

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

КАРАБАНЬ Н.Г., ПАЦ К.Г.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ДЕРЮГИНА Е.А., к.т.н., доцент

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В СИСТЕМАХ АСКУЭ

МИНЮК А.Г., ГАВРИЕЛОК Ю.В.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – БУЛОЙЧИК Е.В.

ПРИБЛИЖЁННЫЕ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

ПЕРЛИН А.М., СОКОЛОВ В.В.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ДЕРЮГИНА Е.А., к.т.н., доцент

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ПРИМЕНЕНИЮ ОПН И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПЕТРОВА Ю.В.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ПОНОМАРЕНКО Е.Г., к.т.н., доцент

ГЛУБИННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

МИСЮЛЯ Д.А., ДУНЧЕНКО Д.А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ДЕРЮГИНА Е.А., к.т.н., доцент

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГАЗОВ

МОСТЫКО Д.В.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ДЕРЮГИНА Е.А., к.т.н., доцент

АНОДНЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

ПЕТЮК С.В., ДУНЧЕНКО Д.А., СОКОЛОВ В.В.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ДЕРЮГИНА Е.А., к.т.н., доцент

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

СМАЖЕВСКИЙ Д.Л., РАМАНОВИЧ А.А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ДЕРЮГИНА Е.А., к.т.н., доцент

МИКРОПРОЦЕССОРЫ В АВТОМОБИЛЕ

РАМАНОВИЧ А.А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ПОТАЧИЦ Я.В.

ЭЛЕГАЗОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

РАГУНОВИЧ А.Н.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – МАЗУРКЕВИЧ В.Н., к.т.н., доцент

КОМПЬЮТЕР КАК ИСТОЧНИК ПОМЕХ

СЕГЕНЬ Р.Р.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – БУЛОЙЧИК Е.В.

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

СОЛОМОНОВ Н.А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ПОНОМАРЕНКО Е.Г., к.т.н., доцент

РАСЧЕТ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

НОВАК А. В., ЕРОХОВ Е. Л., ФЕОКТИСТОВ А. А.
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – ГЛИНСКИЙ Е. В.

ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 0,4 КВ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Станюш Д.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КЗ

Будников М.В.

Научный руководитель – Гурьянчик О.А., ассистент

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Баран А. А., Козел А. С., Беседа А. С.

Научный руководитель – Булойчик Е. В.

НАКЛОННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК 380/220 В

Спургияш А.Г., Дунченко Д.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

РАСЧЕТЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Бочков А.С., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ЖЕСТКИХ ШИН В ВЕРШИНАХ ПРОИЗВОЛЬНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА

Шпаковский А.А., Баран А.Г.

Научный руководитель – Климкович П.И.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРЯДНИКОВ ДЛЯ ГРОЗОЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 6 – 30 КВ

Чертович А.С.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И УСТРОЙСТВАХ

Шалесный В.А., Раманович А.А.

Научный руководитель – Красько А.С., к.т.н., доцент

РАСЧЕТ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ МИНСКОЙ ТЭЦ-4

Демешкевич Е. В., Чигорский Е. В., Новак А. В., Ерохов Е. Л.

Научный руководитель – Глинский Е. В.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ

Алешкевич Р.К., Шляпик А.А., Климентионюк А.К.

Научный руководитель – Булат В.А., к.т.н., доцент

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Шарафанович Р.Г.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

НАВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Шмыгун О.Я.

Научный руководитель – Мазуркевич В.Н., к.т.н., доцент

ХИМИЧЕСКИЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

Глушко И.И., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Грек Н.О., Раманович А.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

ЗАЩИТА СООРУЖЕНИЙ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

КАТРИЧ А.Е., РАМАНОВИЧ А.А.
Научный руководитель – Климкович П.И.

МЕТАЛЛОКСИДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

АФАНАСЬЕВА Ю.С.
Научный руководитель – Пономаренко Е.Г., к.т.н., доцент

ВИДЫ ПОМЕХ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ В ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

КОРЖЕНКО А.В., ЛУКЬЯНЮК М.С.
Научный руководитель – Бобко Н.Н., доцент

ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

КОВАЛЬ А.А., БАРАН А.Г.
Научный руководитель – Климкович П.И.

АНАЛИЗ ТЕОРИЙ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ

КАТРИЧ А.Е., РАМАНОВИЧ А.А.
Научный руководитель – Булойчик Е.В.

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ЭЛЕКТРОДЫ

ДАВШКО Д.В., ДУНЧЕНКО Д.А., СОКОЛОВ В.В.
Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ РЕЖИМОВ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

ГУЗОВСКАЯ В.Н., БАРАН А.Г., НОВАК А.В.
Научный руководитель – Новаш И.В., к.т.н., доцент

ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

МАРЧУК В.Ю., РАМАНОВИЧ А.А.
Научный руководитель – Пономаренко Е.Г., к.т.н., доцент

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

КУЗУРА В.К.
Научный руководитель – Румянцев В.Ю., к.т.н., доцент

ГРОВОЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ

КОСИК Е.Н.
Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОМЕСТИМОСТЬ ВТОРИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

КОРОЛЁВ Е.Л., ГАВРИЕЛОК Ю.В.
Научный руководитель – Булойчик Е.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЛИННО-ИСКРОВЫХ РАЗРЯДНИКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6–10 КВ

ЕРОФЕЕНКО Т.С., ШПАК Ю.С., ПАШКО Ю.Р., КАТРИЧ А.Е.
Научный руководитель – Красько А.С., к.т.н. доцент

УДК 621.316.3

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

Карабань Н.Г., Пац К.Г.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

На сегодняшний день элегазовый выключатель представляет собой один из наиболее прогрессивных видов высоковольтных выключателей. Он используется с целью защиты и контроля энергосистем, соединения электрических цепей. В данном устройстве изоляционной средой для гашения дуги служит элегаз, известный превосходными дугогасящими свойствами и электрической прочностью. Элегазовые выключатели отличаются надежностью и долговечностью (гарантированный срок эксплуатации достигает 25 лет). В зависимости от модели элегазовый выключатель может устанавливаться в закрытых или открытых распределительных устройствах.

В элегазовых дугогасительных устройствах (ДУ) при гашении дуги истечение газа через сопло происходит в замкнутый объем камеры, заполненный элегазом при небольшом избыточном давлении. По способу гашения дуги в элегазе различают следующие ДУ:

- с системой продольного дутья, в которую предварительно сжатый газ поступает из резервуара с относительно высоким давлением элегаза (ДУ с двумя ступенями давления);

- автокомпрессионные с дутьем в элегазе, создаваемым посредством встроенного компрессионного устройства (ДУ с одной ступенью давления);

- с электромагнитным дутьем, в котором гашение дуги обеспечивается в результате ее перемещения с высокой скоростью в неподвижном элегазе по кольцевым электродам под воздействием радиального магнитного поля, создаваемого отключаемым током (ДУ с электромагнитным дутьем);

- с системой продольного дутья, в котором повышение давления в элегазе происходит при разогреве дугой, вращающейся в специальной камере под воздействием магнитного поля.

В элегазовых выключателях гашение дуги происходит так же, как и в воздушных выключателях, при интенсивном охлаждении дуги потоком газа. Дугогасительная способность элегаза в 4 – 4,5 раза выше, чем воздуха при сопоставимых условиях. Это преимущество объясняется различиями теплофизических свойств элегаза и воздуха. Канал столба дуги в элегазе обладает меньшим теплосодержанием по сравнению с воздухом и высокой способностью элегаза захватывать свободные электроны. В результате количество носителей тока – свободных электронов – в столбе дуги вследствие этого уменьшается, баланс их может стать отрицательным и дуга гаснет. Явление захвата электронов особенно благоприятно сказывается после перехода тока через нуль, вследствие чего элегазовые выключатели мало чувствительны к частоте восстанавливающегося напряжения. Как показали исследования, в элегазе практически до естественного перехода тока через нуль не происходит разрушения канала столба дуги, обладающего высокой проводимостью. Это исключает возможность появления перенапряжений при отключении ненагруженных трансформаторов и линий электропередач. В противоположность этому в воздушных выключателях интенсивными турбулентными процессами столб дуги может разрушаться раньше естественного перехода тока через нуль, что приводит к появлению перенапряжений, для ограничения которых воздушные выключатели снабжаются шунтирующими сопротивлениями.

В настоящее время в зарубежных энергосистемах большинство применяемых выключателей высокого напряжения – элегазовые. К сожалению, в отечественной энергетике выключатели этого типа пока не нашли широкого применения.

Не так давно считалось, что применение элегаз – для напряжения 110 кВ и выше неэффективно. За рубежом думали иначе и разработали элегазовые выключатели нагрузки для распределительных сетей. При этом там руководствовались тем принципом, что на первом месте должна стоять безопасность оборудования, на втором надежность, а уж потом технические характеристики. И элегазовые выключатели этим принципам отвечали. Элегаз на высоком напряжении находится под большим давлением, в больших объемах. На среднем напряжении выключатель находится в небольшой капсуле. Причем избыточное давление в этой капсуле максимум на 0,2 атмосферы превышает нормальное атмосферное давление. Вопреки расхожему мнению, элегаз неопасен для окружающей среды и здоровья человека. Вредны продукты, выделяемые во время горения дуги в элегазе. Сегодня их улавливают специальные ловушки в аппаратах. Потом эти продукты утилизируются на заводах изготовителях элегазового оборудования. Элегазовые выключатели нагрузки, помимо своей безопасности, имеют возможность дистанционного управления, что также очень важно в эксплуатации. В элегазе большее, чем в вакууме, расстояние между контактами и происходит более мягкое отключение, почти такое же, как на маломасляных выключателях.

Таким образом элегазовые выключатели имеют следующие достоинства: пожаро- и взрывобезопасность, быстрота действия, высокая отключающая способность, малый износ дугогасительных контактов, возможность создания серий с унифицированными узлами, пригодность для наружной и внутренней установки. Кроме этого к достоинствам следует отнести:

- использование в соединениях двойных уплотнений, а также применения жидкостного затвора в узле уплотнения подвижного вала. Естественный уровень утечек - не более 0,5% в течение года - подтверждается испытаниями каждого выключателя на заводе-изготовителе по методике, применяемой в космической технике;

- современные технологические и конструкторские решения и применение надежных комплектующих, в том числе высокопрочных изоляторов зарубежных фирм;

- высокая заводская готовность, позволяющая осуществлять простой и быстрый монтаж выключателей и ввод их в работу;

- высокая коррозионная стойкость покрытий, применяемых для стальных конструкций выключателя;

- высокий коммутационный ресурс, заданный для каждого полюса, в 2-3 раза превосходящий коммутационный ресурс лучших зарубежных аналогов (в расчете на каждый полюс), в сочетании с высоким механическим ресурсом, повышенными сроками службы уплотнений и комплектующих обеспечивают при нормальных условиях эксплуатации не менее чем 25-летний срок службы выключателя до первого ремонта;

- возможность отключения токов нагрузки при потере избыточного давления газа в выключателе;

- отключение емкостных токов без повторных пробоев, низкие перенапряжения;

- низкий уровень шума при срабатывании выключателя, соответствующий высоким природоохранным требованиям.

Недостатками являются: необходимость устройств для получения и очистки продуктов сгорания элегаза; высокая стоимость элегаза и выключателя в целом; переход элегаза в жидкое состояние при сравнительно высоких температурах, что определяет дополнительные требования к температурному режиму элегазового оборудования в эксплуатации.

Для работы элегазового оборудования при отрицательной температуре минус 40°C необходимо, чтобы давление элегаза в аппаратах не превышало 0,4 МПа при плотности не более 0,03 г/см³. При повышении давления элегаз будет сжижаться при более высокой температуре. Поэтому для повышения надежности работы электрооборудования при температурах примерно минус 40°C его следует подогревать (например, бак элегазового выключателя во избежание перехода элегаза в жидкое состояние нагревают до плюс 12°C). Дугогасительная способность элегаза при прочих равных условиях в несколько раз больше, чем воздуха.

Проводя сравнение технических и коммутационных характеристик элегазовых выключателей среднего класса напряжения выпускаемых различными фирмами можно сделать следующий вывод: выключатели, выпускаемые фирмой «Мицубиси» (Япония) имеют наиболее предпочтительные характеристики, как по номинальному току, так и по отключающей способности для класса напряжения от 72 кВ до 300 кВ. Номинальные токи этих выключателей достигают величины 4000 А, а ток отключения - 48,1 кА, что выше соответствующих параметров выключателей выпускаемых фирмами «Вестингауз» (США), «Сименс» (Германия) и др. Кроме этого, элегазовые выключатели, несмотря на свою высокую стоимость (в 1,5 раза дороже), по своим техническим характеристикам равноценны вакуумным и в настоящее время составляют им основную конкуренцию.

Литература

1. Элегазовые выключатели распределительных устройств высокого напряжения. [http://www.google.com/Современные элегазовые выключатели](http://www.google.com/Современные_элегазовые_выключатели).

УДК 620.9.002.56

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В СИСТЕМАХ АСКУЭ

Минюк А.Г., Гавриелок Ю.В.

Научный руководитель – Булойчик Е.В.

Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях разработаны в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Разработка нормативных и методических документов для проектирования и эксплуатации объектов электроэнергетики на основе обеспечения электромагнитной совместимости», выполненной Московским энергетическим институтом (МЭИ ТУ) совместно с научно-производственной фирмой ЭЛНАП в период с 2001 по 2002 г. по техническому заданию РАО «ЕЭС России».

Методические указания предназначены для решения актуальной комплексной задачи: определения наиболее неблагоприятной ЭМО, характеризуемой наибольшими, но реально возможными электромагнитными воздействиями в местах расположения аппаратуры АСТУ; проверки электромагнитной совместимости (ЭМС) АСТУ на действующих объектах и в случае необходимости разработки предложений по улучшению ЭМО; разработки требований по классам жесткости испытаний на помехоустойчивость аппаратуры АСТУ, устанавливаемой на объектах.

Методические указания определяют порядок проведения измерений и расчетов, необходимых для получения количественных данных о наибольших значениях электромагнитных воздействий.

Методика определения ЭМО на энергообъекте включает в себя следующие основные этапы: получение исходных данных об энергообъекте для проведения работ; экспериментально-расчетное определение ЭМО на объекте; определение соответствия между уровнями помехоустойчивости устройств АСТУ, установленных на объекте, и ЭМО в местах размещения этих устройств или степени жесткости испытаний на помехоустойчивость устройств, которые будут установлены на объекте.

Для проведения экспериментальных работ создают рабочую программу. По результатам работ составляют технический отчет и оформляют протоколы результатов измерений и расчетов по всем указанным видам электромагнитных воздействий. В протоколах дается сопоставление возможных уровней воздействий на АСТУ с их помехоустойчивостью и заключение об уровне электромагнитной совместимости, а также дополнительные рекомендации по ее обеспечению в случае необходимости.

При имитации электромагнитных воздействий и измерениях на действующих РУ с использованием вынесенных токовых и потенциальных электродов принимают меры по защите от воздействия полного напряжения на заземлителе при стекании с него тока однофазного КЗ на землю.

При подготовке измерительных схем сначала присоединяют провод к вспомогательному электроду (токовому, потенциальному), а затем к соответствующему измерительному прибору.

Определение ЭМО проводят на вновь строящихся объектах при пусконаладочных работах.

При техническом перевооружении действующих объектов определение ЭМО проводят в два этапа: на этапе предпроектных изысканий; при пусконаладочных работах.

По результатам оценки электромагнитной обстановки разрабатываются и осуществляются защитные мероприятия. В зависимости от результатов обследования, они могут включать: оптимизацию заземляющего устройства, обеспечение правильной

прокладки вторичных цепей по условиям электромагнитной совместимости, оптимизацию систем питания, установку стабилизаторов, разделительных трансформаторов и устройств резервирования питания, организация защищенной подсети для устройств связи, АСУ и т. п.

Литература

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.В. Жуков / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003.
2. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем. И.П. Кужекина / Под ред. Б.К. Максимова. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
3. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер. с нем. В.Д. Мазина и С.А. Спектра / Под ред. И.П. Кужекина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1998.
4. Кармашев В.С. Электромагнитная совместимость технических средств: Справочник. – М.: Изд-во Норт, 2001.
5. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
6. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Министерство энергетики РФ. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.
7. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на электрических станциях и подстанциях. СИГРЭ. Рабочая группа 36.04. – 1997.

УДК 620.9.001.5

ПРИБЛИЖЁННЫЕ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Перлин А.М., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Заземляющие устройства (ЗУ) современных объектов энергетики являются сложными инженерными сооружениями. Они должны обеспечивать нормальное функционирование всех систем, включая и цепи управления, измерения, а также безопасность персонала на территории. В процессе проектирования ЗУ точные расчеты производятся с помощью современных программ. Однако важную роль играют также приближенные оценки различных параметров, в первую очередь сопротивления ЗУ.

Сопротивление ЗУ является интегральным параметром системы электродов, образующих ЗУ. Реальные ЗУ имеют сложную структуру и состоят их десятков или сотен элементов. Для расчета сопротивления могут быть использованы различные алгоритмы. Наиболее простым является алгоритм расчета так называемого «эквипотенциального» ЗУ, в котором не учитывается падение напряжения на элементах при протекании тока короткого замыкания. Расчеты показывают, что для получения значения сопротивления ЗУ с погрешностью порядка 10 % необходимо знать параметры грунта на глубину около $4\sqrt{S}$ (S – площадь ЗУ).

В случае «неэквипотенциальных» ЗУ распределение потенциала по сетке ЗУ может целиком определяться параметрами сетки, особенно в случае подстанций мощных электростанций. При оценке возможного уровня погрешности нужно знать, что при расчете токов КЗ *сопротивление заземлителя не учитывается вообще*. В настоящее время во всех программах расчета ЗУ используется метод узловых потенциалов, а каждый элемент ЗУ в схеме замещения представлен своими сопротивлением и индуктивностью. Погрешность расчета напряжений прикосновения связана с погрешностью расчета падения напряжения по сетке ЗУ и, видимо, никак не меньше последней, т. е. 10 %.

Анализ импульсных воздействий на ЗУ производится в основном в связи с решением задач электромагнитной совместимости. Один из основных вопросов – возможность пробоя с сетки ЗУ на вторичные цепи. Но достаточно надежные оценки напряжений перекрытия по поверхности грунта, а также данные об электрической прочности цепей вторичной коммутации отсутствуют. Поэтому погрешность порядка 30 % при расчете импульсных воздействий на ЗУ является вполне удовлетворительной.

Под многослойным грунтом понимается грунт с горизонтальными границами раздела, внутри которых удельное сопротивление грунта в слое постоянно. Электрическое поле в земле в разных областях (в непосредственной близости от заземлителя и на расстояниях значительно больших) изменяется по разным законам. Поэтому определение ρ_z (эквивалентное удельное сопротивление многослойной земли, которое может быть представлено как функция удельного сопротивления верхнего слоя и структуры многослойного грунта) является сложной задачей.

Процесс приведения многослойного грунта к однородному проводится в несколько этапов. Вначале следует максимально упростить структуру грунта и по возможности свести ее к трехслойной, а затем к двухслойной, как это изложено выше. Следующий этап состоит в замене двух нижних слоев с их удельными сопротивлениями на один слой с удельным приведенным сопротивлением. Погрешность приближенного метода, основанного на приведении многослойного грунта к однородному, не превышает 4 %.

Сопротивление заземления – наименее строго нормируемый параметр. Фиксированные значения сопротивлений заземления молниеотводов даны только в ПУЭ. Результаты же численных расчетов по приведённым методам помогают оценить затраты отчуждаемой площади и необходимое количество металла для устройства нормированных заземлителей на стадии проектирования, учитывая свойства как однослойных так и многослойных грунтов.

Литература

1. Колечицкий Е.С. Приближённые оценки сопротивления заземляющих устройств // Вестник Московского энергетического университета. – 2006. – № 4. – С. 58–62.
2. Колечицкий Е.С. Основы расчета заземляющих устройств. – М.: Издательство МЭИ, 2003.
3. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

УДК 621.316(083.13)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ПРИМЕНЕНИЮ ОПН И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Петрова Ю.В.

Научный руководитель – Пономаренко Е.Г., к.т.н., доцент

Данная работа позволяет ознакомиться с основными характеристиками и рекомендациями по подбору ОПН и применением их в энергосистемах переменного и постоянного тока, электрифицированных сетях железных дорог, на предприятиях химической, металлургической, нефтегазовой промышленности, что позволит более эффективно.

Ограничитель широко используется в импульсной технике для формирования и преобразования импульсов, в устройствах радиовещания и многоканальной связи для ограничения уровня сигналов и так далее.

Ограничитель перенапряжений нелинейный (ОПН) является одним из основных элементов системы защиты от перенапряжений, обеспечивающий защиту электрооборудования распределительного устройства подстанций и линий от коммутационных и грозовых перенапряжений.

К основным параметрам ограничителя относятся:

- наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение;
- номинальное напряжение, номинальный разрядный ток, класс пропускной способности;
- уровни остающихся напряжений при коммутационных и грозовых импульсах;
- величина тока срабатывания противозрывного устройства ограничителя;
- длина пути утечки внешней изоляции.

Преимущества ОПН:

- простота конструкции;
- высокая надежность;
- стойкость к внешнему загрязнению изоляционного корпуса;
- способность ограничивать внутренние перенапряжения, большая взрывобезопасность у ограничителей перенапряжения с полимерным корпусом, меньшие габариты и масса, чем у разрядников, могут использоваться в сетях постоянного тока.

Каждый ОПН в соответствии с заказом комплектуется датчиком тока, который является составной частью измерительного устройства для контроля тока проводимости типа УКТ-02.

Основные параметры ограничителя выбирают исходя из назначения, требуемого уровня ограничения перенапряжений, места установки, а также схемы сети и ее параметров (наибольшего рабочего напряжения сети, способа заземления нейтрали, величины емкостного тока замыкания на землю и степени его компенсации, длительности существования однофазного или трехфазного замыкания на землю и так далее).

С технической стороны выбор ОПН сводится к его вольтамперной характеристике – для его безопасной работы в электрической сети ВЛХ поднимают (снижается тепловая стабильность и ток проводимости ОПН, при снижении классификационного напряжения), а с другой, для того чтобы обеспечить координационный интервал для защищаемой изоляции, ВЛХ необходимо снижать.

По назначению ограничители применяют для защиты оборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений.

Места установки и расстояния от ограничителей до защищаемого оборудования должны соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок».

Литература

1. Сайт www.energfolat.ru.
2. Сайт www.elec.ru.

УДК 620.9:621.314

ГЛУБИННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

Мисюля Д.А., Дунченко Д.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Заземлитель представляет собой совокупность соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей и используемых в целях безопасности (защитное заземление), обеспечения нормальной работы электроустановок (рабочее заземление) и отвода в землю токов молнии или ограничения грозовых перенапряжений (заземление молниезащиты).

Глубинные анодные заземлители (ГАЗ) из обсадных труб нашли широкое применение в качестве глубинных заземлений благодаря прогнозируемому сроку службы 20 лет и доступности материалов для изготовления. Изначально ГАЗ разрабатывались в качестве глубинных заземлений для высокоомных грунтов Западной Сибири (типовой проект ЮЖНИИГИПРОГАЗа). Позднее ГАЗ стали использовать при проектировании систем электрохимической защиты (ЭХЗ) на линейной части магистральных трубопроводов и площадочных подземных сооружениях во всех климатических районах.

Использование обычного проката черных металлов для устройства заземления приводит к быстрому (в течение 5–7 лет) возрастанию сопротивления заземлителя из-за непрерывного процесса коррозии стали в грунте. Продукты коррозии имеют рыхлую структуру и увеличенный объем, в 3,5 раза превышающий первоначальный объем самой стали.

Для достижения минимального сопротивления протеканию электрического тока наиболее эффективны плотные и водонасыщенные слои, залегающие преимущественно ниже 10–15-метровых отметок. Поэтому более предпочтительным является применение различного рода глубинных заземлителей. Они создаются промышленным способом и позволяют достичь заданного значения сопротивления при минимальном числе точек погружения, сохраняя это сопротивление стабильным в течение всего срока эксплуатации вне зависимости от сезонных влажностных и температурных колебаний.

