

– уменьшается длительность воздействия перенапряжений, что увеличивает срок службы изоляции;

– уменьшается вероятность поражения людей и животных при ОЗЗ.

Комбинированное заземление нейтрали осуществляется путем присоединения высокоомного резистора параллельно дугогасящему реактору (ДГР) и позволяет снижать уровень перенапряжений при неточной настройке ДГР, а также способствовать работе на сигнал простых релейных защит. Эта система заземления нейтрали применяется для поиска места ОЗЗ.

Данный тип заземления имеет те же преимущества и недостатки, что и высокоомное заземление нейтрали.

При технико-экономическом обосновании целесообразности резистивного заземления нейтрали сетей 6–35 кВ необходимо исходить из следующих основных факторов:

- изменение технических параметров сетей 6–35 кВ;
- повышение срока службы изоляции;
- дополнительные затраты на заземление нейтрали сетей 6–35 кВ через резистор;
- электробезопасность.

Литература

1. Временные методические указания по переводу сетей 6–35 кВ Белорусской энергосистемы с режима изолированной нейтрали на режим заземления нейтрали через резистор. – Минск: концерн «Белэнерго», 2004.

2. Временные методические указания по выбору ограничителей перенапряжений (ОПН) в сетях 0,38–10 кВ. – Минск: концерн «Белэнерго», 2002.

3. Ильиных М.В., Сарин Л.И. Комплексный подход к выбору средств ограничения перенапряжений в сетях 6–35 кВ. – Новосибирск, 2005.

4. ГОСТ 12.1.038-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Система стандартов безопасности труда. Часть 3. – Введен в действие в 1982 году.

УДК 621.3

ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Куриленок В.Ю., Цыркунов Ю.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **МАЗУРКЕВИЧ В.Н.**

Высоковольтный выключатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для отключения нагрузки и защиты системы от короткого замыкания в цепях высокого напряжения. Выключатель является основным аппаратом в электрических установках и служит для отключения и включения в цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание. Высоковольтные выключатели непременно содержат пару подвижных электрических контактов и устройство управления ими (например электромагнитный привод).

К выключателям высокого напряжения предъявляют следующие требования:

- надежное отключение любых токов (от десятков ампер до номинального тока отключения);
- быстрота действия, т. е. наименьшее время отключения;
- пригодность для быстродействующего автоматического повторного включения, т. е. быстрое включение выключателя сразу же после отключения;

– возможность пофазного (пополюсного) управления для выключателей 110 кВ и выше;

- легкость ревизии и осмотра контактов;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- удобство транспортировки и эксплуатации;
- простота конструкции, монтажа, эксплуатации.

Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток $I_{ном}$ и номинальное напряжение $U_{ном}$.

Основные параметры высоковольтного выключателя:

- номинальное напряжение (напряжение сети, в которой работает выключатель);
- номинальный ток (ток через включенный выключатель, при котором он может работать длительное время);
- ток отключения (максимальный ток короткого замыкания, который ещё может быть отключён выключателем);
- время срабатывания.

Химические свойства элегаза. Элегаз представляет собой соединение, имеющее химическую формулу SF_6 . При нормальных условиях это бесцветный, не имеющий запаха газ, плотность которого $6,52 \text{ кг/м}^3$ при нормальном атмосферном давлении и температуре 0°C . Он приблизительно в пять раз тяжелее воздуха. Молекулярная масса элегаза 146,06. В нём содержится 21,95 % серы и 78,05 % фтора.

Физические свойства элегаза. Чистый газообразный элегаз совершенно безвреден, химически не активен, поэтому в обычных эксплуатационных условиях он не действует ни на какие материалы, применяемые в аппаратостроении, обладает повышенной теплоотводящей способностью и является очень хорошей дугогасительной средой, позволяющей производить отключение очень больших токов при больших скоростях восстановления напряжения. В однородном поле электрическая прочность элегаза в 2,3–2,5 раза выше прочности воздуха.

