При повторных включениях на КЗ 58 линий 110 кВ не соответствуют требованиям термической стойкости при повторных включениях со стороны более мощного источника.

Отказ выключателя и работа УРОВ с выдержкой времени 0,5 с, согласно [1], не является расчётным случаем для проверки ВЛ на термическую стойкость. Однако подавляющее большинство линий 110 кВ такую проверку не проходит, и более того расчётные температуры проводов головных пролётов около 100 ВЛ при отказе выключателя и действии УРОВ превышают температуру плавления алюминия 660°C . Целесообразно проводить дополнительную проверку по условию сохранения конструктивной целостности линии при действии резервной релейной защиты. Критерием такой проверки может быть температура горячей обработки алюминия 450°C .

Следует отметить, что при расчётах температуры провода выше $300 - 400^\circ\text{C}$ формулы (4) и (5) недостаточно точны. В частности, при температуре алюминиевого провода, близкой к температуре $600 - 650^\circ\text{C}$, рассчитанное сопротивление по формуле (4) будет занижено примерно на 10%, а теплоёмкость, вычисленная по формуле (5), – на 4%. Для увеличения точности расчётов следует использовать нелинейную аппроксимацию зависимости теплоёмкости и активного сопротивления от температуры. Таким образом, в случае получения расчётной температуры в диапазоне от 400 до 650°C при применении формул (4) и (5) следует учесть, что фактическая температура провода будет превышать расчётную приблизительно на 5%.

Уровень токов КЗ на ВЛ 35 кВ незначительный. Все ВЛ 35 кВ отвечают требованиям термической стойкости как при неуспешных АПВ, так и при действии УРОВ. Таким образом, вопрос термической стойкости проводов ВЛ наиболее актуален для сетей 110 кВ.

Следует отметить, что токи КЗ в начале и конце линии даже при двустороннем питании могут значительно различаться. Температура провода достигает максимальных значений при возникновении КЗ на головных пролётах ВЛ со стороны более мощного источника. На рис. 2 построены графики зависимости максимальной расчётной температуры провода от места возникновения КЗ по длине одной из ВЛ 110 кВ. Максимальная допустимая температура 200°C при неуспешном АПВ будет превышена только при КЗ на первых 30% длины ВЛ (кривая 1). Однако при повторном

включении линии со стороны менее мощного источника при неуспешном АПВ температура проводов не превысит предельно допустимого значения 200°C (кривая 2).

Проведённые исследования показали следующее:

1. В связи с ростом токов КЗ, изменением конфигурации сетей необходимо строгое соблюдение требований стандартов и ПУЭ в части проверки термической стойкости проводов ВЛ, а также шин распределительных устройств, прежде всего, напряжением 110 кВ. Проверку термической стойкости линий со значительным сроком эксплуатации следует проводить с учётом износа проводов.

2. Для ВЛ 35 и 220 кВ условия термической стойкости, как правило, выполняются с достаточным запасом.

3. Все обследованные линии напряжением 110 кВ отвечают условиям термической стойкости при однократном воздействии тока КЗ.

4. При неуспешном АПВ 7,9% из обследованных линий 110 кВ с двусторонним питанием не отвечают требованиям термической стойкости при повторном включении со стороны более мощного источника. Вместе с тем при АПВ со стороны менее мощного источника все ВЛ остаются термически стойкими.

5. Для 0,6% ВЛ напряжением 110 кВ с односторонним питанием расчётный уровень тока КЗ составляет около 90% максимально допустимого по условию термической стойкости при неуспешном АПВ.

6. При действии УРОВ и максимальном расчётном токе КЗ температура проводов значительного числа линий превышает 450°C (т.е. температуру горячей обработки алюминия), а в ряде случаев 650°C (температура плавления алюминия).

Таким образом, кроме обычных для обеспечения термической стойкости ВЛ мер, таких как: ограничение токов КЗ путём деления сети и установкой токоограничивающих реакторов и уменьшение продолжительности КЗ внедрением современных высоковольтных выключателей с наименьшим полным временем отключения, возможны следующие решения:

1) автоматическое повторное включение со стороны ПС с меньшим уровнем токов КЗ для линий с двусторонним питанием;

2) реконструкция ВЛ с увеличением сечения провода на головных участках термически нестой-

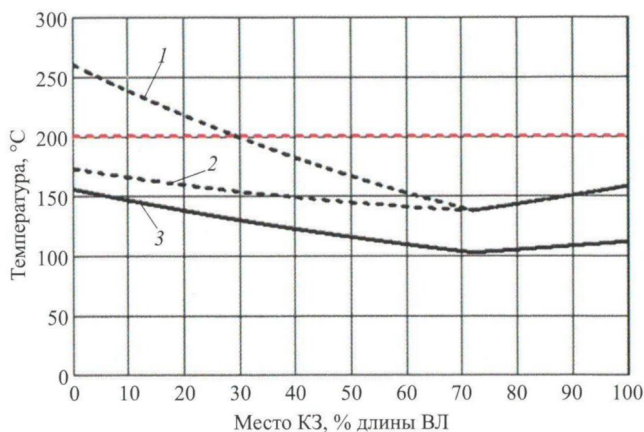


Рис. 2. Максимальная расчётная температура проводов ВЛ 110 кВ с двусторонним питанием в зависимости от места КЗ:

1 – при неуспешном АПВ; 2 – при неуспешном АПВ и повторном включении линии со стороны менее мощного источника; 3 – без АПВ

ких линий; отказ от АПВ или значительное увеличение бестоковой паузы;

3) ограничение нагрузки ВЛ с целью снижения максимальной температуры проводов в нормальном режиме и, следовательно, начальной и конечной температуры при КЗ.

Список литературы

1. *Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта электродинамического и термического действия тока короткого замыкания* [Текст]: ГОСТ Р 52736-2007. Утверждён и введён в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2007 г. № 174-ст.
2. *Правила устройства электроустановок* [Текст]: 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
3. *Методика расчёта предельных токовых нагрузок по условиям сохранения механической прочности проводов и допустимых габаритов воздушных линий* [Текст]: СТО 56947007-29.240.55.143-2013. Утверждён и введён в действие приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 13.02.2013 № 97.
4. *Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия* [Текст]: ГОСТ 839-80. Утверждён и введён в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 июня 1980 г. № 2987.
5. *Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35 – 800 кВ* [Текст]: РД 34.20.504-94. – Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
6. *Левченко, И. И. Нагрузочная способность и мониторинг воздушных линий электропередачи в экстремальных погодных условиях* [Текст] / И. И. Левченко, Е. И. Сацук // *Электричество*. – 2008. – № 4. – С. 2 – 8.