Применение глубинных анодных заземлений определяется в первую очередь необходимостью электрохимической защиты подземных металлических сооружений с помощью катодных станций при отсутствии возможности размещения на этом объекте более дешевого подпочвенного анодного заземления.

Основным элементом глубинного анодного заземлителя является электрод-модуль, который отливается из специального малорастворимого сплава. Электрод-модули соединяются в гирлянду, места соединения электрод-модулей герметизируются муфтами поставляющимися в комплекте. Количество модулей, количество соединительных проводов и их длина определяется заказчиком в зависимости от удельного электрического сопротивления грунта в месте монтажа глубинного заземлителя.

Для монтажа заземлителя не требуется специального оборудования, так как он собирается из отдельных модулей по мере опускания в скважину. Монтажные работы выполняются с помощью оборудования, имеющегося на мобильных буровых установках. В ходе сбора информации было выявлено, что заземление – это преднамеренное соединение нетоковедущих элементов оборудования, которые в результате пробоя изоляции могут оказаться под напряжением, с землей.

Литература

1. Сайт <http://www.sk-avesta.ru>.

УДК 620.9:621.314

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГАЗОВ

Мостыко Д.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Метод газовой хроматографии – первый из хроматографических методов, получивших инструментальное обеспечение. К настоящему времени разработаны теория хроматографического процесса и множество хроматографических методов анализа. Среди разнообразных методов анализа хроматография отличается самой высокой степенью информативности благодаря одновременной реализации функций разделения, идентификации и определения. Кроме того, метод используется и для концентрирования.

Разделение смеси не вызывает особых трудностей, если ее компоненты находятся в различных фазах. Оно существенно осложняется, если компоненты смеси образуют одну фазу. В этом случае приходится изменять агрегатное состояние отдельных компонентов (например, добиться их выпадения в осадок), либо применять химические или физические методы разделения. Если в качестве неподвижной фазы взять мелкоизмельченный сорбент и наполнить им трубку (стеклянную или металлическую), а движение подвижной фазы (жидкости или газа) осуществлять за счет перепада давления на концах этой трубки, то последняя будет представлять собой хроматографическую колонку. Применение хроматографического метода не ограничивается лишь разделением и анализом смеси веществ. В последнее время хроматография широко используется и как метод, научного исследования, например, для исследования свойств сложных систем, в частности растворов.

Итак, хроматографией следует называть процесс, основанный на перемещении дискретной зоны вещества вдоль слоя сорбента в потоке подвижной фазы и связанный с многократным повторением сорбционных и десорбционных актов. Хроматографический процесс осуществляется при сорбционном распределении вещества между двумя фазами, одна из которых перемещается относительно другой.

Многообразие вариантов хроматографического метода, возникшее в связи с широким его развитием, вызывает необходимость их классификации. К основным признакам классификации относятся: агрегатное состояние фаз, природа элементарного акта, способ относительного перемещения фаз, способ аппаратного оформления процесса, цель осуществления процесса.

Метод газовой хроматографии является одним из самых современных методов анализа. Его отличительные черты – экспрессность, высокая точность, чувствительность, возможность автоматизации. Степень универсальности и гибкости метода газовой хроматографии во многом определяется существующим техническим уровнем аппаратуры.

Следует отметить, что метод непрерывно развивается и совершенствуется. Расширяются и границы применимости метода в различных областях науки и техники. В химии и нефтехимии это анализ нефти и продуктов ее переработки: анализ смесей газообразных углеводородов; анализ бензина, воска и продуктов их окисления; изучение серосодержащих и азотсодержащих продуктов крекинга; анализ растворителей – спиртов, кетонов, смесей углеводородов; изучение состава природных продуктов. В сельском хозяйстве это анализ гербицидов, пестицидов, удобрений.

Литература

1. Сайт <http://wikipedia.org>.
2. Сайт <http://xumuk.ru>.
3. Сайт <http://hromatograf.ru>.

УДК 621.316.933

АНОДНЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

Петюк С.В., Дунченко Д.А., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Эластомерные электроды анодного заземления (АЗ) представляют собой малорастворимые электроды из электропроводной эластомерной композиции, предназначенные для применения в анодных заземлениях установок катодной защиты металлических и железобетонных сооружений от коррозии, контактирующих с грунтом, речной и морской водой и другими электролитическими средами, а также в контурах защитных заземлений устройств грозозащиты и защиты от высоких напряжений и статического электричества любых промышленных объектов (за исключением пожароопасных и взрывоопасных зон).

Принципиальная конструкция эластомерных электродов АЗ представляет собой линейный цилиндрический электрод, состоящий из одной или двух оболочек из электропроводного эластомера, внутри которого коаксиально вдоль его центральной оси размещен металлический сердечник, выполняющий функцию токопровода. Электропроводный эластомер, являющийся рабочим материалом электродов, состоит из эластомерной матрицы, наполненной углеродными компонентами, обеспечивающими протекание анодного тока. Эластомерная матрица обладает высокой эластичностью, деформационной упругостью, стойкостью к озоновому, кислородному и иным видам старения и воздействию агрессивных сред.

Типы серийно выпускаемых эластомерных электродов АЗ:

- электроды протяженного типа однослойные (ЭЛЭР-2, ЭЛЭР-2.1, ЭЛЭР-5);
- электроды протяженного типа двухслойные (ЭЛЭР-2.1/2);
- электроды модульного типа (ЭЛЭР-3);
- электроды глубинного типа (ЭЛЭР-5ГАЗ).

Условия применения и принцип действия электродов АЗ протяженного типа определяются их конструкцией и характеристиками рабочего материала.

Однослойные электроды АЗ протяженного типа ЭЛЭР-2, ЭЛЭР-2.1, ЭЛЭР-5 имеют одну рабочую оболочку из электропроводного эластомера с заданным в процессе их изготовления постоянным значением удельного объемного электрического сопротивления в диапазоне 0,5–5,0 Ом·м.

Двухслойные электроды АЗ протяженного типа ЭЛЭР-2.1/2 имеют, кроме рабочей оболочки, еще одну эластомерную оболочку, значение удельного объемного электрического сопротивления которой задается в процессе изготовления в диапазоне 50–3000 Ом·м., и может быть переменным по длине и радиусу электрода.

Электроды АЗ модульного типа ЭЛЭР-3 представляют собой заводскую комплектную сборку, состоящую из N – числа заземляющих электродов типа ЭЛЭР-5, длиной L – метров каждый, расположенных на расстоянии $(3–5)L$ друг от друга на магистральном кабеле.

Электрод АЗ глубинного типа ЭЛЭР-5ГАЗ представляет собой электрод ЭЛЭР-5 длиной L , определяемой заказчиком, оснащенный кабелем подключения, узлами изоляции и герметизации, центрирующими кольцами и защитным оголовком. Рабочая оболочка электрода ЭЛЭР-5ГАЗ выполняется из электропроводного эластомера с минимальным удельным объемным электрическим сопротивлением, не превышающим 0,5 Ом·м.

Литература

1. Сайт <http://www.anod-er.ru>.

УДК 621.316(083.13)

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Смажевский Д.Л., Раманович А.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Данная работа позволяет ознакомиться с классификацией зданий и сооружений, некоторыми видами молниезащиты, что позволит более эффективно защищать здания и сооружения от возникнувших прямых ударов молнии.

Классификация по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций распространяется на все виды зданий, сооружений и промышленные коммуникации независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности.

Классификация объектов определяется по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения. Удары молнии могут быть особо опасны для информационных систем, систем управления, контроля и электроснабжения. Для электронных устройств, установленных в объектах разного назначения, требуется специальная защита.

Параметры токов молнии необходимы для расчета механических и термических воздействий, а также для нормирования средств защиты от электромагнитных воздействий. Для каждого уровня молниезащиты должны быть определены предельно допустимые параметры тока молнии. Кроме механических и термических воздействий ток молнии создает мощные импульсы электромагнитного излучения, которые могут быть причиной повреждения систем, включающих оборудование связи, управления, автоматики, вычислительные и информационные устройства и т. п. Эти сложные и дорогостоящие системы используются во многих отраслях производства и бизнеса. Их повреждение в результате удара молнии крайне нежелательно по соображениям безопасности, а также по экономическим соображениям. Значения расчетных параметров для защищенности при соотношении 10 % к 90 % между долями положительных и отрицательных разрядов.

Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии (внешняя молниезащитная система – МЗС) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС).

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. В случае специального изготовления их материал и сечения должны удовлетворять специальным требованиям. Молниеприемники могут быть специально установленными, в том числе на объекте, либо их функции выполняют конструктивные элементы защищаемого объекта; в последнем случае они называются естественными молниеприемниками. Во всех случаях, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель молниезащиты следует совместить с заземлителями электроустановок и средств связи. Если эти заземлители должны быть разделены по каким-либо технологическим соображениям, их следует объединить в общую систему с помощью системы уравнивания потенциалов.

Выбор типа и высоты молниеотводов производится исходя из значений требуемой надежности P_z . Объект считается защищенным, если совокупность всех его молниеотводов обеспечивает надежность защиты не менее P_z . В общем случае выбор молниеотводов должен производиться при помощи соответствующих компьютерных программ, способных вычислять зоны защиты или вероятность прорыва молнии в объект.

Литература

1. Сайт <http://allbest.ru>.

УДК 621.314

МИКРОПРОЦЕССОРЫ В АВТОМОБИЛЕ

Раманович А.А.

Научный руководитель – Потачиц Я.В.

Специализированные процессоры и микроконтроллеры, обеспечивающие техническую реализацию устройств обработки данных и управления, нашли широкое применение в наше время. Одна из наиболее многочисленных областей практического использования микропроцессора - управление автомобильными двигателями. Микропроцессорная система представляет собой функционально законченное изделие, состоящее из одного или нескольких устройств, главным образом микропроцессорных: микропроцессора и/или микроконтроллера [1].

Микропроцессорная система обеспечивает синхронизацию зажигания, измерение количества потребленного топлива и регулицию выхлопных газов, оптимизацию режима зажигания, существенно сокращая расход топлива и значительно уменьшая вредные экологические воздействия. Основная проблема использования микропроцессора в системах управления двигателями связана с необходимостью создания точных, высоконадежных, компактных и дешевых первичных преобразователей массового расхода воздуха, расхода топлива, состава выхлопных газов, числа оборотов двигателя, давления, положения клапана регуляции выхлопных газов и др. В то же время проблема эта настолько важна, что ведущие отечественные и зарубежные компании уже с начала 70-х годов приступили к комплексному решению практических задач. По перспективным планам США, все новые автомобили будут выпускаться с микропроцессорным управлением, а к 1990 г. планировалось установить микропроцессорную систему для управления двигателями на 90% всех автомобилей. Не менее важной практической задачей является также использование микропроцессорной системы в качестве диагностирующих систем при проведении профилактических ремонтов на станциях технического обслуживания и в гаражах пользователей автомобилей. Используя объективное микропроцессорное средство контроля, владелец автомобиля в состоянии самостоятельно провести диагностику и регулирование многих агрегатов и узлов автомобиля [2].

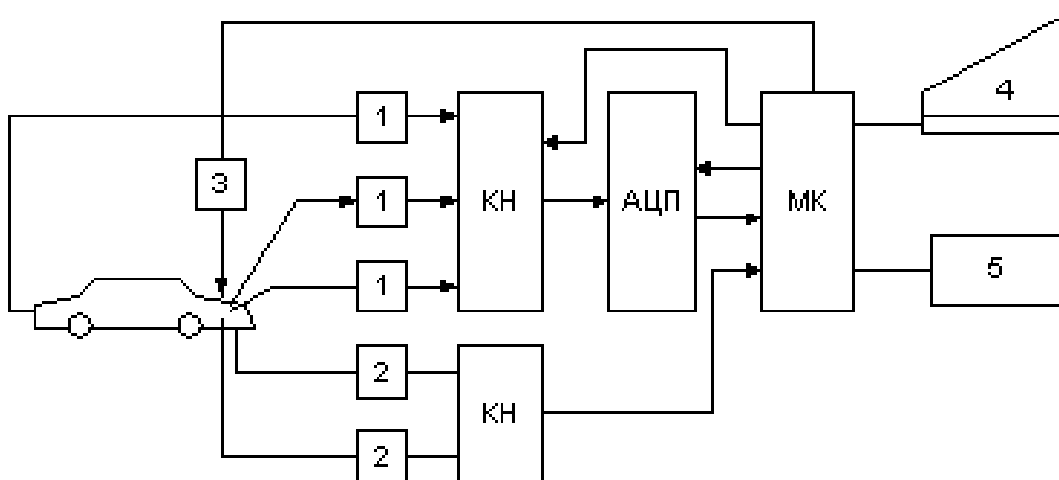


Рисунок 1 Структура микропроцессорной системы диагностики автомобиля.

КН-коммутатор; АЦП-микроконтроллер; МК-память; 1-преобразователи; 2-блок формирования сигналов; 3-исполнительное устройство; 4-дисплей; 5-цифровое печатающее устройство

В процессе диагностики информация о работе двигателя и агрегатов автомобиля преобразуется в первичных преобразователях 1 в электрические аналоговые сигналы и после нормирования поступает на вход коммутатора КН. По инициативе микроконтроллера один из контролируемых каналов подключается ко входу АЦП и в цифровом виде вводится в память МК. Информация с дискретных датчиков информации, пройдя через блок формирования сигналов 2 и коммутатор КН, поступает в память микроконтроллера, минуя АЦП. После обработки полученной информации микроконтроллер вырабатывает управляющие сигналы и через исполнительные устройства 3 производит регулировку агрегатов автомобиля, если такая процедура предусмотрена, или выдает результаты измерений на дисплей 4 и цифropечатающее устройство 5.

Анализ контролируемой информации позволяет сравнить нормативные и измеренные значения, выявить возможные причины неисправностей, выдать на экран дисплея или печать результаты диагностики. Важной характеристикой МС-диагностики автомобилей является объективный характер полученных результатов. Используя микропроцессорные средства для диагностики, можно создать диагностические стенды, чтобы одна и та же микропроцессорная система могла использоваться на различных автомобилях. Отличие систем в основном будет определяться содержанием программ, записанных в ППЗУ, которые и формируют алгоритм диагностики и поиска неисправностей автомобиля [3].

Система впрыска с электронным управлением (EFI - Electronic Fuel Injection) при использовании датчика содержания кислорода в выхлопных газах (λ-зонда) позволяет обеспечить для каждого цилиндра очень стабильное ($\pm 0,5\%$) соблюдение оптимального соотношения по массе подаваемого топлива и засасываемого воздуха (1:14,65 для бензина). Это необходимо как для обеспечения работоспособности каталитического нейтрализатора, так и для достижения наилучшего компромисса между мощностью и экономичностью работы двигателя. Именно поэтому обеспечить на практике длительный срок службы и работоспособность каталитических нейтрализаторов удастся только при использовании микропроцессорной техники.

Самая дешевая система - с центральным впрыском - фактически дает только два существенных преимущества - вибростойкость и отсутствие необходимости в частой регулировке. Наилучшее отношение цена/качество в настоящее время обеспечивают системы распределенного впрыска во впускные патрубки. Системы непосредственного впрыска в бензиновых двигателях пока оправданы только в двигателях с наддувом, так как они позволяют исключить вынос топливовоздушной смеси в выхлопной коллектор при широких фазах газораспределения и абсолютном давлении наддува более $1,5 \text{ кг/см}^2$.

Применение распределенного впрыска дает и другие преимущества перед использованием карбюраторов. Во-первых, это возможность обеспечения высокой стабильности состава горючей смеси в широких пределах температуры и нагрузок двигателя, причем практически независимо от вязкости топлива (пропускная способность жиклеров карбюратора сильно зависит от вязкости топлива). Во-вторых, использование многоточечного впрыска (особенно непосредственного) позволяет не только обеспечить равномерное распределение топлива по цилиндрам, но и исключить необходимость подогревания всасываемого воздуха и впускного коллектора. Во-вторых, использование многоточечного впрыска (особенно непосредственного) позволяет не только обеспечить равномерное распределение топлива по цилиндрам, но и исключить необходимость подогревания всасываемого воздуха и впускного коллектора.

Применение электроники обеспечивает оптимальное управление не только двигателем, но и ходовой частью автомобиля. Во-первых, это хорошо известные антиблокировочные системы, позволяющие в большинстве случаев сохранить

управляемость машины при экстренном торможении, одновременно обеспечивая минимально возможную длину тормозного пути. Во-вторых, близкую к ним функцию выполняют антипробуксовочные системы, которые стали весьма актуальны в связи с распространением переднеприводных автомобилей, у которых при пробуксовке или блокировке ведущих колес теряется управляемость. Поскольку при разгоне автомобиля передние колеса разгружаются (именно поэтому все гоночные и престижные легковые автомобили, которые должны иметь хорошую разгонную динамику, до настоящего времени проектируют с приводом либо на задние ("Daimler-Benz", "BMW"), либо на все колеса ("Audi A8"), для исключения потери управляемости и предотвращения чрезмерного износа шин весьма желательным наличием на переднеприводном автомобиле наряду с антиблокировочной и антипробуксовочной системы.

Определенный вклад в повышение активной безопасности вносит рулевое сервоуправление с переменным коэффициентом передачи и реакцией руля - для обеспечения равного поворота колес на высокой скорости требуется больший угол поворота руля, чем на малой. Иногда дополнительно вводят устройство, предотвращающее срыв колес боковым усилием. Это практически исключает риск заноса при резком повороте на большой скорости. Все эти преимущества, правда, сохраняются лишь до тех пор, пока сервосистема исправно работает [4].

В настоящее время, как правило, используют комплексную систему управления ремнями и подушками безопасности. Датчиком в ней служит одноосный (или двухосный при использовании и боковых подушек) акселерометр, чаще всего полупроводниковый, блок управления с пороговыми устройствами и набор пиропатронов, часть из которых при срабатывании действует на крыльчатки, подтягивающие ремни, а часть - наполняет подушки безопасности. Включение пиропатронов механизма подтяжки ремней обычно устанавливают несколько более ранним, чем момент срабатывания подушек безопасности.

Литература

1. Микропроцессоры и цифровая обработка сигналов / В.В. Мишунин. – Белгород: БелГУ, - 2010. – 210с.
2. Электронное управление автомобильными двигателями / А.Г. Покровский [и др.] под общ. ред. А.Г. Покровский – М. : Машиностроение, 1994. - 336 с.
3. Агеев, С. Микропроцессоры в технике/ С. Агеев // М. Журнал Радио. – 2009. – № 8-9. – С. 49–53.
4. Корнеев, В. В. Современные микропроцессоры/ В.В. Корнеев, А. В. Киселев. - БХВ-Петербург. - 2003. – 448 с.

УДК

ЭЛЕГАЗОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

Рагунович А.Н.

Научный руководитель – Мазуркевич В.Н., к.т.н., доцент

Аппараты предназначены для работы в составе распределительных устройств трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением (6) 10 кВ, с заземленной или изолированной нейтралью.

Все аппараты, независимо от их типа, имеют схожее общее конструктивное устройство. Различия типов аппаратов обусловлены комплектностью аппаратов.

Конструктивно аппараты типов ВНТЭ, и РТЭ представляет собой заполненный элегазом под небольшим избыточным давлением герметичный корпус (масса элегаза SF₆ внутри бочки ~230 гр.), внутри которого размещена все токоведущие части выключателя. Подвижные контакты выключателя нагрузки приводятся в действие пружинно-механическим приводом, расположенным вне корпуса и жестко соединенным с ним болтовыми соединениями. Механическая связь подвижных контактов с приводом осуществляется при помощи вала вращения, пропущенного через герметизирующий узел, расположенный на корпусе аппарата.

Токоведущая часть аппарата представляет собой единую контактную систему, состоящую из неподвижных контактов верхних и нижних выводов, неподвижных контактов заземления и подвижных контактов.

Оперирование аппаратом, в зависимости от его типа, может быть местным и дистанционным. Для исключения ошибочных действий оператора, приводы выключателей нагрузки оборудованы специальными шторками, закрывающими гнезда для вставки рукоятки ручного оперирования при определенных положениях контактов и положении двери (открыто или закрыто). Так же в конструкции приводов выключателей нагрузки предусмотрен встроенный блокиратор двери КСО, не позволяющий открывание двери при разомкнутых заземляющих контактах. Приводы выключателей нагрузки, при необходимости, могут быть оборудованы электромеханическими оперативными блокировками, обеспечивающими функциональную связь с другими коммутационными аппаратами КСО и всего распределительного устройства.

У аппаратов типов ЗРЭ-Н и ЗРЭ-В отсутствует заполненный элегазом корпус с контактной системой. Аппараты представляют собой линейный заземлитель и привод, соединенные между собой тягой. ЗРЭ-В отличается от ЗРЭ-Н верхней компоновкой заземлителя.

Персонал, обслуживающий аппараты, должен быть ознакомлен с устройством и принципом действия аппаратов, знать требования настоящего Руководства, а также требования ПТЭ и МПОТ, ведомственных эксплуатационных инструкций;

Оборудование должно быть обеспечено присоединение к контуру заземления в местах отмеченных знаком «заземление»;

Запрещается проникать за фасадную дверь КСО при включенных главных цепях.

Порядок эксплуатации устанавливается соответствующими инструкциями для обслуживающего персонала организации, в ведении которого находится распределительное устройство с указанными аппаратами.

В процессе эксплуатации необходимо следить, чтобы рабочее напряжение и ток нагрузки не превышали номинальных параметров, на которые рассчитано оборудование.

Перед пуском в эксплуатацию необходимо провести по 5 контрольных циклов включения-отключения для линейных и заземляющих контактов. При этом необходимо контролировать:

- отсутствие инородных тел в зоне работы аппарата, заземлителя и привода;
- исправность работы привода – привод должен работать без сбоев, заеданий, отказов;
- видимый заход подвижных контактов заземлителя в неподвижные контакты заземления;
- правильную работу указателя положения контактов;
- срабатывание блокировок, согласно требуемой логической схемы.

К эксплуатации и обслуживанию аппаратов допускается персонал, изучивший данное руководство, технические описания и руководства по эксплуатации на коммутационные аппараты и имеющий соответствующую группу допуска по электробезопасности.

Общие рекомендации. Аппараты не требуют проведения периодических (плановых) текущих, средних и капитальных ремонтов в течение всего срока службы.

Профилактический контроль технического состояния аппаратов рекомендуется производить в следующие сроки: при вводе в эксплуатацию, первую проверку – через 1 год эксплуатации, повторные – через каждые 5 лет.

Кроме указанных допускается проводить иные проверки аппарата, предусмотренные действующими Правилами технической эксплуатации или местными инструкциями по обслуживанию высоковольтной аппаратуры распределительных устройств, при условии, что они не нарушают требований настоящего Руководства по эксплуатации.

Во избежание поломок оборудование нельзя кантовать и подвергать резким толчкам и ударам; подъем и перемещение осуществлять только за места, указанные соответствующими обозначениями на упаковочной таре.

Хранение должно осуществляться в закрытом помещении, с условиями хранения, соответствующими группе 2 (С) по ГОСТ 15150-69 и исключающими возможности механических повреждений.

Литература

1. РЭ 2.04-2005. Руководство по эксплуатации. – СПб., 2007.
2. <http://www.elteh-yug.ru>.
3. <http://www.forca.ru>.

УДК 621.316.933

КОМПЬЮТЕР КАК ИСТОЧНИК ПОМЕХ

Сегень Р.Р.

Научный руководитель – Булойчик Е.В.

Помехи, генерируемые скоростными дискретными устройствами – системной платы. По характеру, высокочастотные помехи с частотами кратными тактовым частотам перечисленных ниже узлов и их составных частей (ядро, кеш), а спектральное распределение определяется еще и алгоритмами работы ПО и процессора.

БП компьютера тоже является источником помех, как для его нагрузок, так и для питающей его сети. Источником помех является инвертор блока питания, он создает помехи в диапазоне частот от десятков килогерц до нескольких мегагерц. Влияние помех минимизируется до допустимых значений встроенными входными и выходными фильтрами. Иногда в «по паве» блоки питания не имеют таких фильтров или минимизируют их с помощью блокировочных конденсаторов включенных параллельно сетевому кабелю, поэтому их применение не рекомендуется.

Гораздо опаснее гармонические составляющие потребляемого тока в сети (линии питания) возникающие из-за нелинейности нагрузки. Такая нелинейность имеет место из-за характера внутреннего сопротивления блока питания. Известно, что на входе БП стоят оксидные накопительные конденсаторы, на которых формируется напряжение, питающее импульсный инвертор. Эти конденсаторы заряжаются импульсами тока, только в момент превышения напряжения питающей сети остаточного напряжения на конденсаторе. Поэтому форма потребляемого тока не синусоидальная, а скорее это импульсы тока с частотой сети.

Особенно важно, что в отличие от сети переменного тока, где в группе компьютеров подключенных к сети отбор тока происходит синхронно всеми компьютерами и токи суммируются, то при питании от сети постоянного тока блоки питания компьютеров отбирают мощность из питающей сети асинхронно (случайно). В результате потребляемый ток усредняется, а его амплитуда снижается, поэтому снижаются и требования к исполнению сети постоянного тока.

Литература

1. Сайт <http://www.com-er.ru>.

УДК 621.3.027.3(075.8)

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Соломонов Н.А.

Научный руководитель – Пономаренко Е.Г., к.т.н., доцент

Ежегодно люди сталкиваются с ростом производства и потребления электрической энергии. Достижение такого роста требует решения сложных научных и инженерных задач, которые концентрируются вокруг двух основных проблем: снижение стоимости электрической энергии и обеспечения высокой надежности электроснабжения.

Передача электроэнергии на дальние расстояния связана с применением высоких напряжений. Чем больше передаваемые мощности и длиннее расстояние, тем более высокие напряжения экономически выгодно применять.

Высокие напряжения и токи можно измерять различными приборами и методами.

Электростатические вольтметры – приборы, в которых электроды перемещаются под действием сил поля. С помощью электростатических вольтметров можно измерять действующие значения постоянного и переменного напряжений.

Шаровые разрядники – прибор, позволяющий определять амплитуды переменных, постоянных и импульсных напряжений, зная длину воздушного промежутка между электродами.

Электронные осциллографы – незаменимые приборы при изучении стационарных и переходных процессов в цепях высокого напряжения. Они широко используются при изучении перенапряжений, ионизационных явлений и при импульсных испытаниях.

Делители напряжений – устройства для деления напряжения какого-либо высоковольтного источника на части. Применяются делители напряжений для расширения пределов измерения различных приборов, главным образом электронных осциллографов и вольтметров.

В лабораторных условиях импульсные токи часто измеряют с помощью безындукционных шунтов. Мерой измеряемого тока служит падение напряжения на шунте, вызванное протекающим в нем током. Это падение напряжения может быть измерено с помощью электронного осциллографа или шарового разрядника.

Оптико-электронного метода измерения высоких напряжений – метод основанный на принципе модуляции света с помощью ячейки Керра.

Высоковольтные испытания и исследования невозможны без специального оборудования. Конструкции этого оборудования, режимы его работы, способы измерений при высоких и сверхвысоких напряжениях составляют особый раздел высоковольтной техники.

Таким образом, грамотное конструирование, производство и эксплуатация высоковольтных устройств требуют глубокого знания напряжений, воздействующих на изоляцию, методов снижения возможных перенапряжений, электрических свойств изоляционных конструкций, способов испытаний и контроля изоляции.

Литература

1. Сайт <http://www.termo-hause.ru>.
2. Сайт <http://www.ruscable.ru>.
3. Сайт www.interpribor.ru.

УДК 621.91.002.5

РАСЧЕТ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Новак А. В., Ерохов Е. Л., Феокистов А. А.

Научный руководитель – Глинский Е. В.

В наш век, век информации требуется все больше и больше затрат сил и времени на повседневные операции: такие как расчеты, моделирование процессов. Особенно остро эта задача стоит в энергетике, где инженеры сталкиваются с большим объемом информации. Сотрудниками БНТУ было найдено уникальное по своей сути и не имеющее аналогов, как на территории Беларуси, так и в постсоветских странах решение позволяющее рассчитать самозапуска электродвигателей напряжением 6 кВ собственных нужд (СН) ТЭЦ. Программа сочетает в себе такие качества как: простота, удобство, скорость расчетов. Также используя, эту программу вы поймете и осознаете наглядно суть самого процесса. А еще все это увидите в графическом виде. Итак, приступим к описанию самой программы.

Программный комплекс предназначен для расчета самозапуска электродвигателей напряжением 6 кВ собственных нужд (СН) ТЭЦ.

При расчете самозапуска электродвигателей автоматически выполняются расчеты: исходного установившегося режима, режима короткого замыкания, группового выбега электродвигателей в бестоковую паузу и групповой самозапуск электродвигателей после восстановления напряжения.

Особенностью программы является наличие базы данных, содержащей сведения о трансформаторах СН ТЭЦ, о секциях напряжением 6 кВ распределительных устройств (РУ) СН ТЭЦ, связях между секциями 6 кВ, об электродвигателях напряжением 6 кВ и механизмах СН. Информация в базе данных ограничена данными, необходимыми для расчета самозапуска электродвигателей. Эти данные постоянно находятся в запоминающем устройстве персональной ЭВМ (ПЭВМ) и легко могут быть изменены, удалены или внесены новые данные. Это позволяет исключить большие затраты времени и труда по сбору, предварительной обработке и заданию исходных данных в случае периодически повторяющихся расчетов.

Результаты расчета самозапуска электродвигателей представляются в виде графиков изменения напряжения и тока секции (секций), скоростей вращения электродвигателей в процессе самозапуска. Исходные данные для каждого конкретного расчета формируются в виде таблиц, содержащих условия расчета и необходимые пояснения.

В процессе расчета результаты расчета выдаются на экран монитора в графическом отображении. При этом на экран видеомонитора выводится масштабная сетка для отображения контролируемых параметров процесса самозапуска электродвигателей в функции времени.

В верхней части масштабной сетки в процессе расчета выдаются сообщения о рассчитываемом в настоящий момент виде режима (исходный режим, короткое замыкание, групповой выбег, самозапуск электродвигателей). По окончании расчета в верхней части масштабной сетки появляется сообщение, в котором указываются номера секций и дата выполнения расчета.

В процессе расчета относительные значения контролируемых параметров в темпе счета выводятся на экран видеомонитора в виде графиков. К контролируемым параметрам относятся токи и напряжения секций. В качестве базисных величин приняты: для напряжений – значение номинального напряжения электродвигателей, для токов – десятикратное значение тока первой секции в предшествующем нормальном режиме. Кроме токов и напряжений секций на экран

монитора выводятся графики изменения относительных частот вращения (скоростей вращения) контролируемых электродвигателей. В качестве базисной частоты вращения для каждого контролируемого электродвигателя принято значение его номинальной частоты вращения.

Литература

1 Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы. – М.: Издательство МЭИ, 1995. – 368 с

2 Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 578 с.

УДК 621.315.177

ЗАЩИТА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 0,4 КВ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Станюш Д.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Указания по определению, устройству и применению воздушных линий 0,4 кВ. Защита от перенапряжения. Назначение, принцип действия и характеристики ограничителя перенапряжений. Требование к выбору аппаратуры, защит и кабелей.

В электрических сетях часто возникают импульсные всплески напряжения, приводящие к разрушительным последствиям. Поэтому в электрических сетях целесообразно применять разрядники. Разрядник состоит из двух электродов и дугогасительного устройства. Одно из основных требований, предъявляемых к разряднику – гарантированная электрическая прочность при промышленной частоте. Разрядники бывают: трубчатые, вентильные, магнитовентильные, ограничитель перенапряжения нелинейный, стержневые искровые промежутки, длинно-искровой. На электрических схемах разрядники обозначаются согласно ГОСТ 2.727-68.

Защита ВЛ 0,4 кВ от перенапряжений с использованием ОПН позволяет выработать единую систему и концепцию линейной защиты от перенапряжений. Ограничители перенапряжения нелинейные предназначены для защиты электрооборудования от коммутационных и грозовых перенапряжений. Конструктивно ОПН представляет собой высоколинейное сопротивление, заключенное в высокопрочный герметизированный корпус. При возникновении волн перенапряжения сопротивление варисторов изменяется на несколько порядков с соответствующим возрастанием тока при воздействии волны перенапряжения. Этим объясняется защитное действие ограничителя перенапряжений. ОПН применяется для защиты электрооборудования подстанций, кабельных сетей, воздушных линий электропередач и другого электрооборудования. Основным компонентом материала резисторов ОПН это оксид цинка. Варисторы на основе оксида цинка являются системой последовательно и параллельно включённых *p-n* переходов. Эти *p-n* переходы и определяют нелинейные свойства варисторов. Варисторы для ограничителей изготавливаются как цилиндрические диски. При изготовлении ОПН то или иное количество варисторов соединяют последовательно в так называемую колонку. Ограничитель может состоять из одной колонки или из ряда колонок, соединённых между собой последовательно-параллельно.

Защитные свойства ОПН объясняются вольтамперной характеристикой варистора. Вольтамперная характеристика конкретного варистора зависит от многих факторов, в том числе от технологии изготовления, рода напряжения постоянного или переменного, частоты переменного напряжения, параметров импульсов тока, температуры и другие. На вольтамперной характеристике варистора можно выделить три характерных участка. Это область малых, средних и больших токов. С целью уточнения конструкции ограничителя и типа его исполнения при заказах ОПН, для внутрифирменного пользования в структуру условного обозначения пользуются ГОСТ Р 52725-07. Для ВЛ 0,4 кВ используют ограничитель ОПНп-0,38 УХЛ 1, 2. Он предназначен для защиты изоляции электрооборудования сетей переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением 0,38 кВ. Ограничители предназначены для работы в районах с умеренным и холодным климатом и промышленной атмосферой на открытом воздухе.

Построение первичных схем сетей 0,4 кВ определяется технологией производства, требованиями надежности электроснабжения электроприемников в соответствии с правилами, удобством обслуживания, технико-экономическими показателями, а также требованиями защиты и автоматики. Схемы могут выполняться радиальными, магистральными и смешанными.

В ответственных электроустановках с целью обеспечения надежности схему делят на две независимые части. Каждая из подсистем состоит из своего понижающего трансформатора, питающегося от независимого источника, соответствующей секции основного щита 0,4 кВ и питающихся от нее вторичных сборок. Электродвигатели также разделяют на две независимые группы, которые подключают к разным подсистемам (к разным секциям основного щита 0,4 кВ).

Построение схемы сети 0,4 кВ в большой степени определяется значениями токов коротких замыканий для выбора аппаратуры и защит, а также ограниченными возможностями применяемых защитных аппаратов. А именно автоматических выключателей и плавких предохранителей. В сетях 0,4 кВ в отличие от сетей напряжением выше 1000 В применяют только встроенные в автоматические выключатели весьма неточные максимальные токовые защиты или предохранители. Выбор кабелей также может определяться не только нагрузкой, но и условиями защиты, в сетях, требующих защиты от перегрузки, или при необходимости обеспечения достаточной чувствительности защиты, когда считается целесообразным увеличить токи короткого замыкания путем увеличения выбранного по нагрузке сечения кабеля.

Литература

1. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ; Под ред. С.П. Левкович. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Барг И.Г., Эдельман В.И. Воздушные линии электропередачи: Вопросы эксплуатации и надежности. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Данилов О.Л. Техничко-экономические расчеты в энергетике. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Михайлов В.В. Магнитодиэлектрики в устройствах автоматики и релейной защиты. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.П. Кужекина. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Шапиро И.М. Принципы унификации элементов электрической сети. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
7. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ: Справочник. – М.: Изд-во Норт, 2003.
8. Пантелеев В.А. Общие принципы выбора варисторов для защиты от импульсных напряжений. – Ухта: Изд. УИИ, 1996.

УДК 621.316 (083.13)

СПОСОБЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КЗ

Будников М.В.

Научный руководитель – Гурьянчик О.А., ассистент

Рост уровней токов КЗ при развитии энергосистем предъявляет повышенные требования в отношении электродинамической и термической стойкости элементов электротехнических устройств энергосистем, а также коммутационной способности электрических аппаратов. В последние годы стали весьма актуальными вопросы воздействия токов КЗ не только на жесткие шины, кабели и электрические аппараты, но и на генераторы, силовые трансформаторы, а также гибкие проводники электроустановок.

С целью уменьшения воздействия токов КЗ на электрооборудование предложены и используются различные методы и средства ограничения токов КЗ. Учитывая специфику развития современных объединенных энергосистем, вопросы устойчивости и надежности их работы, а также технико-экономические характеристики, разрабатываются и исследуются принципиально новые средства токоограничения, позволяющие ограничить не только значение тока КЗ, но и продолжительность КЗ.

В общем случае решение указанной задачи возможно следующими путями:

- повышение быстродействия традиционной коммутационной аппаратуры;
- создание и использование новых сверхбыстродействующих коммутационных аппаратов, способных безынерционно, т.е. в течение первого полупериода, ограничить и отключить ток КЗ;
- использование безынерционных и инерционных токоограничивающих устройств (ТОУ).

Условия протекания, ограничения и отключения тока КЗ видны из рисунка 1.1.

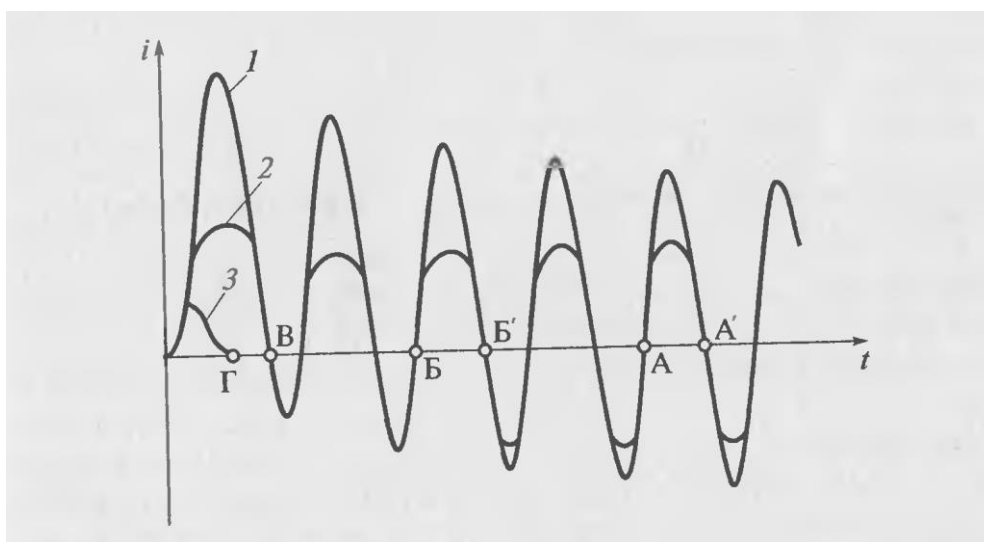


Рисунок 1.1 – Условия отключения и ограничения тока КЗ:

1 – ток КЗ в цепи; 2 – ограничение тока КЗ безынерционными ТОУ; 3 – ограничение тока КЗ токоограничивающим коммутационным аппаратом

При использовании в сети четырехпериодных выключателей отключение тока КЗ в зависимости от быстродействия релейной защиты происходит в моменты А или А'. Внедрение двухпериодных выключателей позволяет отключить ток КЗ в моменты Б или Б'.

Использование синхронизированных или тиристорных выключателей с естественной коммутацией позволяет отключить ток КЗ в момент В, т.е. при первом переходе тока через нуль. Как видно, переход от четырех– к двухпериодным, а затем и к синхронизированным выключателям позволяет снизить термическое действие тока КЗ на электрооборудование, но не ограничивает максимальное электродинамическое воздействие, определяемое ударным током; последний в указанных случаях не ограничивается.

Электродинамическое воздействие тока КЗ можно снизить путем использования токоограничивающих коммутационных аппаратов. Таковыми могут быть, например, тиристорные выключатели с принудительной коммутацией, ограничители ударного тока взрывного действия и токоограничивающие предохранители. Использование указанных аппаратов позволяет отключить ток КЗ в момент Г (кривая 3). Термическое и электродинамическое воздействия тока КЗ можно снизить путем использования безынерционных токоограничивающих устройств (БТОУ), таких как резонансные токоограничивающие устройства (кривая 2).

В ряде случаев для уменьшения термического воздействия тока КЗ и облегчения условий работы коммутационной аппаратуры могут быть использованы также инерционные токоограничивающие устройства, например устройства автоматического деления сети или устройства, состоящие из реактора, нормально зашунтированного выключателем. Очевидно, наибольшее ограничение тока КЗ достигается при использовании безынерционных токоограничивающих коммутационных устройств, однако такое решение задачи в настоящее время сдерживается либо отсутствием указанных устройств с необходимыми параметрами и эксплуатационными характеристиками, либо их высокой стоимостью.

Требуют разработки, освоения и снижения стоимостных показателей синхронизированные выключатели, ТОУ со сверхпроводниками и безынерционные токоограничивающие устройства.

Для ограничения токов КЗ на электростанциях и в сетях энергосистем используются следующие методы:

- метод оптимизации структуры и параметров сети (схемные решения);
- стационарного или автоматического деления сети;
- использования токоограничивающих устройств;
- оптимизации режима заземления нейтралей элементов электрических сетей;
- изменения схем электрических соединений обмоток трансформаторов и автотрансформаторов.

В качестве средств ограничения токов КЗ соответственно используются или могут быть использованы:

- устройства автоматического деления сети;
- токоограничивающие реакторы (неуправляемые и управляемые, с линейной или с нелинейной характеристикой);
- трансформаторы и автотрансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения;
- трансформаторы с повышенным напряжением короткого замыкания;
- безынерционные токоограничивающие устройства различного типа (резонансные, реакторно-вентильные, со сверхпроводящими элементами);
- токоограничивающие коммутационные аппараты;
- токоограничивающие резисторы;
- вставки постоянного тока;
- вставки переменного тока не промышленной частоты;
- автотрансформаторы, нормально выполненные без третичной обмотки, соединенной в треугольник;
- разземление нейтралей части трансформаторов;

- заземление нейтралей части трансформаторов и автотрансформаторов через реакторы, резисторы или иные токоограничивающие устройства;
- замена на связях распределительных устройств различного напряжения автотрансформаторов на трансформаторы;
- автоматическое размыкание в аварийных режимах третичных обмоток автотрансформаторов;
- специальные схемы соединения обмоток трансформаторов блоков.

В зависимости от местных условий, требуемой степени ограничения токов при различных видах КЗ, а также от технико-экономических показателей для ограничения токов КЗ в конкретных электроустановках или в конкретных сетях энергосистемы необходимы различные средства токоограничения или их комбинации, дающие наибольший технико-экономический эффект.

В настоящее время в отечественных энергосистемах для ограничения токов КЗ наиболее часто используются: стационарное и автоматическое деления сети, токоограничивающие реакторы и аппараты, трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения, а также разземление нейтралей части силовых трансформаторов сети, их заземление через реакторы и резисторы. Другие методы и средства ограничения токов КЗ находятся в стадии исследований, опытно-конструкторской разработки и проектной проработки.

Литература

- 1 Крючков И.П., Неклепаев Б.Н. "Расчёт коротких замыканий и выбор электрооборудования". – М.: Издательский центр "Академия", 2005. – 416 с.
- 2 Крючков И. П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МЭИ 2000. – 168 с.
- 3 УЗО – устройство защитного отключения: Учебно-справочное пособие / Составители Н.Д.Душкин, В.К. Монаков, В.А.Хтаршинов. – М.: Изд-во «Энергосервис», 2003.
- 4 Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 5 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002

УДК 621.316

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Баран А. А., Козел А. С., Беседа А. С.

Научный руководитель – Булойчик Е. В.

В радиальных распределительных сетях 6 – 35 кВ с одним источником питания для защиты линий от междуфазных коротких замыканий (КЗ) широко применяется микропроцессорные токовые защиты, содержащие в общем случае три ступени: токовую отсечку без выдержки времени (ТО), токовую отсечку с выдержкой времени (ТОВ) и максимальную токовую защиту (МТЗ). Токи срабатывания указанных ступеней выбираются по наиболее тяжелым условиям симметричных режимов, что определяет основные недостатки существующих токовых защит: относительно короткую зону мгновенного отключения ТО и недостаточную чувствительность третьей ступени во многих случаях несимметричных КЗ.

Одним из способов устранения указанных недостатков является определение вида повреждения и изменение соответствующим образом тока срабатывания ступеней защиты[1].

Выявление режимов двухфазных КЗ может осуществляться одним из следующих способов:

1. контроль появления в токах фаз составляющих обратной последовательности;
2. контроль относительной несимметрии токов фаз.

Реализация первого способа предполагает использование фильтров тока обратной последовательности, которые содержат частотно-зависимые элементы. Выходной сигнал этих фильтров может значительно варьироваться при эксплуатационных отклонениях частоты в энергосистеме, изменениях величин и состава высших гармоник во входных токах из-за нелинейных характеристик нагрузки, при коммутации силовых трансформаторов, вследствие насыщения трансформаторов тока и т. п. Все эти трудно учитываемые факторы отрицательно сказываются на чувствительности определения режимов двухфазных КЗ.

Второй метод предполагает определение действующих значений токов фаз линии, из которых выделяются наибольшее $I_{\max}$ и наименьшее $I_{\min}$ значения, по которым вычисляют относительную несимметрию ΔI

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}}, \quad (1)$$

либо

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\min}}. \quad (2)$$

В нормальном режиме, при симметричной перегрузке, самозапуске электродвигательной нагрузки, трехфазных КЗ, а также при несимметричных КЗ на параллельной линии и ступени защиты работают с изначально заданными уставками. В случае возникновения несимметричных КЗ уставки защиты автоматически изменяются.

Ток срабатывания ТО отстраивается от максимального значения тока двухфазного КЗ $I_{\text{кз max}}^{(2)}$ при повреждении в конце защищаемой линии

$$I_{\text{сз}}^{\text{I}} = k_{\text{отс}}^{\text{I}} \cdot I_{\text{кз max}}^{(2)}. \quad (3)$$

Ток срабатывания МТЗ отстраивается от максимальных нагрузочных токов несимметричного режима работы линии $I_{н,нес}$ без учета самозапуска электродвигательной нагрузки

$$I_{сз}^{III} = \frac{k_{отс}^{III} \cdot I_{н,нес}}{k_B}. \quad (4)$$

Благодаря уменьшению токов срабатывания ступеней расширяется зона мгновенного отключения ТО и повышается чувствительность МТЗ при несимметричных КЗ.

Одним из способов увеличения зоны мгновенного отключения ТО является введение в алгоритм функционирования защиты функции определения места короткого замыкания (ОМКЗ) [2]. Суть метода заключается в следующем: определяется расстояние до места КЗ $l_{кз}$ и сравнивается с длиной защищаемой линии $l_{л}$. Если КЗ находится в пределах линии $l_{кз} \leq l_{л}$, то при выполнении других условий ее отключение необходимо производить без выдержки времени. Если КЗ расположено за пределами линии $l_{кз} > l_{л}$, то ее следует отключать с выдержкой времени. Данный метод обеспечивает расширение зоны мгновенного отключения КЗ и сокращает число измерительных органов за счет оптимизации их функций.

Следует обратить внимание на то, что расстояние до места КЗ $l_{кз}$ не может быть определено достаточно точно. Из-за погрешностей в определении указанного расстояния для обеспечения достоверного установления места КЗ сравнение $l_{кз}$ нужно производить не с фактической длиной линии $l_{л}$, а с ее скорректированным значением $K_{л}l_{л}$. Корректирующий коэффициент $K_{л}$ может быть больше или меньше единицы в зависимости от уровня и знака погрешности определения $l_{кз}$, на которую оказывают влияние ряд факторов. Такими факторами являются: погрешности измерительных трансформаторов, погрешности расчета расстояния, наличие переходных сопротивлений в месте КЗ, наличие подпиток места КЗ и т. д.

Определение места короткого замыкания в объеме функций микропроцессорных токовых защит предполагает выполнение расчетов расстояния $l_{кз}$ на основе использования информации о токах и напряжениях в месте установки защиты. Возникающие искажения замеров на линиях с двусторонним питанием, а также в случае КЗ через переходное сопротивление могут быть уменьшены путем соответствующих алгоритмов вычислений.

Это вполне осуществимо для относительно коротких участков линий 10–35 кВ, когда распределенными параметрами линии можно пренебречь.

Для получения наиболее достоверных значений расчеты необходимо производить в зависимости от вида повреждения.

Для ОМКЗ наиболее широко используется дистанционный принцип измерения составляющих комплексного сопротивления поврежденной петли. С целью снижения влияния переходного сопротивления на расчетную удаленность до места КЗ в петле lij искомое расстояние следует вычислять по значению реактивной составляющей X_{ij} входного сопротивления

$$l_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{уд}}. \quad (5)$$

где $X_{уд}$ – удельное реактивное сопротивление.

Для получения реактивной составляющей входного сопротивления X_{ij} соответствующей петли предполагается использовать информацию о токах и напряжениях, на основе которой реализуется алгоритм функционирования защиты. В микропроцессорных защитах такой информацией, как правило, являются ортогональные составляющие (ОС) входных токов и напряжений, полученные в

результате их цифровой фильтрации. По этим значениям могут быть вычислены все величины, необходимые для определения соответствующей петли КЗ.

При известных ОС токов i_{sij} , i_{cij} и напряжений u_{sij} , u_{cij} петли КЗ реактивная составляющая входного сопротивления вычисляется как

$$X_{ij} = \frac{u_{sij} \cdot i_{cij} + u_{cij} \cdot i_{sij}}{i_{sij}^2 + i_{cij}^2}. \quad (6)$$

Этот алгоритм вполне приемлем для ОМКЗ, а его несущественным недостатком является относительно большое количество вычислительных операций и чувствительность к отклонениям частоты сигналов от номинального значения.

В основу определения X_{ij} может быть положено дифференциальное уравнение линии. Если известны отсчеты мгновенных значений тока i_{ij} и напряжения u_{ij} в петле КЗ для трех последовательных моментов времени $t_{(n-2)}$, $t_{(n-1)}$, $t_{(n)}$, то выражение для X_{ij} имеет вид

$$X_{ij} = \frac{(u_{ij(n-1)} + u_{ij(n)}) \cdot (i_{ij(n-2)} + i_{ij(n-1)}) - (u_{ij(n-2)} + u_{ij(n-1)}) \cdot (i_{ij(n-1)} + i_{ij(n)})}{(i_{ij(n-2)} + i_{ij(n-1)}) \cdot (i_{ij(n)} - i_{ij(n-1)}) - (i_{ij(n-1)} + i_{ij(n-2)}) \cdot (i_{ij(n-1)} - i_{ij(n)})} \frac{\Delta t}{2} \cdot \omega. \quad (7)$$

где Δt – шаг дискретизации входных сигналов;

ω – угловая частота.

Этот алгоритм малочувствителен к искажениям форм тока и напряжения, отклонениям частоты от номинального значения. Его основным недостатком является большая погрешность измерения при наличии дуги в месте КЗ, чем погрешность измерения при металлических КЗ.

Вместе с тем, каждый из рассмотренных алгоритмов является работоспособным и обеспечивает получение необходимой информации для эффективной реализации функций ОМКЗ.

Литература

1. Романюк, Ф. А. Определение вида повреждения на линиях распределительных сетей в объеме функций микропроцессорных токовых защит / Ф. А. Романюк, А. А. Тищенко, Е. В. Булойчик // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2011. – № 4. – С. 5–10.
2. Романюк, Ф. А. Определение места короткого замыкания на линиях распределительных сетей в объеме функций микропроцессорных токовых защит / Ф. А. Романюк, А. А. Тищенко, О. А. Гурьянчик // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2010. – № 6. – С. 5–13.

УДК 621.316.99

НАКЛОННЫЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК 380/220 В

Спургияш А.Г., Дунченко Д.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Для защиты человека от поражения электрическим током ПУЭ предусматривает следующие основные меры: защитное отключение, защитное заземление, зануление, контроль состояния изоляции, двойная изоляция.

В практике проектирования и строительства линий электропередачи и других электроустановок с напряжением 380/220 В заземляющие устройства рекомендуется выполнять в соответствии с типовыми решениями.

Правилами в электрических сетях с напряжением 380/220 В, определены нормативные требования к заземляющим устройствам: сопротивление – не более 30 Ом; диаметр заземлителей из круглой стали – вертикальных не менее 0,016 м и горизонтальных – не менее 0,01 м.

Длина единичного заземлителя в заземляющем устройстве из двух заземлителей линейно зависит от удельного сопротивления земли. На основе этого выражения построена номограмма. Номограмма позволяет существенно упростить технологию проектирования заземляющего устройства с сопротивлением 30 Ом. По номограмме выбирают конструкцию заземляющего устройства (число заземлителей) с учетом физических характеристик земли (песок, глина и т. п.) и наличия технических средств для заглубления заземлителей.

Заземление обеспечивает безопасность человека и защиту от помех электронных приборов. В настоящее время все более широкое распространение получают вертикальные заземлители и стержни могут быть забиты в грунт на глубину до 20 м.

Защитное действие заземления основано на том, что части электроустановок, соединяют с заземлителями, расположенными в грунте. Поэтому человек, прикоснувшийся к заземленной части, попадает под пониженное напряжение. Чем лучше заземление, т. е. чем меньше его сопротивление, тем меньше появляющееся при нарушении изоляции напряжение на машинах, станках, корпусах электроаппаратов и двигателей, конструкциях зданий, опорах воздушных линий и на поверхности земли.

Заземление выполняется: при напряжении 380 В и переменного тока и 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках; при номинальных напряжениях переменного тока выше 42 В и постоянного тока выше 110 В только в электроустановках, размещенных в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных, а также в наружных установках, во взрывоопасных помещениях – при любом напряжении постоянного и переменного токов.

При выполнении заземляющего устройства, когда производственное помещение находится вне зоны растекания электрического тока в земле, величина поражающего напряжения будет зависеть от сопротивления растеканию тока заземляющего устройства и величины тока замыкания на землю. Напряжение шага – напряжение между двумя точками цепи тока, на которых одновременно стоит человек. В качестве заземляющих проводников в электроустановках напряжением 380/220 В, кроме стальной проволоки, шины или нулевого провода, могут быть использованы металлические конструкции производственного назначения (например, подкрановые пути и каркасы распределительных устройств), стальные трубы электропроводки, свинцовые оболочки кабелей, металлические трубы водопроводной, канализационной или теплофикационной сетей, проложенные открыто (за исключением трубопроводов для горючих жидкостей и взрывоопасных смесей). Применение чугунных труб в качестве заземляющих проводников не допускается ввиду плохого контакта в стыках

между ними. Использовать трубы системы автопоения и вакуум провода на животноводческих фермах в качестве заземляющих проводников недопустимо. Запрещается также использовать в этих целях голые алюминиевые провода. Нельзя применять в качестве заземляющих проводников металлические оболочки трубчатых проводов (провода типа ТПРФ – трубка Куло) и металлические оболочки изоляционных трубок (трубки Бергмана), а также свинцовые оболочки проводов групповой распределительной осветительной сети.

Длина деталей заземлителя, число стержней или труб и глубина их заложения зависят от свойств грунта в месте сооружения и уровня грунтовых вод.

Электроустановки напряжением 380/220 В не являются электробезопасными. Для этих целей разработаны заземляющие устройства, которые предназначены для предотвращения поражения электрическим током человека, животных и т. д.

Литература

1. Типовые конструкции и зданий и сооружений. Серия-3.407 83. Заземляющие устройства опор ВЛ 0,4; 6–10; 20 и 35 кВ. – М.: Сельэнергопроект, 1985.
2. Ирха П.Д. Монтаж заземляющих устройств из наклонных электродов // Электрические станции. – 1970. – № 11. – С. 19–20.
3. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2003.
4. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок: Справочное пособие / К.Е. Белявин, Б.В. Кузнецов. – Минск: УП «Технопринт», 2002.

УДК 621.316.3

РАСЧЕТЫ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Бочков А.С., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Заземлители или заземляющие устройства (ЗУ) являются обязательным элементом каждой электроустановки. Без ЗУ нормальное функционирование установки невозможно. При этом в понятие нормального функционирования включают целый комплекс вопросов.

С течением времени и развитием техники изменяются и требования к ЗУ. Основное изменение состоит в том, что кроме обязательных функций обеспечения безопасности персонала появилось требование к электромагнитной совместимости. Оно, по существу, означает обеспечение нормальной работы измерительных, информационных и других устройств, работающих с использованием микропроцессоров, ЭВМ и т.п.

В настоящей работе изложены основные требования к заземляющим устройствам, содержащиеся в нормативных документах [1-4], однако основное внимание уделено основам расчета ЗУ. Изложен общий метод расчета. Приведены примеры расчета простейших заземлителей.

Также приведен подход к расчету режимов работы ЗУ при воздействии импульсов тока (тока молнии или тока короткого замыкания на территории подстанции в первые моменты времени и т.д.). Показано, что при воздействии импульсов тока сопротивление заземлителя может значительно возрастать. Обсуждаются другие эффекты, возникающие при воздействии импульсов тока.

Заземляющие устройства являются обязательной частью практически любой электроустановки. Обычные электроустановки не могут нормально функционировать без ЗУ.

Что же такое заземляющее устройство? Правила устройства электроустановок ПУЭ [1] дает на этот вопрос следующий ответ: ЗУ называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Собственно заземлитель представляет собой проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

Характеристики заземляющего устройства должны отвечать требованиям электробезопасности обслуживающего персонала [4] и обеспечивать в нормальных и аварийных условиях следующие эксплуатационные функции электроустановки:

- действие релейных защит от замыкания на землю;
- действие защит от перенапряжений;
- отвод в грунт токов молнии;
- отвод рабочих токов (токов несимметрии и т.д.);
- защиту изоляции низковольтных цепей и оборудования;
- снижение электромагнитных влияний на вторичные цепи;
- защиту подземного оборудования и коммуникаций от токовых перегрузок;
- стабилизацию потенциалов относительно земли и защиту от статического электричества;
- обеспечения взрыво- и пожаробезопасности.

Основными параметрами, характеризующими состояние заземляющего устройства, являются:

- сопротивление (для электроустановок подстанций, электростанций и опор воздушных линий);
- напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю;

– напряжение прикосновения (для электроустановок выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью, кроме опор воздушных линий).

Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности. Защитное заземление следует выполнять преднамеренным электрическим соединением металлических частей электроустановок с «землей» или ее эквивалентом.

Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

Для обеспечения безопасной работы персонала в электроустановках значение стационарного сопротивления заземления нормируется. В электроустановках выше 1000 В, работающих с заземленной нейтралью, где ток однофазного короткого замыкания превышает 0,5 кА, сопротивление защитного заземления должно быть не более 0,5 Ом.

В электроустановках напряжением до 1000 В, работающих с заземленной нейтралью, сопротивление заземления, к которому присоединены нейтрали генераторов и трансформаторов мощностью более 100 кВА, должно быть не более 4 Ом. При мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее – не более 10 Ом.

В электроустановках до 1000 В, работающих с заземленной нейтралью, сопротивление заземления подсчитывается по формуле:

$$R \leq 125 / I, \quad (1)$$

В электроустановках выше 1000 В с незаземленной нейтралью – по формуле:

$$R \leq 250 / I. \quad (2)$$

где R – наибольшее при учете сезонных колебаний сопротивление заземления, Ом;
 I – полный ток замыкания на землю в установках без аппаратов, компенсирующих емкостный ток замыкания на землю, А.

Расчет простейших заземлителей

Цель расчета: определить число и длину вертикальных заземлителей (стержней), длину горизонтальных элементов и разместить заземлитель на плане электроустановки.

Общий алгоритм расчета сложных заземляющих устройств

При близком расположении электродов друг от друга сопротивление каждого из них повышается, что объясняется взаимным экранированием электродов. Дело в том, что при стекании тока с одиночного электрода вокруг него образуются равномерно расположенные линии тока.

В сложном заземлителе эта равномерность нарушается, потому что линии тока одного электрода вытесняют линии тока соседнего электрода.

В результате сопротивление каждого электрода возрастает с уменьшением расстояния между электродами.

Коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления электрода в сложном заземлителе вследствие их взаимного экранирования, называется коэффициентом использования заземлителя. Он зависит от конструктивного выполнения заземлителя и, как правило, меньше единицы.

Расчет сопротивления заземлителей при импульсных токах

Процессы в земле при протекании импульсных токов по заземлителю отличаются большой сложностью из-за затухания поля в земле, вызванного скин-эффектом. Кроме того, при кратковременных воздействиях магнитное поле не успевает проникнуть внутрь проводников заземлителя, следствием чего является

некоторое снижение их индуктивности по сравнению с воздействиями токов промышленной частоты. По этим причинам строгий расчет процесса стекания импульсного тока в землю проводится методами электродинамики и является весьма сложным. Однако для инженерной практики разработаны достаточно простые приближенные методы.

В случае прохождения через заземлитель импульсных токов, возникающих при грозе, в формулы для расчета сопротивления заземлителя следует ввести дополнительно импульсный коэффициент.

Заключение

В данной работе были рассмотрены заземлители или заземляющие устройства. Были изложены основные требования к заземлителям, однако основное внимание было уделено основам расчета ЗУ. В работе изложен общий алгоритм расчета простейших и сложных заземляющих устройств.

Также был приведен подход к расчету режимов работы ЗУ при воздействии импульсов тока (тока молнии или тока короткого замыкания на территории подстанции в первые моменты времени и т.д.). Рассмотрены другие эффекты, возникающие при воздействии импульсов тока.

Литература

- 1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / Минэнерго СССР. - 6-е изд. перераб. и доп. с изменениями - М.: ЗАО Энергосервис, 1998.
- 2 ГОСТ Р 50571.10-96. Государственный стандарт Российской Федерации Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники.
- 3 ГОСТ 12.1.038 - 82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов. Госстандарт СССР.
- 4 Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок. РД 153-34.0-20.525-00. СПО ОРГРЭС, Москва, 2000.
- 5 Бургсдорф В.В. и Якобе А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 6 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М. Энергоатомиздат, 1984.
- 7 Колечицкий Е.С. Расчет электрических полей устройств высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1983.

УДК 621.316.35

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ ПРИ РАСПОЛОЖЕНИИ ЖЕСТКИХ ШИН В ВЕРШИНАХ ПРОИЗВОЛЬНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА

Шпаковский А.А., Баран А.Г.

Научный руководитель – Климкович П.И.

На основании разработанного явного метода расчета электродинамических усилий шинных конструкций, расположенных в вершинах произвольного треугольника [1], составлена компьютерная программа (КП). Блок-схема КП представлена на рисунке 1. Программа позволяет рассчитать электродинамические усилия при трехфазном КЗ между жесткими токоведущими частями.

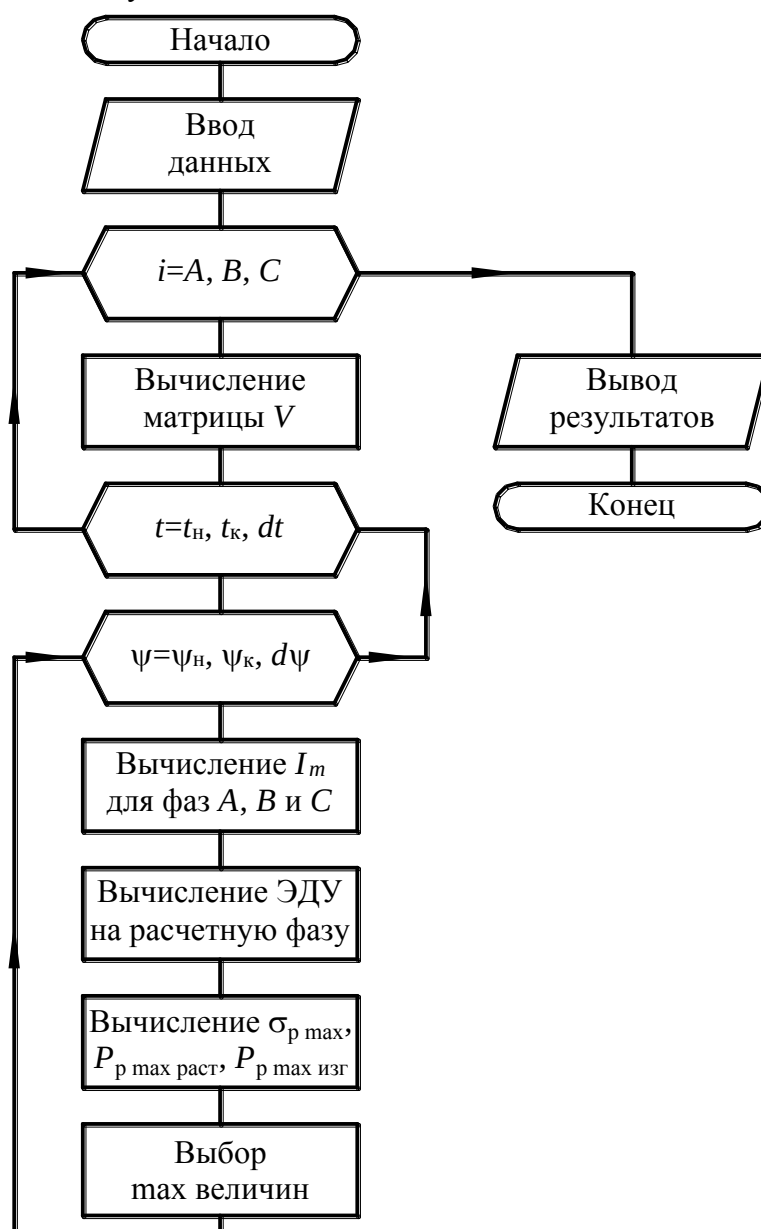


Рисунок. 1

Для написания программы был выбран инструмент быстрой разработки приложений C++ Builder. При разработке интерфейса программы основной задачей было создание эргономичного и понятного интерфейса. Использование графического

интерфейса позволило создать программу с высоким уровнем абстракции, что помогает пользователю в кратчайшие сроки понять и освоить программу. Применение объекта TChart дало возможность отображать графики изменения усилий в шинах, а также построить годограф с совместным расположением трех шин. Все эти средства облегчают анализ представляемой информации. Для облегчения поиска и устранения ошибок, а так же для упрощения последующей модификации код программы представляет собой совокупность подпрограмм, представляющих собой логические модули, которые понимаются и модифицируются как единый блок. Это, а также использование поясняющих комментариев позволило создать простой для понимания код, что, несомненно, в будущем поможет поднять уровень программы еще выше.

Графическая оболочка. После запуска исполняемого файла на экране появляется основное окно программы – окно ввода исходных данных (рисунок 2).

Основное окно для удобства условно разделено на две части:

- координаты шин;
- параметры.

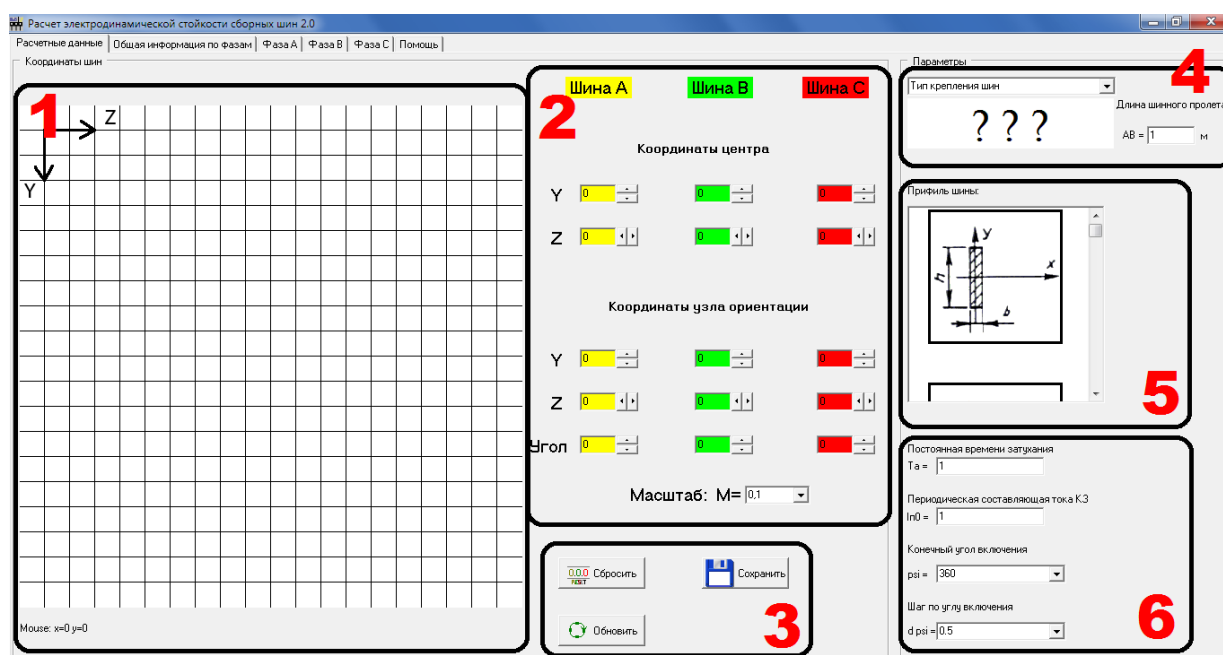


Рисунок 2. Элементы основного окна: 1 – графического ввода координат шин; 2 – коррекции координат шин; 3 – кнопок управления; 4 – выбора типа крепления шины; 5 – выбора сечения шин; 6 – ввода параметров КЗ

Ввод координат шин можно осуществить несколькими методами:

– **Графический.** Этот метод удобен в том случае, если известно примерное взаиморасположение шин. Указать координаты шины можно за два клика компьютерной мыши. Первый клик указывает положение центра шины, второй – ее ориентацию. Также если при вводе координат зажать левую клавишу и переместить мышь, то программа автоматически будет перерисовывать условное изображение вслед за мышью, что позволит указать положение шины более точно.

– **Цифровой.** Если точные координаты заранее известны, то пользователю предлагается внести их в соответствующие поля, причем имеется альтернатива между вводом координаты центра ориентации и углом наклона шины. По окончании или во время ввода можно нажать кнопку «Обновить», после чего на графическом поле будет отображено положение шин, что позволит удостовериться в правильности введенных значений.

– Комбинированный. Представляет собой графический метод с последующей коррекцией полученных значений, что позволяет максимально быстро и точно ввести данные.

При необходимости поле с изображенными на нем координатами может быть сохранено во внешнем файле как изображение.

Вводу параметров распределительного устройства. Тип крепления шины к изолятору выбирается в меню соответствующего выпадающего списка, снизу появляется поясняющая схема. Наиболее часто используемые профили шин были взяты из ГОСТ 30323-95 [2] и на его основании составлена база данных. После ввода всех необходимых данных для перехода к результатам расчета необходимо выбрать интересующую вкладку.

Вкладка «Общая информация по фазам» содержит обобщенную информацию, полученную при расчете, а также огибающий годограф векторов электродинамических усилий. Вкладки «Фаза А», «Фаза В», «Фаза С» содержат более детальную информацию по каждой шине фазы, представленную в виде графиков: при постоянном угле включения и изменяющемся времени процесса; при постоянном времени и изменяющемся времени процесса:

- изменение напряжения в материале шины;
- изменение усилия изгиба в вершине изолятора;
- изменение усилия растяжения в вершине изолятора.

Работа программы. Пошагово работа с программой выглядит следующим образом:

- задаются координаты шин;
- корректируются координаты, выставляется масштаб;
- Выбирается тип крепления шины;
- Выбирается профиль шины;
- вводятся параметры КЗ;
- выполняется расчет и проводится анализ полученных результатов (рис. 3, 4).

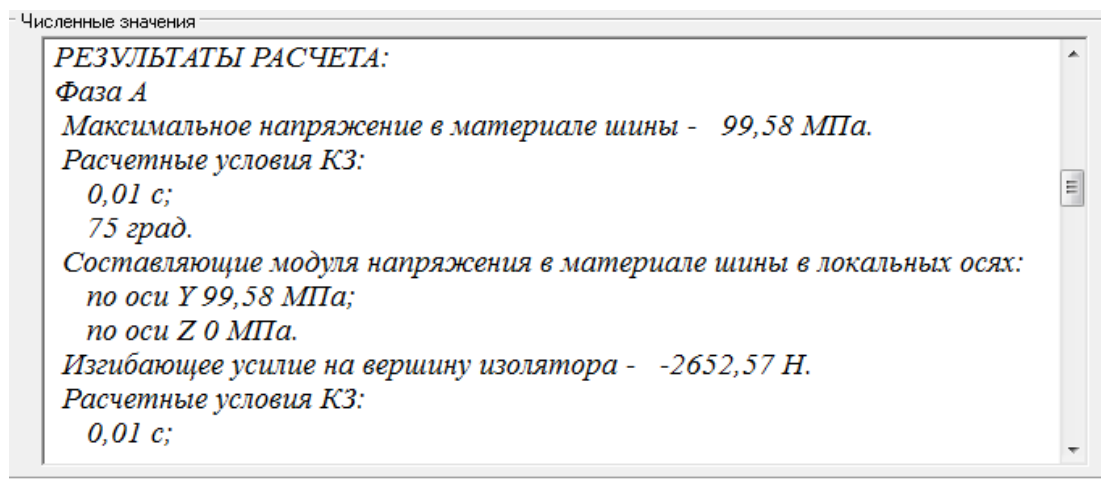


Рисунок 3. Обобщенная информация по шинам

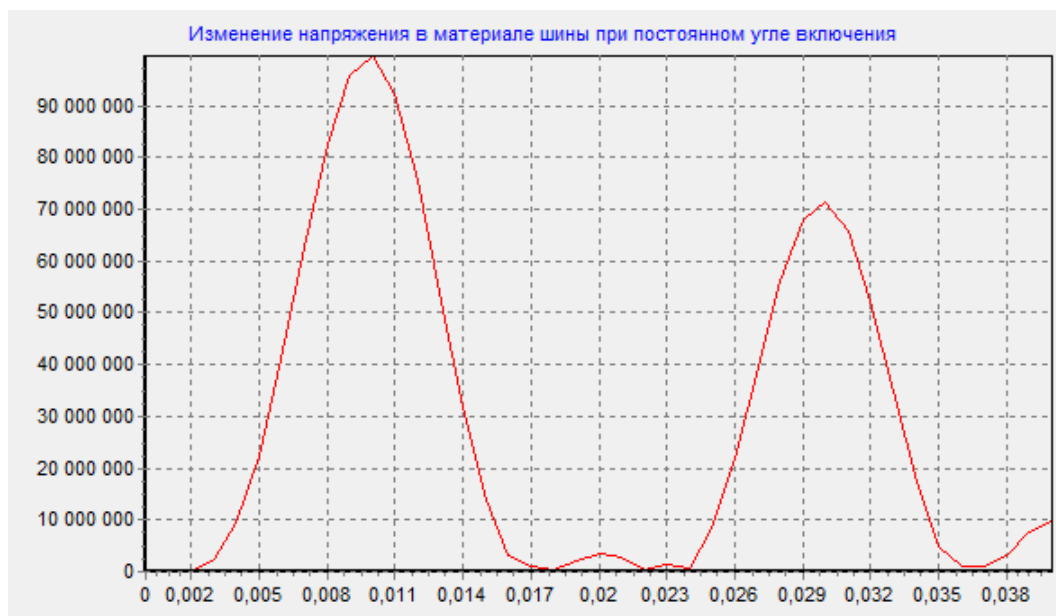


Рисунок 4. Изменение напряжения в материале шины фазы С при постоянном угле включения

Дальнейшее развитие компьютерной программы. В программе необходимо предусмотреть возможность создания комплексного отчета в нужном формате, а также добавление работы с базами данных. Так же планируется создание анимированного раздела «Помощь».

Разработанная КП расчета электродинамических усилий проста в использовании и может быть использована в практике конструкторских работ по разработке шинных конструкций с произвольной ориентацией шин и изоляторов.

Литература

1. Климкович П.И., Потачиц Я.В. Электродинамическая стойкость шинных конструкций комплектных распределительных устройств при коротком замыкании // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: сборник материалов IX Международной межвузовской научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов / УО ГГТУ им. П.О. Сухого. – Гомель, 2009. – С. 104–107.

2. ГОСТ 30323-95 «Короткие замыкания в электроустановках: Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания». Введен в действие с 01.03.1999. – 57 с.

УДК 621.316.933

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРЯДНИКОВ ДЛЯ ГРОЗОЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 6 – 30 кВ

Чертович А.С.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Защита ВЛ среднего класса напряжения 6 – 10 кВ от грозовых перенапряжений и пережога защищенных проводов является весьма актуальной задачей. В некоторых странах для этих целей пытаются применять ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН). Основным недостатком, определяющим техническую и экономическую нецелесообразность применения ОПН для грозозащиты воздушных линий (ВЛ), является то, что они выходят из строя при прямых ударах молнии (ПУМ). Эта крайне отрицательная их характеристика неоспорима и признается самими разработчиками ОПН.

Длинно-искровые разрядники (РДИ) принципиально отличаются от всех известных аппаратов и устройств грозозащиты, прежде всего, тем, что не подвержены повреждениям от токов грозовых воздействий, т. к. токи протекают по каналу разряда вне аппарата в воздухе. Это обусловлено их уникальными принципом действия и конструктивными параметрами, которые и предопределили успешную возможность их массового повсеместного применения для грозозащиты распределительных электрических сетей с необходимо высокой степенью надежности.

Принцип работы разрядников основан на использовании эффекта скользящего разряда, который обеспечивает большую длину импульсного перекрытия по поверхности разрядника. За счет этого, а также благодаря разбиению канала разряда на части промежуточными электродами, исключается переход импульсного перекрытия в силовую дугу тока промышленной частоты.

Существует три основных типа РДИ 10 кВ:

- РДИ шлейфового типа (РДИШ-10);
- РДИ модульного типа с длиной перекрытия по поверхности 1,5 м (РДИМ-10-1,5);
- РДИ модульного типа для компактных ВЛ (РДИМ-10-К).

РДИШ-10 рекомендуется применять в тех случаях, когда необходимо осуществлять двойное крепление проводов.

РДИМ-10-1,5 применяют для защиты участков линии, подверженных прямым ударам молнии, а также для защиты подходов к подстанциям ВЛ на деревянных опорах или на железобетонных опорах с изоляторами ШФ20Г или аналогичных им по классу напряжения.

РДИМ-10-К используют для защиты ВЛ компактного исполнения с расстоянием между соседними проводами около 0,5 м и с изоляторами класса 20 кВ в районах со степенью загрязнения не выше II.

Литература

1. Журнал «Кабель-news». – № 11. – 2007.
2. Гайворонский А.С., Клепиков А.В. Разрядники подвесного исполнения для защиты изоляции ВЛ 110–500 кВ от грозовых перенапряжений // Сборник докладов VII симпозиума «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА 2010». – М., 2003.

УДК 621.311

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И УСТРОЙСТВАХ

Шалесный В.А., Раманович А.А.

Научный руководитель – Красько А.С., к.т.н., доцент

Методические указания направлены на снижение числа и амплитуд высокочастотных коммутационных перенапряжений (ВЧ перенапряжений) в схемах высоковольтных подстанций 110 кВ и выше, на повышение безопасности и надежности работы высоковольтного оборудования.

Высокочастотные перенапряжения на элементах высоковольтных подстанций являются результатом высокоскоростной перезарядки емкостей шин распределительных устройств при электрических пробоях изоляционных промежутков во время аварий, аварийных и эксплуатационных коммутаций.

Высокочастотные перенапряжения возникают: в начальные моменты коротких замыканий на шинах подстанций и при неудаленных коротких замыканиях на присоединениях; при работе короткозамыкателей; при электрических пробоях межконтактных промежутков высоковольтных выключателей; при срабатывании искровых промежутков; при коммутациях разъединителями холостых участков шин и маломощных электрических аппаратов: шин ячеек выключателей, обходных систем шин, ячеек с трансформаторами напряжения, разрядниками и т. д.

Все мероприятия по защите от перенапряжений делятся на две группы: превентивные меры снижения перенапряжений; защита оборудования с помощью коммутационных защитных средств.

Превентивные меры – это предотвращение возникновения перенапряжений или ограничение их величины в месте их возникновения.

Коммутационные средства защиты от перенапряжений срабатывают и соединяют защищаемую цепь с заземлением в случае, когда перенапряжение в точке их установки превышает некоторую критическую величину.

Для прогноза атмосферных перенапряжений и выбора средств защиты необходимо иметь информацию: о возможном количестве разрядов молнии в защищаемое оборудование или вблизи него; о токах в разряде молнии.

Основные меры борьбы с ВЧ перенапряжениями обусловлены механизмом их генерации.

Для распределительных устройств с числом ячеек 10 и более или имеющих длинные (более 50 м) воздушные переходы к блочным трансформаторам, к трансформаторам и автотрансформаторам распределительных устройств смежных классов напряжения необходимо выполнить анализ ожидаемых уровней ВЧ перенапряжений при коммутациях разъединителями холостых участков шин. На подстанциях 220 кВ и выше целесообразно исключить подачу напряжения на протяженные холостые шины (например, обходные) и снятие напряжения с них с помощью разъединителей. В распределительных устройствах 330–1150 кВ, где нижняя граница частот ВЧ перенапряжений менее 200 кГц, целесообразна замена разрядников на ОПН. Если такая замена невозможна, необходимо предусмотреть меры, предотвращающие срабатывания разрядников при воздействии ВЧ перенапряжений. В первую очередь целесообразно использовать возможности принудительного и высокочастотного делений шин.

Для проектируемых распределительных устройств 110 кВ и выше должна проводиться научно-исследовательская экспертиза на ожидаемые уровни ВЧ перенапряжений при коммутациях разъединителями холостых участков шин в целях определения возможных опасных воздействий на высоковольтное оборудование и в

целях получения информации о ВЧ перенапряжениях как источнике мешающих и опасных влияний на вторичные цепи подстанций.

При расчетах ВЧ перенапряжений в схемах распределительных устройств 110 кВ и выше погонные параметры шин определяются при условии: шины рассматриваются как провод над идеально проводящей землей; расчетный радиус провода должен соответствовать расчетному радиусу чехла короны, соответствующему напряжению на шинах в момент пробоя межконтактного промежутка разъединителя; в качестве расчетного напряжения на шинах принимается положительная амплитуда фазного напряжения; продольным активным сопротивлением шин на частотах ВЧ перенапряжений можно пренебречь; учет поперечной активной проводимости шин необходим для правильного отображения затухания высокочастотного процесса.

Основной причиной нарушения нормальной работы заградителей в процессе эксплуатации является воздействие волн перенапряжений, возникающих в электрических сетях. В качестве защитных устройств заградителей необходимо использовать ОПН, которые должны быть адаптированы для работы в условиях магнитных полей реактора. Перенапряжения в последовательном контуре блока настройки заградителя могут в несколько раз превышать напряжение защитного уровня защитного уровня ОПН. В качестве элементной базы блока настройки должны применяться резисторы и высокочастотные конденсаторы, обеспечивающие стабильность заграждающего сопротивления заградителя в течении всего срока эксплуатации.

Литература

1. Внутренние перенапряжения на электрооборудование высокого и сверхвысокого напряжения / Половой И.О., Михайлов Ю.А., Халилов Ф.Х. / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Методические указания по ограничению высокочастотных коммутационных перенапряжений и защите от них электротехнического оборудования в распределительных устройствах 110 кВ и выше / Михайлов Ю.А. / Под ред. И.П. Кужекина. – М.: служба передового опыта ОРГРЭС, 1998.
3. Микуцкий Г.В. Высокочастотные заградители и устройства присоединения для каналов высокочастотной связи: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. Сайт <http://5ka.ru>.

УДК 621-52.001.24

РАСЧЕТ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ МИНСКОЙ ТЭЦ-4

Демешкевич Е. В., Чигорский Е. В., Новак А. В., Ерохов Е. Л.

Научный руководитель – Глинский Е. В.

Большую роль в работе электрических станций играет надёжность электродвигателей собственных нужд (СН). Так как возможны аварийные отключения или отключения по другим причинам, то необходима проверка их самозапуска при включении резервных источников питания. Проверка может выполняться несколькими способами: способом практического опыта - когда на электростанции отключаются основные источники питания и включается резервный. Такой способ сопряжен с опасностью потери питания СН и возникновению аварийных ситуаций на электростанции. Вторым способом определения успешности самозапуска является расчет самозапуска при отключении основного источника питания. Выполнение таких расчётов персоналом электростанции не всегда возможно и целесообразно, так как требует значительного объёма расчётных работ и отвлекает персонал от производственных функций.

Для выполнения расчёта самозапуска электродвигателей на кафедре электрических станций БНТУ была разработана соответствующая программа, позволяющая персоналу в режиме реального времени выполнять расчёт по проверке успешности самозапуска СН ТЭЦ. Это позволяет в короткие сроки получить необходимую информацию о самозапуске и избежать значительных материальных затрат.

Программный комплекс предназначен для расчета самозапуска электродвигателей напряжением 6 кВ СН ТЭЦ. При расчете самозапуска электродвигателей автоматически выполняются расчеты: исходного установившегося режима, режима короткого замыкания, группового выбега электродвигателей в бестоковую паузу и групповой самозапуск электродвигателей после восстановления напряжения.

Особенностью программы является наличие базы данных, содержащей сведения о трансформаторах СН ТЭЦ, о секциях напряжением 6 кВ распределительных устройств (РУ) СН ТЭЦ, связях между секциями 6 кВ, об электродвигателях напряжением 6 кВ и механизмах СН.

Результаты расчета самозапуска электродвигателей представляются в виде графиков изменения напряжения и тока секции (секций), скоростей вращения электродвигателей в процессе самозапуска. Исходные данные для каждого конкретного расчета формируются в виде таблиц, содержащих условия расчета и необходимые пояснения. Программа представляет собой комплекс, включающий в себя программу - диспетчер и отдельные программные блоки, позволяющие выполнять операции с базой данных, расчет самозапуска электродвигателей и отображение результатов расчета.

Выполнение расчетов самозапуска электродвигателей возможно только при наличии базы данных. Для работы программного комплекса в оперативную память ПЭВМ должен быть загружен головной файл «SAMOSAPU.EXE». Исполняемые файлы программы «VFILE2.EXE» и «DD.EXE» загружаются в оперативную память ПЭВМ по мере необходимости головным исполняемым файлом. При выполнении расчетов самозапуска электродвигателей программа создает вспомогательные файлы с расширениями, отличными от «.EXE» и «.DAT».

Программа разработана на базе алгоритмических языков Паскаль и Фортран применительно к ПЭВМ IBM или совместимым с ними ПЭВМ.

База данных, необходимых для выполнения расчетов самозапуска электродвигателей, содержит информацию об элементах схемы СН, каталог двигателей 6 кВ и каталог механизмов СН.

Расчет самозапуска электродвигателей выполняется в три этапа. На первом этапе формируется расчетная схема, в которой содержатся все сведения о присоединениях секции, о самой секции, о связях между секцией и основным и резервным источниками питания, об основном и резервном источниках питания и т.д., необходимые для расчета самозапуска электродвигателей выбранной секции.

На втором этапе задается информация, определяющая условия расчета самозапуска электродвигателей секции.

После этого на экране видеомонитора появляется сообщение «Подготовка данных к расчету окончена» и выполняется третий этап – расчет самозапуска электродвигателей выбранной секции.

В процессе расчета результаты выдаются на экран монитора в графическом отображении, относительные значения контролируемых параметров в темпе счета выводятся в виде графиков, так же на экран монитора выдаются пояснения, в которых приводится соответствие между контролируемыми параметрами и цветами графиков, отображающими их изменение в процессе самозапуска электродвигателей. Так же можно выполнить печать на принтере информации, определяющей условия выполненного расчета. Необходимо отметить, что сохраняется только информация, определяющая условия выполненного расчета. Информация, определяющая условия всех выполненных ранее расчетов, не сохраняется.

Литература

1 Георгиади В.Х., Логвенчева Н.В. Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы. Ч. 2: Расчет режимов работы электродвигателей собственных нужд при перерывах питания. – М.: Союзэнерго, 1983.

2 Георгиади В.Х., Логвенчева Н.В. Методические указания по испытаниям электродвигателей собственных нужд электростанций и расчетам режимов их работы. Ч. 3: Технические данные и характеристики агрегатов собственных нужд. – М.: Союзэнерго, 1983.

УДК 621.316

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ВЫБОРА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ

Алешкевич Р.К., Шляпик А.А., Климентионов А.К.

Научный руководитель – Булат В.А., к.т.н., доцент

Вся коммутационная аппаратура РУ электрической станции и подстанции должна надежно работать в условиях длительных, нормальных режимах, так же обладать достаточной динамической и термической стойкостью при возникновении самых тяжелых КЗ. Поэтому при выборе коммутационных аппаратов РУ очень важна проверка соответствия их параметров длительным рабочим и кратковременным, аварийным режимам, которые могут возникать в процессе эксплуатации.

Кроме того, следует учитывать внешние условия работы РУ (влажность, высоту над уровнем моря, окружающую температуру), так как эти условия могут потребовать коммутационную аппаратуру специального исполнения, обладающую большей надежностью.

Разъединитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации цепи без тока.

Назначение – создание надежного видимого разрыва цепи для обеспечения безопасного проведения ремонтных работ на оборудовании и токоведущих частях электроустановки.

Разъединитель не имеет дугогасительных устройств, поэтому прежде чем оперировать разъединителем, цепь должна быть отключена выключателем.

Допускается использовать разъединители для отключения и включения незначительных токов: ёмкостных токов шин коротких кабельных линий, токов утечки, токов намагничивания трансформаторов. Допустимость таких операций определяется ПТЭ и местными инструкциями по эксплуатации электроустановки.

Выбор разъединителей значительно проще, чем выбор выключателей, так как разъединители не предназначены для отключения ненормальных, тем более аварийных токов. В связи с этим при выборе их ограничиваются определением необходимых рабочих параметров: номинального напряжения и длительного номинального тока, а также проверкой на термическую и динамическую стойкость при сквозных токах КЗ.

На кафедре «Электрические станции» была создана программа VR.EXE для выбора высоковольтных разъединителей. По существующей программе одновременно может быть выполнен выбор четырех разъединителей для различных цепей главной схемы электрических соединений станции или подстанции. Программа составлена на алгоритмическом языке ФОРТРАН в операционной системе MS DOS.

Исходной информацией для выбора разъединителей являются: напряжение установки, номинальный ток, ударный ток, импульс квадратического тока КЗ. Кроме этого в отдельном файле (банке) VR.DAT содержатся каталожные данные разъединителей.

При работе программы выбора разъединителей определяется блок параметров разъединителей в банке данных, соответствующий заданным условиям, затем производится выбор разъединителей по условиям, приведенным выше. Результаты выбора коммутационной аппаратуры – тип разъединителя и его параметры выводятся в табличной форме. Если не найден разъединитель, удовлетворяющий заданным условиям, то на печать выводятся нулевые значения.

Для работы программы требуется подключение банка каталожных данных разъединителей, находящихся в файле VR.DAT и файла VR1.DAT, содержащего расчетные параметры цепей, где выбираются разъединители.

Все указанные исходные данные должны быть записаны в виде целых констант. Исходная информация заносится в файл VR1.DAT по бесформатной форме записи.

Данная программа нуждалась в усовершенствовании, в связи с появлением современных типов разъединителей. Нами были внесены изменения в алгоритм программы и добавлены новые типы разъединителей в банк каталожных данных, такие как: РПД, РГ, РВО, РВФ и РЛВОМ.

Модернизированная программа позволяет осуществлять выбор разъединителей имеющих широкий спектр конструктивных особенностей.

Литература

1. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебное пособие / И.П. Крючков, Н.Н. Кувшанский, Б.Н. Неклепаев. – 3-е изд. – М.: Энергия, 1978.
2. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
3. Разъединители серии РГ. Каталог ЗАО «Завод электротехнического оборудования». – Великие Луки, 2001.

УДК 621.316(086.14)

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Шарафанович Р.Г.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Данная работа позволяет ознакомиться с основными принципами защиты зданий и сооружений любого назначения от перенапряжений, позволяющие правильно подойти к вопросам проектирования строительных конструкций и системы молниезащиты объекта, рациональному размещению оборудования и прокладке коммуникаций.

Устройства защиты от импульсных перенапряжений широко используют для защиты объектов, которые находятся на открытой местности и имеют в своем составе высоко расположенные элементы конструкции. К таким объектам можно отнести коттеджи в сельской местности, промышленные объекты с высокими трубами, объекты связи с антенно-мачтовыми сооружениями (АМС) и т. п., в которые с большой степенью вероятности может ударить молния, а также объекты, имеющие воздушные вводы электропитания.

Международной Электротехнической Комиссией (МЭК) разработаны стандарты, в которых изложены принципы защиты зданий и сооружений любого назначения от перенапряжений. К ним относятся стандарт IEC-62305 «Защита от удара молнии», включающий в себя пять отдельных частей, которые заменили действовавшие ранее стандарты.

К основным параметрам относятся:

- номинальное рабочее напряжение;
- классификационное напряжение;
- импульсный ток;
- номинальный импульсный разрядный ток;
- максимальный импульсный разрядный ток;
- сопровождающий ток;
- уровень защиты.

Основные параметры защитного устройства выбирают исходя из назначения, требуемого уровня защиты от перенапряжений, места установки, а также схемы сети и ее параметров (наибольшего рабочего напряжения сети, способа заземления нейтрали, величины емкостного тока замыкания на землю и степени его компенсации, длительности существования однофазного или трехфазного замыкания на землю и т. д.).

Также необходимо оценить уязвимость самой электроустановки. Например, подземные системы электропитания по вполне понятным причинам считаются менее уязвимыми, чем воздушные. Высокая стоимость оборудования, подключенного к защищаемой электроустановке, может стать важным критерием для усложнения схемы защиты и наоборот.

При измерениях, производимых на электроустановке, когда методикой измерений предусматриваются испытания высокими напряжениями (например, проверка сопротивления изоляции проводов), необходимо отключать защитные устройства от электроустановки. Несоблюдение этого правила приведет к искажению результатов измерения или в худшем случае к выходу из строя устройств защиты от импульсных перенапряжений.

Литература

1. IEC 62305. Защита от удара молнии. Части 1–5.
2. IEC 61643-12 (2002). Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 12. Выбор и принципы применения.
3. ГОСТ Р 50571.19-2000. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений.
4. ГОСТ Р 50571.20-2000. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Глава 44. Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями.
5. ГОСТ Р 50571.21-2000. Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж оборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.
6. ГОСТ Р 50571.22-2000. Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации.
7. ГОСТ Р 50571.26-2002. Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 534. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений.
8. ГОСТ Р 51732-2001. Устройства вводнораспределительные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия.
9. ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98). Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Часть 1. Требования к работоспособности и методы испытаний.
10. ГОСТ Р 50339.0 (МЭК 60269-1-86). Низковольтные плавкие предохранители. Общие требования.
11. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
12. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
13. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
14. ETSI EN 300253 V2.1.0 (2001-12). Инжиниринг оборудования. Заземление и выравнивание потенциалов оборудования на объектах связи.
15. Рекомендации Международного Союза Электросвязи ITU-T K.27 (с учетом изменений, 1991). Защита от помех. Потенциаловыравнивающие соединения и заземление в здании объекта электросвязи.
16. РД 45.155-2000. Заземление и выравнивание потенциалов аппаратуры ВОЛП на объектах проводной связи.

УДК 621.311.17

НАВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Шмыгун О.Я.

Научный руководитель – Мазуркевич В.Н., к.т.н., доцент

Электрический ток, проходящий в проводах действующей линии электропередачи, создает переменное электромагнитное поле. Это поле находит в них электродвижущую силу. Наведенное напряжение и безопасность работ зависят от силы тока в проводах действующей линии, расстояния между проводами действующей и отключенной для ремонта линий, их длины и взаимного расположения. При работах на отключенной воздушной линии необходимо соблюдать специальные меры безопасности.

На проводах и тросах выведенной в ремонт воздушной линии электропередачи (ВЛ), находящейся в зоне влияния другой или других ВЛ высокого напряжения, наводится напряжение относительно земли. Это напряжение может представлять существенную опасность для ремонтного персонала. Если наибольшая величина наведенного напряжения по всей длине ВЛ не превышает 42 В, то линия относится к категории безопасного действия наведенного напряжения, и работы на ней можно проводить с использованием обычных средств защиты. Линии, на которых наибольший уровень наведенного напряжения превышает 42 В, относят к категории линий с сильным или опасным действием наведенного напряжения.

Оценку условий электробезопасности при работах на ВЛ под наведенным напряжением выполняют на основании результатов расчета и измерений уровня наведенного напряжения при максимальной рабочей нагрузке влияющих ВЛ. В случае обнаружения напряжения на проводах линии электропередачи, отключенной и подлежащей заземлению, необходимо определить наличие на них только наведенного напряжения. Перед выполнением работ на отключенных воздушных линиях электропередачи (ВЛЭП) необходимо проведение проверки отсутствия напряжения на токоведущих частях, которая осуществляется с помощью основного средства защиты – указателя напряжения (УН) контактного типа. Для предварительного выявления отсутствия или наличия напряжения возможно применение УН бесконтактного типа, а также некоторых видов сигнализаторов напряжения (СН), достоинством которых является то, что они позволяют провести проверку без подъема на опору, с земли.

Литература

1. Сайт <http://rayax.ru>.
2. Сайт <http://rayax.ru>.
3. Сайт info@energoform.ru.
4. Сайт <http://help.abiturcenter.ru>.

УДК 620.9:621.314

ХИМИЧЕСКИЕ ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

Глушко И.И., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Фундаментный заземлитель представляет собой заземлитель, который устанавливается в бетонном фундаменте сооружения. Он действует в качестве заземлителя системы молниезащиты в том случае, если требуемые внешние выводы для соединения токоотводов выведены из фундамента.

Электрическое заземление в условиях вечномерзлых грунтов всегда вызывает большие сомнения у разработчиков проектов электрических систем. Большинство проектных норм и справочной информации разработаны для районов с умеренным климатом, где вечномерзлые грунты не встречаются. Для районов с вечномерзлыми грунтами норм и методов решения – единицы.

Известны два способа достижения низкого сопротивления грунта в условиях вечномерзлых грунтов. Каждая технология эффективна по-своему, однако совместное использование этих методов удваивает их эффективность. Первый способ заключается в добавлении в грунт рядом с электродом электролитных минеральных солей. Второй способ заключается в замене грунта вокруг электрода материалом с высокой электрической проводимостью.

Самый простой путь совместного применения этих двух приемов – это использовать электрод, направленный минеральной солью, установив его в замененный грунт. Электрод с минеральной солью представляет собой медную трубу диаметром примерно 64 мм (2,5 дюйма) такой же длины, что и обычный заземлитель (3 метра). В трубе имеются отверстия по всей длине. Труба заполнена смесью минеральных электролитных солей, которые медленно проникают в окружающий грунт сквозь отверстия в стенках. Соли, проникая в окружающий грунт, повышают его электропроводность и предотвращают его промерзание. При этом они не вызывают ускорения коррозии материалов электрода.

Используется совместно с электропроводным материалом, изготовленным из смеси графита и глины. В условиях вечной мерзлоты значительно уменьшает электрическое сопротивление грунта и повышает работоспособность всей системы.

В ходе сбора информации было выявлено, что заземление – это преднамеренное соединение нетоковедущих элементов оборудования, которые в результате пробоя изоляции могут оказаться под напряжением, с землёй.

Литература

1. Сайт www.erico.com.

УДК 621.311.17

КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Грек Н.О., Раманович А.А.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

В последнее время стал очень актуальным вопрос об отрицательном влиянии на электрооборудование кратковременных перенапряжений, возникающих в электропитающих сетях 220/380 В. Источниками этих перенапряжений обычно являются грозовые разряды и промышленные (коммутационные) помехи.

При эксплуатации на изоляцию электрооборудования, наряду с длительным воздействием рабочего напряжения воздействуют кратковременные перенапряжения.

Коммутационные перенапряжения возникают при включении ненагруженной линии, при котором на квазистационарное перенапряжение за счет емкостного эффекта накладываются затухающие колебания на емкости и индуктивности линии, частота которых зависит от длины линии. Амплитуда колебательной составляющей максимальна при угле включения 90° или 270° и величина ее составляет порядка двух амплитуд установившегося режима. При совпадении частоты собственных колебаний линии с частотой сети амплитуда колебательной составляющей может достигнуть десятикратной величины вынужденной составляющей.

Грозовой разряд является наиболее мощным источником импульсных перенапряжений. Во время разряда молнии в ее стволе возникают огромные токи, при протекании которых возникают опасные потенциалы напряжений.

Вне зависимости от источника возникновения импульсного перенапряжения, пути проникновения импульсных перенапряжений сходны. Главным условием проникновения, кроме источника перенапряжений, является наличие длинной линии, в которой и происходят наводки.

Для того чтобы защитить объект от воздействия любого вида перенапряжений, в первую очередь необходимо создать эффективную систему заземления и уравнивания потенциалов. При этом желателен переход на системы питания TN-S TN-C с разделенными нулевыми и защитными проводниками.

Эффективным способом защиты является зонное разделение объекта. В объекте, разделенном на зоны, при переходе из одной зоны в другую происходит ограничение пиковых величин перенапряжений до уровней допустимых в данной зоне. Чем выше номер зоны, тем ниже значения допустимых уровней импульсных помех.

Существует три основных типа устройств защиты от импульсного перенапряжения: разрядник, варистор и разделительный трансформатор.

Одной из серьезных проблем в процессе организации защиты оборудования от грозового и коммутационного перенапряжения является то, что нормативная база в этой области до настоящего времени разработана недостаточно.

Литература

1. Техника высоких напряжений / Под ред. Д.В. Разевига. – М., 1963.
2. Сайт <http://matlab.exponenta.ru>.
3. Сайт <http://rayax.ru>.
4. Сайт <http://www.electrolibrary.info>

УДК 621.313.333.2

ЗАЩИТА СООРУЖЕНИЙ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Катрич А.Е., Раманович А.А.

Научный руководитель – Климкович П.И.

Перенапряжение является одним из наиболее опасных аварийных режимов работы электрооборудования, вызывающим условия, в большинстве случаев достаточные для возникновения пожара.

Перенапряжением, называется кратковременное повышение напряжения до значения, опасного для изоляции электрооборудования. Перенапряжения возникают вследствие электромагнитных колебательных процессов, вызванных изменением режима работы электрических цепей и при разрядах молнии. Главную опасность в электрических установках напряжением 1–220 кВ представляют возникающие при грозовых разрядах атмосферные перенапряжения.

Процесс атмосферного перенапряжения упрощенно можно представить следующим образом. Нижняя часть грозового облака (обычно заряженная отрицательно) и земля образуют своего рода конденсатор с обкладками облако – земля. По мере накопления отрицательных зарядов облака и положительных зарядов земли растет напряженность электрического поля между ними. Когда напряженность в каком-нибудь месте достигает критического значения (25–30 кВ/см), воздух ионизируется и начинается развитие разряда с облака на землю.

Перед моментом разряда в проводах линии электропередачи возникает электрический ток, обусловленный притягиванием положительных зарядов с дальних участков линии к месту расположения облака. После разряда молнии электрическое поле исчезает вследствие нейтрализации зарядов облака и земли, накопившиеся в линии заряды больше не удерживаются электрическим полем и начинают растекаться к обоим концам линии. Так возникают две электромагнитные волны индуктированного перенапряжения, движущиеся по линии в противоположных направлениях со скоростью света.

Прямой удар молнии в линию электропередачи при этом не обязателен. Но если он происходит, то также приводит к образованию двух волн перенапряжения, идущих вдоль линии в противоположные стороны. В данной ситуации перенапряжение особенно велико, амплитуда тока молнии достигает в среднем 25 кА, а в одном случае из ста – 200 кА.

Если это напряжение превышает электрическую прочность изоляции в какой-либо точке линии или на подстанции, то происходит перекрытие изоляции, ее пробой и короткое замыкание.

Электрические установки на подстанциях защищают от прямых ударов молнии вертикальными стержневыми молниеотводами, а линии – горизонтальными молниеотводами. Вертикальный стержневой молниеотвод представляет собой высокий столб с проложенным вдоль него стальным проводом, который соединен с заземлителем. Горизонтальный молниеотвод представляет собой провод, расположенный над фазными проводами линии на тех же опорах. Чем выше над защищаемым объектом расположен молниеотвод, тем больше его защитная зона, в которой молниеотвод как бы перехватывает молнию и отводит ее в землю.

$$r_x = h_a \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h} p} \quad r_x = h_a \cdot \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h} \cdot p},$$

где h_a – разность высот молниеотвода и защищаемого объекта, $h_a = h - h_x$;

p – коэффициент, $p = 1$ при $h < 30$ м.

Для защиты объектов, занимающих большую площадь (например, открытых подстанций), применяют два или четыре вертикальных молниеотвода. Площадь защитной зоны группы из двух и особенно из четырех молниеотводов значительно больше, чем сумма площадей защитных зон двух или четырех одиночных молниеотводов. Необходимое условие защищенности всей площади четырьмя молниеотводами: Защитная зона вертикального молниеотвода имеет вид конуса с радиусом r_x на высоте h_x (рисунок 1). Значение r_x определяют по формуле

$$D = 9h_a,$$

где D – расстояние между молниеотводами по диагонали.

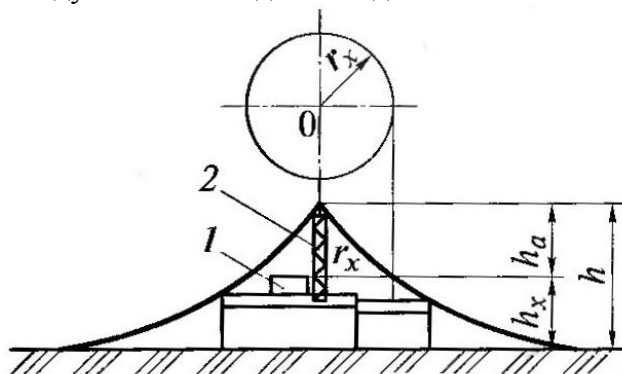


Рисунок 1. Защитная зона молниеотвода: 1 – защищаемый объект; 2 – молниеотвод

Тросовые молниеотводы защищают линию на всей протяженности тросов. Для отвода токов разряда молнии в землю молниеотводы присоединяются к заземляющему устройству (заземлителю) на подстанции и на каждой опоре линии. Заземлители выполняют из стальных труб, прутков или уголков, вбиваемых в землю. Сопротивление заземлителей опор линий электропередачи должно быть не более 30 Ом, сопротивление заземляющего устройства подстанции – не более 0,5 Ом.

Защита зданий, закрытых подстанций, распределительных устройств от прямых ударов молнии выполняется заземлением молниеприемной сетки, железобетонных несущих конструкций кровли или металлического покрытия кровли. При отсутствии металлических покрытий на крыше здания устанавливают стержневые молниеотводы. Открытые РУ и подстанции защищают стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на опорах РУ. Подходы воздушных линий напряжением 35 кВ защищают тросовыми молниеотводами на протяжении 1–4 км, а линии напряжением 110 кВ и выше – по всей длине. Требования к молниезащите и конструкции ее устройств приведены в ПУЭ.

Наличие молниезащиты воздушных линий и подстанций не предотвращает возникновение атмосферных перенапряжений при разрядах молнии вблизи подстанций и линий. Поэтому грозозащита воздушных линий, подстанций и РУ предусматривает установку на линиях, не защищенных тросами по всей длине, трубчатых разрядников, установку в РУ вентильных разрядников, применение на изоляторах защитных промежутков. Разрядники настраивают так, чтобы происходил пробой их разрядных промежутков при возникновении перенапряжения: в установках напряжением до 35 кВ – до $9U_H$, в установках напряжением 35 кВ – до $4U_H$, в установках напряжением 110 кВ и выше – до $(2,4–2,9)U_H$. В результате пробоя импульс напряжения отводится в землю, после чего дуга в разряднике гаснет при переходе тока через нулевое значение. В пожаро- и взрывоопасных электроустановках возникает повышенное напряжение еще одного вида, с которым необходимо считаться и принимать меры противодействия. При наполнении резервуаров и сливных операциях возможно образование зарядов статического электричества. В результате трения происходит электризация потока

сжатого воздуха, ременных передач и т. д. Заряды статического электричества резко увеличиваются при наличии примесей воды, пыли или грязи в потоке жидкости, газа. Основной мерой защиты от возникновения искр при разряде статического электричества служит заземление резервуаров, трубопроводов, сливо-наливных устройств. Кроме того, запрещается сливать жидкость свободно падающей струей и применять ременные передачи в пожароопасных помещениях.

Литература

1. IEC-1024-1: 1990. Защита сооружений от удара молнии. Часть 1: Общие принципы.
2. IEC 1643-1 (37A/44/CDV: 1996-03). Устройства защиты от волн перенапряжения для низковольтных систем распределения электроэнергии. Эксплуатационные требования и методы испытания.
3. Правила устройства электроустановок / МинЭнерго РБ. – 6-ое изд., перераб. и доп., с изменениями. – Минск: Технопринт, 2006. – 646 с

УДК 620.9:621.314

МЕТАЛЛООКСИДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Афанасьева Ю.С.

Научный руководитель – Пономаренко Е.Г., к.т.н., доцент

Данная работа позволяет ознакомиться с некоторыми понятиями о металлооксидных распределителях перенапряжения, что позволит более эффективно защищать электрооборудование от всех видов перенапряжений, которые могут возникнуть в электрических сетях.

Вентильные разрядники, как правило, применявшиеся ранее для защиты от перенапряжений в районных и распределительных сетях заменяют ограничители перенапряжения (ОПН).

Принцип действия ОПН на металлооксидных сопротивлениях основан на использовании нелинейной вольтамперной характеристики оксида цинка. При приложении к ОПН номинального напряжения ток через него носит емкостный характер и очень мал, при возникновении перенапряжений ток через него лавинообразно растет и может достичь нескольких тысяч ампер.

Преимущества ОПН: простота конструкции; высокая надежность; стойкость к внешнему загрязнению изоляционного корпуса; способность ограничивать внутренние перенапряжения, большая взрывобезопасность у ограничителей перенапряжения с полимерным корпусом, меньшие габариты и масса, чем у разрядников, могут использоваться в сетях постоянного тока.

С технической стороны выбор ОПН сводится к его вольтамперной характеристике – для его безопасной работы в электрической сети ВЛХ поднимают, а с другой необходимо снижать. Наибольшее рабочее напряжение сети – определяющая величина при выборе ОПН.

При защите силовых трансформаторов от грозового перенапряжения ОПН должен устанавливаться до коммутационного аппарата и присоединяться наикратчайшим путем от вводов трансформатора к заземляющему устройству подстанции.

Расшифровка условного обозначения типа ограничителя: О – ограничитель; П – перенапряжений; Н – нелинейный; П – в полимерном корпусе; Х – номинальное напряжение ограничителя, кВ; Х – наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ; Х – номинальный разрядный ток, кА; Х – класс пропускной способности 1–400 А, 2–500 А, 3–750 А; П – степень загрязнения изоляции по ГОСТ 9920; УХЛ Х – климатическое исполнение по ГОСТ 15150.

ОПН предназначены для защиты: электрооборудования подстанций; кабельных сетей; электродвигателей и генераторов; воздушных линий электропередач. ОПН применяются: в энергосистемах переменного и постоянного тока; на электрифицированных сетях железных дорог; на предприятиях химической промышленности.

Система CLX абсолютно необходима для сетей с изолированными проводами. CLX предотвращает расплавление и падение на землю изолированных проводов воздушных линий при перенапряжениях, вызванных ударами молнии.

Электрические защитные характеристики аналогичны по характеристикам ОПН типа «HDA», однако BDA был специально модифицирован для условий применения ОПН на подвижном составе: сильные удары; сильные вибрации; большие токи короткого замыкания; частота от 16 2/3 Гц до 60 Гц.

Низковольтные ОПН типа «LVA» обеспечивают защиту низковольтных воздушных линий, отводов в жилые дома и распределительных трансформаторов. ОПН, как правило, присоединяются параллельно защищаемому оборудованию по схеме «фаза-земля», причем подключение ОПН к шине заземления осуществляется

жестко с применением болта, а к фазной шине по кратчайшему пути с помощью одножильного медного проводника сечением не менее 6 мм^2 или алюминиевого проводника сечением не менее 16 мм^2 .

В процессе эксплуатации ОПН не подлежат ремонту и не требуют проведения профилактических испытаний повышенным напряжением в течение всего срока службы.

Литература

2. Сайт <http://allbest.ru>.
3. Сайт <http://forca.ru>.

УДК 620.9.001.5

ВИДЫ ПОМЕХ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ В ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Корженко А.В., Лукьянюк М.С.

Научный руководитель – Бобко Н.Н., доцент

Линии связи возникли одновременно с появлением электрического телеграфа. Первые линии связи были кабельными. Однако вследствие несовершенства конструкции кабелей подземные кабельные линии связи вскоре уступили место воздушным. Первая воздушная линия большой протяженности была построена в 1854 г. между Петербургом и Варшавой. В начале 70-х годов прошлого столетия была построена воздушная телеграфная линия от Петербурга до Владивостока длиной около 10 тыс. км. В 1939 г. была пущена в эксплуатацию величайшая в мире по протяженности высокочастотная телефонная магистраль Москва – Хабаровск длиной 8300 км.

Помехой называется стороннее возмущение, действующее в системе передачи и препятствующее правильному приёму сигналов. Источники помех могут находиться как вне, так и внутри самой системы передачи. Если помеха регулярна и известна, то борьба с ней не представляет затруднений. Например, фон переменного тока может быть устранён компенсацией; помеха от определенной радиостанции с модуляционным спектром нормальной ширины устраняется соответствующим фильтром. Борьба же со случайными помехами представляет наибольшее затруднение.

Среди всех случайных процессов особое место занимает процесс с нормальным распределением (гауссов процесс). Дело в том, что большое число действительных случайных процессов является гауссовыми. Это обстоятельство находит себе объяснение в известной теореме Ляпунова, согласно которой распределение суммы независимых случайных величин (при некоторых достаточно широких условиях) сходится к нормальному, вне зависимости от характера распределения слагаемых.

Одним из наиболее очевидных, но часто упускаемых из виду путей проникновения шумов в схему являются провода. Проходя через «зашумленное» пространство, проводник получает шумовые наводки, а затем передаёт их другой схеме. Это вызывает помехи. Решение состоит в защите проводника от шумов или в обеспечении развязки, благодаря которой шумы отводятся с проводника прежде, чем попадут в чувствительную схему.

Основным примером такого вида связи являются шумы, проникающие в схему по проводам сети. В случае, если разработчик не имеет возможности контролировать сеть или если к сети подключают и другую аппаратуру, возникает необходимость в развязке проводов сети по шумам до их подсоединения к схеме.

Еще один вид связи представляет собой излучение электрического и магнитного полей. Все элементы схем, включая проводники, при движении по ним электрических зарядов излучают электромагнитные поля. Кроме такого не предусмотренного разработкой излучения, существует проблема преднамеренного излучения от таких источников, как радиовещательные и радиолокационные станции. Когда приёмник расположен вблизи источника (в ближнем поле), электрическое и магнитное поля рассматривают отдельно. Если же приемник находится далеко от источника (в дальнем поле), излучение рассматривается как комбинация электрического и магнитного полей, то есть как электромагнитное излучение.

В своей работе «Методы подавления шумов и помех в электронных системах» Г. Отт перечислил основные методы и дал практические рекомендации по борьбе с помехами: экранирование, заземление, балансировка, фильтрация, изоляция,

разнесение и ориентация, регулировка величины полного сопротивления схемы, выбор кабеля, подавление (в частотной или временной области).

Помехоустойчивость технического устройства (системы) – способность устройства (системы) выполнять свои функции при наличии помех. Её оценивают интенсивностью помех, при которых нарушение функций устройства ещё не превышает допустимых пределов. Эта общая формулировка должна быть уточнена применительно к различным условиям передачи, то есть должна быть установлена количественная мера помехоустойчивости.

Литература

1. Бойерле Х.П., Беценар Г.Бах. Коммуникация в технике автоматизации. – Пер. с нем. – Берлин, Мюнхен: АО Siemens, 1991. – 155 с.
2. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Советское радио, 1978. – 375 с.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.
4. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей: Энциклопедия. – СПб.: Питер, 2000. – 576 с.
5. Защита от радиопомех / Под ред. М.В. Максимова. – М.: Советское радио, 1976. – 496 с.
6. Зимин В.В. Промышленные сети: Учеб. пособие для студентов вузов. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2008. – 252 с.
7. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
8. Осмоловский С.А. Стохастические методы передачи данных. – М.: Радио и связь, 1991. – 240 с.
9. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах / Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 318 с.
10. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Пер. с англ. – 2-е изд, испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
11. Таненбаум Э. Компьютерные сети. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с.
12. Трахтман А.М., Трахтман В.А. Основы теории дискретных сигналов на конечных интервалах. – М.: Советское радио, 1975. – 208 с.
13. Тузов Г.И. Статистическая теория приёма сложных сигналов. – М.: Советское радио, 1977. – 400 с.
14. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Советское радио, 1970. – 728 с.
15. Харкевич А.А. Борьба с помехами. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1965. – 276 с.
16. Хармут Х.Ф. Передача информации ортогональными функциями. – М.: Связь, 1975. – 272 с.
17. Хелд Г. Технология передачи данных. – 7-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 720 с.

УДК 681.3.06

ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Коваль А.А., Баран А.Г.

Научный руководитель – Климкович П.И.

В инженерной практике часто требуется рассчитать геометрические параметры того или иного сечения, влияющие на его прочностные или жесткостные характеристики. Для этих целей можно использовать программный пакет MathCAD. В задаче требуется найти положение главных центральных осей и главные моменты инерции для произвольного сечения, ограниченного известными функциями.

Вычисление геометрических характеристик сечения производится с помощью прямого использования формул, определяющих статические моменты, осевые и центробежные моменты инерции и др. Для этого сводятся интегралы к повторным, рассчитав пределы интегрирования (область сечения ограничена двумя кривыми $z_1(y)$ и $z_2(y)$ и вертикальной прямой, расположенной на известном расстоянии от оси z).

Алгоритм вычисления геометрических характеристик сечения. На первом этапе находится положение центра тяжести сечения O_C . Сначала вычисляются площадь области F и статические моменты S_y и S_z . Для этого используются функции кривых, ограничивающих сечение сверху и снизу. Определяются координаты y_C и z_C центра тяжести. По полученным координатам строятся центральные оси исследуемого сечения. Далее вычисляются осевые и центробежные моменты инерции. Определяются моменты инерции сечения относительно центральных осей. Далее вычисляются главные моменты инерции J_{z1} и J_{y1} в системе главных центральных осей. Находится угол α_0 , на который необходимо повернуть систему координат так, чтобы она совпала с главными центральными осями инерции. Определяется положение главных осей.

Решение представленной задачи в математической системе MathCAD. Приведенный выше алгоритм был объединен в программный модуль, позволяющий в интерактивном режиме изображать сечение и систему главных центральных осей при произвольных значениях исходных данных (рисунок 1–4).

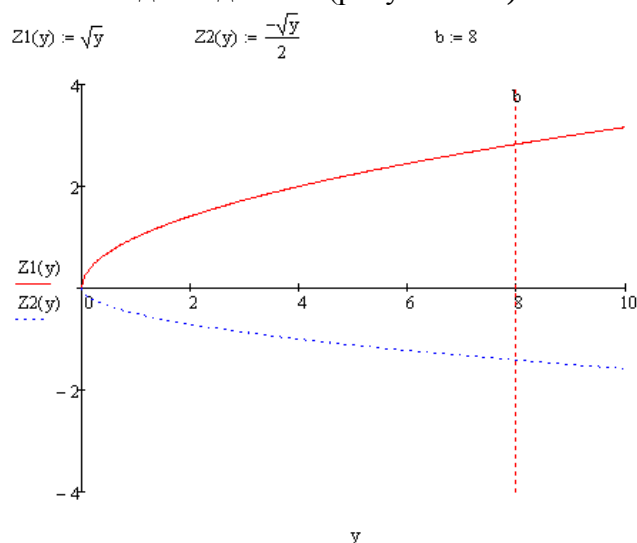


Рисунок 1

Определение площади области F и статических моментов S_y и S_z

$$F := \int_0^b \int_{Z2(y)}^{Z1(y)} 1 \, dZ \, dy = 22.627$$

$$S_z := \int_0^b \int_{Z2(y)}^{Z1(y)} y \, dZ \, dy = 108.612 \quad S_y := \int_0^b \int_{Z2(y)}^{Z1(y)} Z \, dZ \, dy = 12$$

$$Y_c := \frac{S_z}{F} = 4.8 \quad Z_c := \frac{S_y}{F} = 0.53$$

Определение осевых и центробежного моментов инерции

$$J_z := \int_0^b \int_{Z2(y)}^{Z1(y)} y^2 \, dZ \, dy = 620.638 \quad J_y := \int_0^b \int_{Z2(y)}^{Z1(y)} Z^2 \, dZ \, dy = 27.153$$

$$J_{yz} := \int_0^b \int_{Z2(y)}^{Z1(y)} Z \cdot y \, dZ \, dy = 64$$

Рисунок 2

Определение моментов инерции сечения относительно центральных осей

$$J_{yC} := J_y - Z_c^2 \cdot F = 20.789 \quad J_{zC} := J_z - Y_c^2 \cdot F = 99.303 \quad J_{yzC} := J_{yz} - Z_c \cdot Y_c \cdot F = 6.4$$

Определение моментов инерции J_{z1} и J_{y1} в системе главных центральных осей

$$J_{y1} := [J_{yC} + J_{zC} - \sqrt{(J_{yC} + J_{zC})^2 + 4 \cdot J_{yzC}^2}] \cdot 0.5 = -0.34$$

$$J_{z1} := [(J_{yC} + J_{zC}) + \sqrt{(J_{yC} + J_{zC})^2 + 4 \cdot J_{yzC}^2}] \cdot 0.5 = 120.432$$

Определение угла α_0 - угла поворота осей инерции сечения

$$\alpha_0 := 0.5 \cdot \arctan\left(2 \cdot \frac{J_{yzC}}{J_{yC} - J_{zC}}\right) = -0.081$$

Положение главных осей

$$Z1z(y) := \tan(\alpha_0) \cdot (y - Y_c + Z_c) \quad Z2z(y) := \begin{cases} \frac{-(y - Y_c + Z_c)}{\tan(\alpha_0)} & \text{if } \alpha_0 \neq 0 \end{cases}$$

Рисунок 3

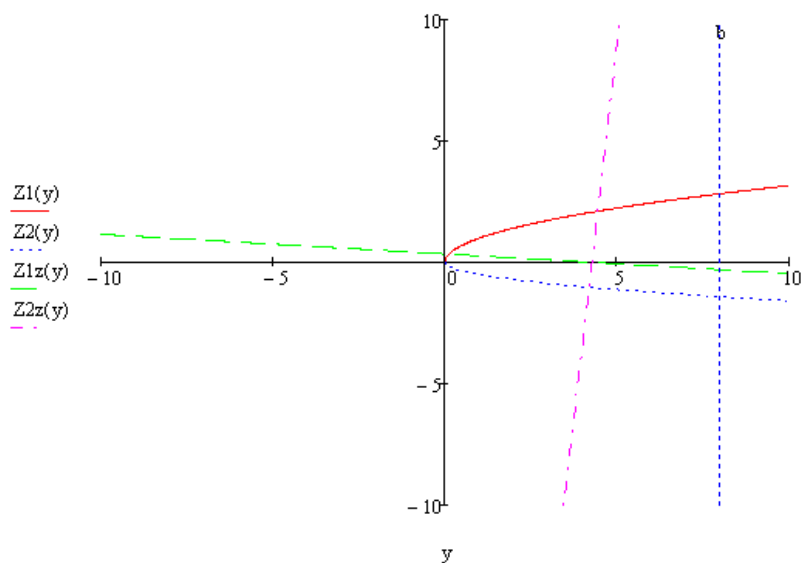


Рисунок 4

Приведенные выше элементы файла были объединены в программный модуль, позволяющий в интерактивном режиме изображать сечение и систему главных центральных осей при произвольных значениях исходных данных (рисунок 1–4).

Литература

1. Коваль А.А. Расчет геометрических характеристик плоского сечения при помощи MathCAD // Актуальные проблемы энергетики: материалы 64-й научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов (апрель 2008 года) / БНТУ. В 2-х т. Ч. 1. – Минск, 2010. – С. 151–154.
2. Макаров Е.Г. Сопротивление материалов на базе MathCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.
3. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD. – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.

УДК 621.316.001.57

АНАЛИЗ ТЕОРИЙ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ

Катрич А.Е., Раманович А.А.

Научный руководитель – Булойчик Е.В.

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) в распределительных сетях 6–10 кВ – преобладающий вид повреждений и составляют более 75 % от общего числа повреждений. ОЗЗ представляют значительную опасность для людей, установок и сетей. Токи замыкания на землю разрушают изоляцию сетей и электрооборудования. При дуговых замыканиях на землю (ОДЗ) возникают перенапряжения, которые могут быть причиной разноместных повреждений изоляции и двойных замыканий на землю.

Перенапряжениям при дуговых замыканиях на землю посвящено большое количество работ. Основоположителем теории перенапряжений был Петерсен, который в 1916 г. объяснил физическую сущность процесса возникновения перенапряжений. Петерс и Слепян в 1923 г. предложили теорию перенапряжений, отличную от теории Петерсена. В 1957 г. Беляков Н.Н. предложил теорию возникновения перенапряжений при дуговых замыканиях на землю, которая занимает промежуточное положение между теориями Петерсена и Петерса и Слепяна [1].

Сущность этих теорий и механизмы развития перенапряжений кратко состоят в следующем.

По теории Петерсена:

1. Горение дуги продолжается полпериода свободных колебаний.
2. Значения угловой частоты свободных колебаний при горении дуги $\omega_k = 1/\sqrt{3LC}$ (C – емкость фазы относительно земли, L – индуктивность рассеивания питающих трансформаторов).
3. При первом прохождении тока колебаний через нуль дуга погасает.
4. Значение частоты при восстановлении $\omega_b = 1/\sqrt{LC}$.
5. Повторное зажигание дуги наступает через полпериода промышленной частоты при максимальном напряжении на поврежденной фазе.
6. Время горения дуги при каждом повторном зажигании равно полупериоду свободных колебаний.
7. После каждого гашения дуги возрастает напряжение смещения нейтрали.
8. Восстановление напряжения на поврежденной фазе имеет колебательный характер с пиком, превышающим величину фазного напряжения.
9. Диэлектрическая прочность места повреждения нарастает быстрее, чем величина восстанавливающегося напряжения.
10. С учетом ограничивающего влияния междофазных емкостей и затухания колебаний уровни перенапряжения достигают $U_{\max} = 3,6U_{\phi}$.

По теории Петерса и Слепяна:

1. Горение дуги продолжается до перехода через нуль тока промышленной частоты.
2. Гашение дуги происходит без переходного процесса, т. е. отсутствуют пики восстанавливающегося напряжения.
3. После каждого гашения дуги напряжение смещения нейтрали остается постоянным и равным U_{ϕ} .
4. Повторные зажигания дуги происходят регулярно через каждый период при максимальном напряжении на поврежденной фазе.

5. Длительность горения дуги при каждом повторном зажигании равна полупериоду промышленной частоты.

6. Восстановление напряжения на поврежденной фазе после гашения дуги происходит плавно с промышленной частотой.

7. Перенапряжения на здоровых фазах не превышают значений $(3-3,1)U_{\phi}$.

По теории Белякова:

1. Гашение дуги происходит при каждом прохождении тока через нуль.

2. Повторное зажигание дуги происходит через малую долю периода собственных колебаний при малых напряжениях восстановления ($U_{кр} = 0,37U_{\phi}$ для сети 6 кВ и $U_{кр} = 0,22U_{\phi}$ для сети 10 кВ).

3. Гашение дуги на длительное время имеет место в тех случаях, когда высокочастотный максимум восстанавливающегося напряжения достаточно мал и становится меньше величины диэлектрической прочности изоляции, приобретаемой местом повреждения за время восстановления.

4. Максимально возможные перенапряжения с учетом затухания и междугазных емкостей равны $3,2U_{\phi}$.

При оценке перенапряжений учитывают наиболее очевидные параметры: емкости фаз относительно земли C ; емкости между фазами C_m ; индуктивности рассеивания питающих трансформаторов L ; активные сопротивления изоляции сети $R_{и}$ и др.

В работах [2, 3, 4] исследовано влияние сопротивления цепи замыкания на землю на переходные процессы при ОЗЗ. Наибольшая вероятность возникновения ОЗЗ с переходным сопротивлением 0–200 Ом. В [5] производилось экспериментальное измерение сопротивления каналов дуги при пробое или перекрытии изоляции.

Указанный фактор определяет уровни перенапряжений при перемежающейся дуге. Сопротивление в цепи ОЗЗ обуславливает затухание амплитуд токов и напряжений поврежденной и неповрежденных фаз.

По результатам регистрации в действующих сетях [6, 7] уровни перенапряжений при ОЗЗ в отдельных случаях достигают значений, превышающих четырехкратную величину. В сетях с малыми токами замыкания, которые обладают большим количеством самоустраняющихся ОЗЗ, перенапряжения оказываются выше, чем в сетях с большими токами [8]. Наряду с этим в сетях напряжением 6–10 кВ достаточно часто наблюдаются случаи, когда заземляющая дуга горит устойчиво при токах замыкания на землю менее 5 А. Высокие уровни перенапряжений при ОДЗ вызваны повторными зажиганиями дуги.

Выводы:

1. Исходя из факта, что время перехода от токов замыкания к токам пробоя составляет микросекунды, перемежающуюся дугу можно рассматривать как коммутатор, замыкающий поврежденную фазу на землю через сопротивление, величина которого равна установившемуся значению сопротивления цепи замыкания на землю.

2. При ОЗЗ в цепи замыкания на землю величина сопротивления цепи изменяется в широких пределах.

Литература

1. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М.: Энергия, 1971. – 152 с.
2. Толмачов С.Т., Барановська М.Л. Моделювання процесів дугових замикань на землю в мережах з ізольованою нейтраллю // Вісник ВПІ. – 1997. – № 4. – С. 36–40.

3. Барановская М.Л. Влияние сопротивления цепи замыкания на землю на характер и уровни перенапряжений при однофазных замыканиях // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 1998. – № 63. – С. 31–37.
4. Барановська М.Л. До теорії перенапруг під час дугових замикань на землю в мережах з ізольованою нейтраллю // Вісник ВПП. – 1999. – № 1. – С. 45–49.
5. Щуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с.
6. Самойлович И.С. К оценке переходных сопротивлений при однофазных замыканиях на землю в сетях 6–10 кВ // Проблемы технической электродинамики. – 1972. – вып. 37.
7. Самойлович И.С. Защита от перенапряжений электроустановок открытых горных работ. – М.: Недра, 1992. – 128 с.
8. Зархи И.М., Мешков В.Н., Халилов Ф.Х. Внутренние перенапряжения в сетях 6–35 кВ. – Л.: Наука, 1986. – 128 с.

УДК 620.9:621.314

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ЭЛЕКТРОДЫ

Давшко Д.В., Дунченко Д.А., Соколов В.В.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Заземляющий электрод представляет собой критический элемент системы заземления. Они обеспечивают соединение электрического оборудования непосредственно с земным влажным токопроводящим слоем.

Используется большое количество различных электродов, некоторые из них являются «естественными», а некоторые – «искусственными». К «естественным» электродам относятся подземные металлические водопроводные трубы, металлические каркасы зданий (при условии их надежного заземления), медные провода или арматурные стержни бетонного фундамента или подземные конструкции и системы. «Искусственные» электроды устанавливаются специально для улучшения качества заземления системы. Для понижения сопротивления такие электроды заземления должны идеально проникать во влагосодержащий уровень, расположенный ниже уровня заземления. Они также должны быть снабжены металлическими проводниками, которые не будут подвержены чрезмерной коррозии за время своего ожидаемого срока службы. В качестве электродов заземления не разрешается использовать подземные газовые трубы или алюминиевые электроды.

Очень часто подбор заземляющих стержней осуществляется исходя из их стоимости и устойчивости к коррозии. Нередко под стоимостью продукта понимается его начальная цена приобретения, в то время как реальная величина стоимости стержневого заземляющего электрода определяется сроком его эксплуатации.

Оцинкованные стальные стержни являются одними из самых дешевых электродов. Однако по той причине, что срок их службы относительно невелик, они не являются наиболее эффективными с точки зрения стоимости. Цельные стержни заземления из меди или нержавеющей стали обладают более длительным сроком службы, но их цена значительно выше цены оцинкованных стальных стержней заземления. Кроме того, цельные медные стержни заземления не годятся для забивания в грунт на большую глубину или даже на небольшую глубину в скалистый грунт, т. к. они могут погнуться.

В качестве компромиссного решения были разработаны стержни заземления со стальным сердечником, заключенным в оболочку из меди или нержавеющей стали. Цена на такие стержни заземления ниже, чем у их цельных аналогов. К тому же, их можно глубоко вбивать в грунт.

Необходимо отметить, что некоторые грунты и контактные площадки могут быть несовместимыми с медью. В таких случаях лучше использовать стержни из нержавеющей стали.

Существует так же химические заземляющие электроды. Они созданы специально для грунтов, обладающих высоким удельным сопротивлением (скальный грунт, песок, вечномёрзлый грунт и пр.). В таких грунтах обычно затруднено или принципиально невозможно использование классического способа заземления.

Химический электрод представляет из себя медную трубу с отверстиями, в которую засыпается электролитическая соль. Соли, принимая в окружающий грунт, повышают его электропроводность. Кроме того, электролитическая соль предотвращает промерзание вечномёрзлого грунта вокруг электрода.

Электрическое заземление в условиях вечномёрзлых грунтов всегда вызывает большие сомнения у разработчиков проектов электрических систем. В районах с вечномёрзлыми грунтами, таких как Сибирь, Канада, Аляска и др., почва заморожена на глубину до 2-х километров. Такая почва имеет удельное электрическое

сопротивление на порядок больше, чем в обычных условиях, что вызывает большие трудности со строительством контура заземления.

Но в районах с вечномёрзлым грунтом все равно существуют сезонные изменения состояния почвы. За летний период происходит оттаивание верхнего слоя (1-10 метров – в зависимости от широты и характера климата). Грунт в таком слое имеет такие же свойства, как и грунт в районах с умеренным климатом. Соответственно в зимний период, когда почва замерзает, ее сопротивление резко повышается.

Известны два способа достижения низкого сопротивления грунта в условиях вечномёрзлых грунтов. Каждая технология эффективна по-своему, однако совместное использование этих методов удваивает их эффективность.

Первый способ заключается в добавлении в грунт рядом с электродом электролитных минеральных солей. Это предотвращает замерзание грунта вокруг заземлителя и делает почву более электропроводной.

Исследования, выполненные инженерным корпусом вооруженных сил США на Аляске, показывают, что химически обработанная таким образом почва вокруг электрода понижает сопротивление электрода до 90 %, предотвращая промерзание грунта и повышая его проводимость.

Второй способ заключается в замене грунта вокруг электрода – материалом с высокой электрической проводимостью. Это уменьшает рост сопротивления по мере промерзания грунта, т. к. сопротивление почвы возрастает пропорционально ее базовому исходному значению. Идеальной, с точки зрения проводимости является смесь материала на основе графита и материала на основе глины. Графитовый компонент обеспечивает высокую проводимость, в то время, как глина удерживает влагу рядом с электродом. Эта влага (когда она не мерзлая) способствует уменьшению сопротивления электрода к земле.

Самый простой путь совместного применения этих двух приемов - это использовать электрод, заправленный минеральной солью, установив его в замененный грунт. Электрод с минеральной солью представляет собой медную трубу диаметром примерно 64 мм (2,5 дюйма) такой же длины, что и обычный заземлитель (3 метра). В трубе имеются отверстия по всей длине. Труба заполнена смесью минеральных электролитных солей, которые медленно проникают в окружающий грунт сквозь отверстия в стенках. Соли, проникая в окружающий грунт, повышают его электропроводность и предотвращают его промерзание. При этом не вызывая ускорения коррозии электрода.

Замена грунта вокруг электрода на материал с высокой электропроводностью уменьшит начальное сопротивление электрода к земле и удержит окружающую влагу. С течением времени, минеральные соли, проникая в окружающий грунт, предохранят замененную грунтовую добавку от промерзания. Таким образом, стремительный рост сопротивления при понижении температуры замедлится или прекратится вовсе.

Данная работа позволила ознакомиться с устройством и характеристиками современных заземляющих электродов, а также методами установки оборудования в грунт и мерами повышения эффективности использования заземляющих электродов вне зависимости от места их установки.

Литература

1. Сайт <http://www.teziz.ru/>.
2. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: Справочник / В.Д. Маньков, С.Ф. Заграничный. – М., 2005.
3. Заземляющие устройства промышленных электроустановок: Справочник электромонтажника / Р.Н. Карякин, В.И. Солнцев. – М., 1989.

УДК 621.315

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ РЕЖИМОВ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

Гузовская В.Н., Баран А.Г., Новак А.В.

Научный руководитель – Новаш И.В., к.т.н., доцент

В настоящее время наиболее эффективным методом исследования переходных и аварийных режимов электроэнергетического оборудования является метод математического моделирования с проведением вычислительного эксперимента на ЭВМ. Реализация этого метода состоит из этапов математического описания исследуемого объекта, разработки алгоритма решения полученной математической модели, написания компьютерной программы на алгоритмическом языке программирования и проведения вычислительного эксперимента.

Кафедра «Электрические станции» БНТУ имеет большой опыт разработки компьютерных программ по оценке поведения устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических объектов. Математическая модель схемы электропитания асинхронных двигателей собственных нужд (СН) содержит модели асинхронных электродвигателей, источников питания, трансформаторов собственных нужд и измерительных трансформаторов, соединительных линий, а также смежных элементов, оказывающих заметное количественное и качественное влияние на характер протекания самозапуска и предшествующих режимов. Количественное влияние, которое следует учитывать в процессе исследования, оценивается величиной порядка 3–5 % действующих значений параметров исследуемых режимов, качественное влияние (степень искажения формы кривых исследуемых процессов) – примерно таким же содержанием высших гармоник.

Математическим аппаратом таких программ являются обыкновенные дифференциальные уравнения, не приводимые к нормальной форме Коши и нелинейные системы алгебраических уравнений, требующие совместного решения. При решении дифференциальных уравнений шаговыми методами нелинейную систему алгебраических уравнений приходится решать методом итераций на каждом шаге интегрирования, что требует достаточно сложных алгоритмов решения и приводит к увеличению длительности вычислительного процесса. Длительность исследуемых режимов при самозапуске может составлять единицы-десятки секунд. При таком достаточно большом расчетном интервале времени необходимо, чтобы программы вычислительного эксперимента имели качественные и количественные характеристики работоспособности, обеспечивающие устойчивость решения, быстродействие, точность и достоверность выдаваемых результатов на всем расчетном интервале. Свойства программ вычислительного эксперимента и их характеристики работоспособности определяются используемыми математическими моделями и алгоритмами их совместного решения.

Компьютерные *системы динамического моделирования* (СДМ), такие как MatLab, Electronics WorkBench и др., позволяют исследовать различные режимы работы электротехнических и электронных устройств, проводя вычислительный эксперимент в среде самой СДМ. При этом используются модели, имеющиеся в библиотеке моделирующей системы, а математические уравнения моделей устройств или сложных систем, формируются и решаются автоматически. Таким образом, при использовании СДМ исключаются такие этапы математического моделирования, как составление математического описания объектов, разработка алгоритмов решения математических моделей и написание компьютерных программ вычислительного

эксперимента. Эти этапы заменяются в системах динамического моделирования этапом создания модели исследуемого объекта из стандартных модулей, имеющихся в библиотеке моделирующей системы.

Основным недостатком такого способа реализации математического моделирования является либо отсутствие в библиотеке СДМ стандартных модулей, необходимых для построения модели реального устройства, либо упрощенное представление объекта библиотечным модулем, неприемлемое в условиях исследования конкретных режимов его работы. Устранение этого недостатка может решаться созданием новых модулей самим пользователем и включением их в библиотеку СДМ. Возможность пополнения библиотеки модулями пользователя придает системам динамического моделирования практически безграничные возможности по проведению вычислительного эксперимента.

Вычислительная система MatLab [1] предназначена для выполнения сложных инженерных, научно-технических расчетов практически в любой области науки и техники, и особенно подходит для математического моделирования в области электротехники, радиотехники, автоматики. В MatLab входит система динамического моделирования Simulink [2], которая содержит большое количество библиотечных модулей различных радиотехнических, электронных и электротехнических элементов и устройств. Пользователь при составлении моделей сложных систем может использовать в нужном количестве библиотечные модули источников сигналов, функциональных элементов систем автоматического регулирования, устройств электроэнергетических систем, в том числе и в трехфазном исполнении (синхронные и асинхронные электродвигатели, генераторы, трансформаторы, линии электропередачи, выключатели и др.). Важнейшей особенностью MatLab является возможность создания пользователем своих библиотечных модулей, которые включаются в состав библиотеки Simulink.

При проведении исследований в среде MatLab переходных и аварийных режимов электроэнергетических систем не всегда удается получить результаты, в точности, совпадающие с результатами математического моделирования, полученными традиционным способом. Это отличие получается вследствие различной степени точности представления реальных объектов математическими моделями, используемыми в MatLab и при реализации программ вычислительного эксперимента разными авторами.

Литература

1. Ануфриев И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
2. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.

ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Марчук В.Ю., Раманович А.А.

Научный руководитель – Пономаренко Е.Г., к.т.н., доцент

В электрических сетях перенапряжения возникают в результате воздействия мощных внешних источников электрической энергии, например разрядов молний, а также вследствие переходных процессов, вызванных изменением конфигурации сети при коммутациях. Появление перенапряжений может приводить к необратимому повреждению изоляции основного оборудования электрических сетей. Поэтому для бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией перенапряжения необходимо ограничивать до уровня безопасного для изоляции оборудования.

Рассматриваемые характеристики разделяют на две основные группы:

Первая группа – вольтамперные характеристики ОПН при грозовых и коммутационных перенапряжениях (защитные характеристики), определяющие уровень ограничения перенапряжений на защищаемом оборудовании.

Вторая группа – эксплуатационные характеристики ОПН, обеспечивающие способность аппарата выполнять свои функции в течение нормированного срока службы.

Ограничители перенапряжений классифицируют по наибольшему длительно допустимому рабочему напряжению, току пропускной способности и номинальному разрядному току. Наибольшее длительно допустимое напряжение – это наибольшее, не приводящее к повреждению, действующее значение напряжения промышленной частоты, которое может быть приложено непрерывно к ОПН в течение всего срока его службы при нормированных воздействиях.

Ток пропускной способности – это максимальное значение прямоугольного импульса тока длительностью 2000 мкс, воздействие которого ОПН должен выдержать, по крайней мере, 18 раз без потери рабочих качеств. Номинальный разрядный ток ОПН – максимальное значение грозового импульса тока 8/20 мкс, воздействие которого ОПН должен выдержать, по крайней мере, 20 раз без потери рабочих качеств. Эксплуатационные характеристики ОПН определяются, в первую очередь, характеристиками использованных в его конструкции варисторов.

При испытаниях на старение по стандартной процедуре при выбранном в соответствии с рекомендациями изготовителя наибольшем рабочем напряжении мощность потерь в варисторах уменьшается. Это позволяет данной фирме, а также изготовителям ОПН, комплектующим выпускаемые ими ОПН этими варисторами, называть такие варисторы «нестареющими». Но процесс старения варисторов можно рассматривать только применительно к тем условиям, в которых они эксплуатируются (или испытываются).

В сетях 6–35 кВ места установки и характеристики ОПН допустимо определять упрощенно за исключением особых случаев, требующих проведения расчетов (аналитических или с использованием компьютерного моделирования процессов).

Диагностика ОПН, безусловно, должна осуществляться, а ее проблемы необходимо обсуждать. Согласно нормам в эксплуатации измерению подлежит действующее значение полного тока проводимости ОПН, которое сравнивается с паспортными данными, т. е. с результатами испытаний на заводе-изготовителе. Как правило, изготовитель ОПН указывает в паспорте значение тока проводимости, полученное при воздействии на ОПН его наибольшего рабочего напряжения. При диагностике ОПН 6–35 кВ в эксплуатации измерения тока проводятся при подаче напряжения от стороннего (лабораторного) источника, в качестве величины которого выставляется значение наибольшего рабочего напряжения.

Литература

1. Дмитриев В.Л. Влияние загрязнений на поверхности внешней изоляции на достоверность оценки состояния ОПН при периодических обследованиях // Новости Электротехники. – 2007. – № 5 (47).
2. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования.
3. Методические указания по применению ограничителей в сетях 110–750 кВ. – М.: Изд-во НТК «Электропроект», 2000.
4. Дмитриев М.В. Особенности проектирования сетей 110–220 кВ, содержащих ОПН // Новости Электротехники. – 2006. – № 5.
5. Дмитриев М.В. Применение ОПН в электрических сетях 6–750 кВ. – СПб.: Изд-во «НИВА», 2007. – 60 с.
6. ГОСТ 1516.3-96. Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции: Межгос. стандарт. – Введ. 01.01.99. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 50 с.
7. Тиходеев Н.Н., Шур С.С. Изоляция электрических сетей. – Л.: Энергия, Ленингр. отделение, 1979. – 304 с.
8. Техника высоких напряжений / Под научной редакцией Г.С. Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, 2003. – 608 с.
9. ГОСТ 16357-83. Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия. (С изменениями 1–3). – М.: Изд-во стандартов, 1989.
10. Техника высоких напряжений / Под общей редакцией Д.В. Разевига. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1963. – 472 с.
11. РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / Под научной редакцией Н.Н. Тиходеева. – 2-е изд. – СПб.: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999. – 355 с.
12. Heinrich C., Hayeb S., Kalkner W. Degradation and restoration of metal oxide surge arresters // 10th International symposium on high voltage engineering ISH-97, Canada, 1997.

УДК 621.311.17

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кузура В.К.

Научный руководитель – Румянцев В.Ю., к.т.н., доцент

Опыт эксплуатации показывает наличие суточных, недельных и более длительных циклов изменения отклонений напряжения во времени. Статистические данные подтверждают, что наиболее точно закон распределения отклонений напряжения в электрических сетях может быть описан с помощью нормального закона распределения, которым и пользуются в практике контроля электроэнергии.

Статистическая оценка показателей качества электроэнергии. Изменения параметров электрической сети, мощности и характера нагрузки во времени являются основной причиной изменения ПКЭ. Таким образом, ПКЭ – установившееся отклонение напряжения, коэффициенты, характеризующие несинусоидальность и несимметрию напряжений, отклонение частоты, размах изменения напряжения и другое – величины случайные и их измерения и обработка должны базироваться на вероятностно-статистических методах. Поэтому, как уже отмечалось, в стандарте устанавливаются нормы ПКЭ и оговаривается необходимость их выполнения в течение 95 процентов времени каждых суток (для нормально допустимых значений).

Портативные анализаторы электроэнергии.

Анализатор качества электроэнергии AR.5M и AR.5L. Анализаторы электроэнергии предназначены для измерения и регистрации параметров количества и качества электроэнергии, на основании показаний которых делаются выводы об эффективности использования электроэнергии, предлагаются и обосновываются энергосберегающие проекты, разрабатываются программы энергосбережения.

Электроанализаторы AR.5, AR.5L. Электрозащита: электроанализаторы идеально подходят для периодических проверок электрических систем с низким и средним уровнем напряжения. Такие проверки включают в себя анализ процессов запуска двигателей, насыщения трансформаторов, оценку качества потребляемой электроэнергии и КПД системы.

Портативный анализатор QNA-412 P. Портативный анализатор качества и количества электроэнергии QNA-412 P спроектирован для измерения и записи параметров электроэнергии в трехфазных симметричных и несимметричных электрических сетях низкого, среднего и высокого напряжения, а также для записи событий качества электроэнергии (прерывания, падения напряжения и так далее на интервале от полупериода) с ведением журнала событий.

Электроанализатор C-80. Электроанализатор C-80 предназначен для регистрации параметров одно или симметричной трехфазной сети 220/380 В, а также высоковольтных сетей при наличии штатных измерительных трансформаторов. Анализатор качества электроэнергии C-80 подключается к сети с помощью датчика тока и потенциальных проводов с зажимами типа «крокодил». Сменными датчиками тока являются токовые клещи или гибкие токовые клещи номиналом от 5 до 20000 А.

Стационарные анализаторы электроэнергии. Многофункциональные программируемые приборы CVM предназначены для измерения, учёта и анализа электрических параметров однофазных и трехфазных электрических сетей.

Анализатор CVM-NRG 96. Оптимальное сочетание цена – функциональность. Благодаря своим небольшим габаритам – электроанализатор CVM-NRG 96 незаменим там, где имеется дефицит рабочего пространства.

Анализатор CVM-Q. Трёхфазный щитовой анализатор качества электроэнергии, работающий стандартно в сетях до 500 В (фазное напряжение) или через

трансформатор напряжения. Имеет внутреннюю энергонезависимую память для записи событий (провалов, скачков и прерываний напряжения).

Анализатор CVM 96. Оптимальный щитовой прибор для построения системы анализа, оптимизации и управления электроэнергией. Измерение пиковой нагрузки и наличие релейных выходов позволяют вмешиваться в процесс управления (отключение или включение потребителей электроэнергии) без участия человека.

Электроанализатор CVM 144. Мощный трёхфазный анализатор качества электроэнергии, использующий. Использование дополнительных модулей дает возможность расширить область для передачи данных на компьютер протоколы MODBUS или PROFIBUS. применения прибора. Фронтальные размеры 144x144 миллиметров.

Анализатор электроэнергии CVMk. Трёхфазный щитовой анализатор электроэнергии, работающий стандартно в сетях до 500 В (фазное напряжение).

Данная работа позволила ознакомиться с порядком измерения и контроля качества электрической энергии. В качестве контролера в большинстве случаев используются электроанализаторы.

Литература

1. Сайт <http://elics.ru>.
2. Справочная система электроника.
3. Контроль качества электроэнергии: Электронный учебник.

УДК 620.9.621.314

ГРОВОЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ

Косик Е.Н.

Научный руководитель – Дерюгина Е.А., к.т.н., доцент

Молния представляет собой электрический разряд между облаком и землей или между облаками.

Нижняя часть грозового облака оказывается заряженной отрицательно, а вершина – положительно. Это один из основных процессов электризации грозовых облаков, и поэтому в большинстве случаев (до 90 %) молнии бывают отрицательными, т. е. переносят на землю отрицательный заряд.

По мере концентрации в нижней части облака отрицательных зарядов увеличивается напряженность электрического поля, и когда она достигает критического значения, происходит ионизация воздуха и в сторону земли начинает развиваться разряд.

Грозовые перенапряжения представляют реальную опасность для оборудования сетей практически всех классов номинального напряжения и следовательно, требуют разработки и внедрения эффективных защитных мер, одной из которых является применение специальных защитных аппаратов – вентильных разрядников (РВ) и ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН). Защитные свойства РВ и ОПН основаны на нелинейности вольтамперной характеристики их рабочих элементов, обеспечивающей заметное снижение сопротивления при повышенных напряжениях и возврат в исходное состояние после снижения напряжения до нормального рабочего.

Существующий опыт применения разрядников (вентильных, трубчатых) и ОПН для защиты ВЛ от грозовых перенапряжений, а также теоретические исследования показывают, что их технические возможности не могут в полной мере удовлетворить предъявляемые к ним требования в соответствии с условиями работы на ВЛ при воздействии грозовых разрядников. Так даже самые совершенные из успешно применяемых для грозозащиты подстанционного оборудования ОПН не способны без разрушения выдерживать те возможные токи разряда молнии, которые будут протекать через них в случае установки на ВЛ. Искровые воздушные промежутки приводят только к увеличению числа отключений ВЛ, поскольку не способны гасить сопровождающую грозовое перекрытие дугу. Единственным средством, которое хотя и не выступает как защита от перенапряжений непосредственно от грозовых воздействий, но сокращает степень их последствий, служит автоматическое повторное включение (АПВ), эффективность которого для распределительных сетей не более 50%.

Литература

1. <http://allbest.ru>.

УДК 620.9.001.5

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОМЕСТИМОСТЬ ВТОРИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Королёв Е.Л., Гавриелок Ю.В.

Научный руководитель – Булойчик Е.В.

Электрические процессы в высоковольтном оборудовании на электрических станциях (ЭС) и подстанциях (ПС) являются источниками мощных электромагнитных помех. Кроме того, опасные помехи генерируются при молниевых разрядах, работе радиосредств, электростатических разрядах и т. п. Совокупность уровней помех, характерных для любой конкретной ЭС (ПС), называется электромагнитной обстановкой (ЭМО).

Внедрение на объектах электроэнергетики микропроцессорной аппаратуры привело к необходимости решения проблем ее электромагнитной совместимости (ЭМС). Подходы к решению этой задачи за последнее десятилетие существенно изменились. Раньше речь шла в основном о проведении работ на действующих объектах экспериментальными методами, что позволяло устранить явные дефекты заземляющего устройства и существенно улучшить электромагнитную обстановку. Однако выяснилось, что источником неблагоприятной ЭМО часто служат решения, заложенные еще на стадии проектирования. Многие из них практически невозможно исправить на уже введенном в эксплуатацию объекте.

Поэтому решение проблемы ЭМС должно начинаться уже на стадии проектирования энергообъектов.

Опыт, накопленный в процессе определения ЭМО на промышленных и энергетических объектах, позволяет с уверенностью утверждать, что в большинстве своем проблемы ЭМС были «заложены» еще при проектировании ЭС и ПС. Поэтому решение большей части проблем ЭМС должно, строго говоря, происходить именно при проектировании новых и реконструируемых объектов. Применение современных расчетных методов определения ЭМО (некоторые из них описаны ниже) позволяет получить достаточно полную информацию по уровням помех уже на стадии проектирования новой ЭС и ПС. Разумеется, для уже существующих ЭС и ПС, подлежащих реконструкции, определение электромагнитной обстановки происходит, в основном, методами прямого измерения и имитационного моделирования.

Несомненным достоинством расчетных методов является то, что с их помощью можно определять электромагнитную обстановку уже на стадии проектирования нового объекта. Отметим, что использование расчётных методов для оценки ЭМО на уже существующих объектах в ряде случаев также целесообразно, давая иногда даже более достоверные результаты, чем, например, имитационное моделирование. Действительно, токи и напряжения, используемые при имитационном моделировании, на несколько порядков меньше токов и напряжений, возникающих, например, при молниевом разряде. Поэтому при имитационном моделировании принципиально не учитываются нелинейные эффекты: явление электрического пробоя, насыщение ферромагнитных элементов, работа имеющихся устройств ограничения перенапряжений и т. п.

При строительстве новых и реконструкции существующих ЭС и ПС необходимо уделять внимание решению проблем ЭМС размещаемой на них аппаратуры защиты и управления.

Повысить эффективность решения проблем ЭМС можно путем рассмотрения вопросов обеспечения ЭМС в составе проектных работ, выполняемых по новым и реконструируемым объектам. Представляется, что мероприятия по обеспечению ЭМС должны закладываться еще на стадии разработки проектных решений.

Имеющиеся типовые проектные решения следует, по возможности, приводить в соответствие требованиям ЭМС.

Все мероприятия по определению и улучшению ЭМО не дадут необходимого эффекта, если применяемая на ЭС и ПС электронная аппаратура не будет удовлетворять минимальным требованиям устойчивости к помехам.

Литература

1. Guide on EMC in Power Plants and Substations // CIGRE Publ. 124. – 1997.
2. Базуткин В.В. Техника высоких напряжений: изоляция и перенапряжения в электрических системах: учеб. – 3-е изд. – 1986.
3. РД 34.20.116-93. Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех. Утверждены Департаментом науки и техники 29.06.93. – М.: РАО «ЕЭС России», 1993.
4. Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций от импульсных помех.
5. РД 153-34.0-20.525-00. Методические указания по контролю заземляющих устройств электроустановок. – М.: СПО ОРГЭС, 2000.
6. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
7. Шваб А.Й. Электромагнитная совместимость. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
8. IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment. IEEE Std 1100-1999.
9. РД 34.35.310-97. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. – М.: РАО «ЕЭС России», 1997.
10. ГОСТ Р 51317.6.2-99 (МЭК 61000-6-2-99). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний.
11. Кадыков Н.В., Матвеев М.В. Электромагнитная совместимость локальных сетей на предприятиях электроэнергетического профиля // Электрические станции. – № 9. – 1998.
12. Гепферт С.О., Матвеев М.В. Решение проблем ЭМС при внедрении цифровых учреждений АТС // Энергетик. – № 4. – 2001.
13. Матвеев М.В. Электромагнитная обстановка на объектах определяет ЭМС цифровой аппаратуры // Новости электротехники. – № 1–2 (13–14). – 2002.
14. Костин М.К., Матвеев М.В. Проблемы и методы контроля электромагнитной обстановки на энергообъектах // Сб. научных докладов IV Международного симпозиума по электромагнитной совместимости. – СПб., 2001.
15. Kostin M.K., Matveyev M.V., Ovsyannikov A., Verbin V.S., Zhivodernikov S. Some results of EMC investigation in Russian substations // CIGRE Session 2002, 36-103.
16. РД 153-34.0-20.525-00. Методические указания по контролю заземляющих устройств электроустановок.
17. СО 34.35.311-2004. Методические указания по определению электромагнитной обстановки на электрических станциях и подстанциях.
18. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: МЭИ, 2004.
19. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003.
20. Обеспечение ЭМС современных систем РЗА и АСУ на электрических станциях и подстанциях // Вести в электроэнергетике. – № 4. – 2004.

УДК 621.316.3

ПРИМЕНЕНИЕ ДЛИННО-ИСКРОВЫХ РАЗРЯДНИКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6–10 КВ

Ерофеев Т.С., Шпак Ю.С., Пашко Ю.Р., Катрич А.Е.

Научный руководитель – Красько А.С., к.т.н. доцент

Перенапряжения представляют собой любые превышения напряжения относительно амплитуды наибольшего рабочего напряжения. Перенапряжения подразделяются на грозовые (атмосферные) и внутренние и являются одной из наиболее частых причин выхода из строя электрических сетей.

Анализ опыта эксплуатации распределительных электрических сетей показывает, что их надежность ниже, чем у сетей более высоких классов напряжения. Повреждения в распределительных сетях обуславливают большую часть ущерба, связанного с перерывами в электроснабжении потребителей.

Одной из основных причин аварий и нарушений являются грозовые перенапряжения на воздушных линиях (ВЛ), вызывающие импульсные перекрытия и разрушения изоляторов и приводящие к дуговым замыканиям, сопутствующим повреждениям оборудования, отключениям линий.

Современное решение проблемы грозозащиты электрических сетей – применение длинно-искровых разрядников.

РДИ являются российской разработкой и по своим конструктивным параметрам, техническим характеристикам и функциональным возможностям представляют особый класс устройств грозозащиты, не имеющих мировых аналогов.

Принцип действия всех видов РДИ заключается в ограничении грозовых перенапряжений на ВЛ за счет искрового перекрытия по поверхности изоляционного тела разрядника с длиной канала разряда, в несколько раз превосходящей строительную высоту защищаемой изоляции, и гашении сопровождающих токов промышленной частоты за счет обеспеченного таким образом снижения величины среднего градиента рабочего напряжения вдоль канала грозового перекрытия.

Главным отличительным достоинством класса длинно-искровых разрядников является их неподверженность разрушениям и повреждениям грозовыми и дуговыми токами, поскольку они протекают вне аппаратов, по воздуху вдоль их поверхности.

Применение существующих видов длинно-искровых разрядников позволяет решать задачу комплексной защиты электрических сетей от грозовых перенапряжений и их последствий.

Установка разрядников на всем протяжении воздушных линий (ВЛ) и на подходах к подстанциям позволяет исключить перекрытия изоляции на ВЛ и все негативные сопровождающие последствия как при индуктированных грозовых перенапряжениях, так и при прямом ударе молнии. При этом обеспечивается отсутствие грозовых отключений ВЛ, разрушений изоляторов, пережога проводов, экономия ресурсов и защита подстанционного оборудования.

Технология грозозащиты длинно-искровыми разрядниками применима для ВЛ с любыми видами опор – железобетонными, металлическими, деревянными, изоляторов – штыревыми, натяжными, подвесными, фарфоровыми, стеклянными, полимерными, и проводов, как защищенными, так и неизолированными.

В зависимости от установленных технических требований по грозозащите участков электрических сетей возможно применение на них различных видов разрядников и их сочетаний.

Для надежной защиты от индуктированных грозовых воздействий необходимо устанавливать на каждую одноцепную опору защищаемого участка ВЛ по одному разряднику в зависимости от типа опор, траверс, изоляторов ВЛ и других

определяющих обстоятельств применяются разрядники трех типов РДИП-10-IV-УХЛ1, РДИШ-10-IV-УХЛ1, РДИМ-10-К-II-УХЛ1.

Разрядники петлевые РДИП-10-IV-УХЛ1 можно устанавливать на любые виды опор, с чередованием фаз.

Разрядники шлейфовые РДИШ-10-IV-УХЛ1 целесообразно использовать в местах двойного крепления провода, вместо петлевых.

Разрядники модульные РДИМ-10-К-II-УХЛ1 предназначены для защиты ВЛ только с компактным размещением проводов, расстояние между которыми не превышает 50 см, и с изоляторами ШФ-20. Эти разрядники устанавливаются только на среднюю фазу.

На двухцепных ВЛ разрядники должны устанавливаться на обе цепи таким образом, чтобы на каждой из опор защищалась только одна пара одноименных фаз, с тем же принципом чередования, что и для одноцепных ВЛ. Нарушение этого требования создает возможность короткого междофазного замыкания и отключения линии при индуцированном грозовом перенапряжении.

При схеме установки разрядников с последовательным чередованием фаз тока промышленной частоты, сопровождающие многофазные замыкания, обусловленные грозовыми перенапряжениями, протекают по контурам, включающим в себя сопротивления заземления опор. Принцип действия РДИ основан на предотвращении перехода искрового перекрытия в силовую дугу промышленной частоты. При этом эффективность гашения сопровождающих токов тем выше, чем меньше они по величине, а наличие сопротивлений заземления опор в контуре замыкания благоприятным образом влияет на снижение величины сопровождающих токов.

Поэтому с точки зрения грозозащиты от индуцированных перенапряжений установка РДИ на опору ВЛ не налагает никаких специальных требований к заземлению опоры, связанных со снижением его величины.

Длинно-искровые разрядники в соответствии со своими конструктивными параметрами, техническими характеристиками и принципу действия не относятся к устройствам, установка которых на ВЛ приводит к дополнительному риску возникновения аварийных режимов, требующему принятия специальных мер технической безопасности. Более того, наличие РДИ на ВЛ должно устранить все случаи однофазных замыканий, вызванных грозовыми перенапряжениями.

Рассмотрим более подробно петлевой разрядник РДИП-10-IV-УХЛ. Разрядник предназначен для защиты воздушных линий электропередачи напряжением 6, 10 кВ трехфазного переменного тока с защищенными и неизолированными проводами от индуцированных грозовых перенапряжений и их последствий и рассчитан для работы на открытом воздухе при температуре окружающего воздуха от минус 60 °С до плюс 50°С в течение 30-и лет.

Разрядник состоит из согнутого в виде петли металлического стержня, покрытого слоем изоляции из полиэтилена высокого давления. Концы изолированной петли закреплены в зажиме крепления, с помощью которого разрядник присоединяется к штырю изолятора на опоре ВЛ. В средней части петли поверх изоляции расположена металлическая трубка. На проводе ВЛ, напротив металлической трубки разрядника, закрепляется универсальный зажим для создания необходимого воздушного искрового промежутка.

Закрепление изолированной петли разрядника на ВЛ производится с помощью зажима крепления. Зажим крепления изготовлен из стали, покрытой защитным слоем цинка, и имеет конструкцию, обеспечивающую надежное крепление разрядника к элементам арматуры ВЛ. Конструкция зажима крепления разрядника может быть изменена и иметь форму, адаптированную под конкретные условия крепления разрядника на опоре ВЛ. Универсальный зажим для провода изготовлен из стали, покрытой защитным слоем цинка. Конструкция зажима позволяет устанавливать его

как на неизолированные, так и на защищенные провода, зажим для которых имеет прокусывающие шипы.

Принцип работы разрядника основан на использовании эффекта скользящего разряда, который обеспечивает большую длину импульсного перекрытия по поверхности разрядника, и предотвращении за счет этого перехода импульсного перекрытия в силовую дугу тока промышленной частоты.

При возникновении на проводе ВЛ индуктированного грозового импульса искровой воздушный промежуток между проводом ВЛ и металлической трубкой разрядника пробивается, и напряжение прикладывается к изоляции между металлической трубкой и металлическим стержнем петли, имеющим потенциал опоры.

Под воздействием приложенного импульсного напряжения вдоль поверхности изоляции петли от металлической трубки к зажиму крепления разрядника по плечу петли, на котором установлены промежуточные электроды, развивается скользящий разряд.

Вследствие эффекта скользящего разряда вольт-секундная характеристика разрядника расположена ниже, чем вольт-секундная характеристика изолятора, т. е. при воздействии грозового перенапряжения разрядник перекрывается, а изолятор нет.

После прохождения импульсного тока молнии разряд гаснет, не переходя в силовую дугу, что предотвращает возникновение короткого замыкания, повреждение провода и отключение ВЛ.

РДИ являются эффективными, надежными и экономичными грозозащитными устройствами благодаря оригинальности реализуемого принципа действия, конструктивной простоте и неподверженности повреждениям грозовыми и дуговыми токами.

Конструктивно-технические параметры разрядников РДИ обеспечивают возможность и удобство их монтажа на любых типах опор ВЛ и ВЛЗ, отсутствие необходимости их обслуживания и эксплуатационную долговечность.

РДИ не только устраняют пережог проводов, но и предотвращают отключение ВЛ вследствие грозовых индуктированных перенапряжений.

РДИ устраняют последствия грозовых перекрытий, не причиняя ущерба оборудованию линий и подстанций в отличие от дугозащитных рогов, которые искусственно переводят однофазное замыкание в двухфазное, создавая тем самым мощный электродинамический удар по оборудованию.

РДИ экономят ресурс срабатывания высоковольтных выключателей.

Защищают электрические сети от дуговых перенапряжений, сопутствующих однофазным замыканиям на землю, вызванным грозовыми перенапряжениями.

РДИ не подвержены разрушающему воздействию токов молнии и сопровождающих токов дуговых замыканий, как нелинейные ограничители перенапряжений или трубчатые и вентильные разрядники, поскольку эти токи протекают вне конструкции разрядника.

Литература

1. Подпоркин Г.В., Пильщиков В.Е., Спиваев А.Д. Защита ВЛ 6–10 кВ от грозовых перенапряжений посредством длинно-искровых разрядников модульного типа // Энергетик. – 2003. – № 1. – С. 27–29.
2. Техника высоких напряжений: Учебник для техникумов / Ларионов В.П. и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 296 с.
3. <http://www.streamer.ru/>.
4. http://ru.wikipedia.org/wiki/Разрядник_длинно-искровой.