Отключающая способность элегаза. Электрическая прочность элегаза в 2–3 раза выше прочности воздуха; при давлении 0,2 МПа электрическая прочность элегаза сравнима с прочностью масла. В элегазе при атмосферном давлении может быть погашена дуга с током, который в 100 раз превышает ток, отключаемый в воздухе при тех же условиях. Способность элегаза гасить дугу объясняется тем, что его молекулы улавливают электроны дугового столба и образуют относительно неподвижные отрицательные ионы. Потеря электронов делает дугу неустойчивой, и она легко гаснет. В струе элегаза поглощение электронов из дугового столба происходит еще интенсивнее. В элегазовых выключателях применяют автопневматические дугогасительные устройства, в которых газ в процессе отключения сжимается поршневым устройством и направляется в зону дуги. Элегазовый выключатель представляет собой замкнутую систему без выброса газа наружу. Элегазовые выключатели могут отключать не только ток нагрузки, но и ток КЗ. Такие выключатели имеют дугогасительные устройства с автопневматическим дутьем. При отключении возникает дуга между неподвижными и подвижным контактами. При отключении привод перемещает подвижную систему вниз, при этом элегаз сжимается в объеме между неподвижным поршнем и соплом. Как только контакты размыкаются, создается дутье через трубчатые контакты, а при дальнейшем ходе подвижной системы, когда трубчатые контакты выходят из сопла, создается сильный поток элегаза, который гасит дугу. Образующееся при гашении дуги небольшое количество продуктов разложения элегаза поглощается специальными фильтрами (4 шт. на полюс). Такой выключатель рассчитан на номинальный ток 1250 А, ток отключения 31,5 кА, собственное время отключения 0,06 с.

Виды элегазовых выключателей.

Баковые элегазовые выключатели. Выключатель состоит из трех полюсов, установленных на общей раме и механически связанных друг с другом посредством передаточного устройства. Все три полюса выключателя управляются одним пружинным приводом типа ППрК, установленным на той же раме. Полюса выключателя имеют автономную газовую систему. Каждый полюс снабжен электроконтактным сигнализатором плотности оказывающего типа.

Колонковые элегазовые выключатели. Выключатель может работать в 1-но и 3-х полюсном режиме управления (с приводами на один или три полюса). Выключатели с одной дугогасящей камерой на полюс могут работать в обоих режимах управления. Выключатели с двухкамерным дугогасящим устройством допускают только полюсный режим управления. При 3-х полюсном режиме управления полюсы выключателя и один привод кинематически соединяются между собой с помощью тяг. На каждом полюсе предусмотрена отдельная отключающая пружина, соединенная с изоляционной оперативной тягой и через неё с подвижными контактами дугогасительного устройства. Однако существует одно исключение. В 3-х полюсном режиме управления на выключателе применяется всего одна отключающая пружина для отключения всех трех полюсов, причем, эта пружина установлена на полюсе, наиболее удаленном от привода в механизме управления. Каждый полюс представляет собой герметичную заполненную элегазом колонку, которая имеет дугогасительное устройство в изоляторе, пустотелый опорный изолятор и корпус с механизмом для подсоединения управляющих тяг.

Достоинства и недостатки элегазовых выключателей высокого напряжения.

Преимущества:

- взрыво- и пожаробезопасность;
- быстроедействие и пригодность для работы в любом цикле АПВ;
- возможность осуществления синхронного размыкания контактов непосредственно перед переходом тока через нуль;
- высокая отключающая способность при особо тяжёлых условиях отключения (отключение неудалённых коротких замыканий и др.);
- надёжное отключение ёмкостных токов холостых линий;
- малый износ дугогасительных контактов;
- лёгкий доступ к дугогасителям и простота их ревизии;
- относительно малый вес (с баковыми масляными выключателями);
- возможность создания серии с унификацией крупных узлов;
- пригодность для наружной и внутренней установки.

Недостатки:

- необходимость в наличии устройств для наполнения, перекачивания и очистки шестифтористой серы (SF_6);
- относительная сложность конструкции ряда деталей и узлов, а также необходимость применения высоконадёжных уплотнений;
- относительно высокая стоимость дугогасящей среды и выключателя в целом.

Приводы элегазовых выключателей производства АВВ.

Компания АВВ долгое время применяла приводы с накоплением механической энергии в пружинах. Такое решение дает существенное преимущество, заключающееся в том, что напряженная пружина всегда готова отдать энергию.

В 2001 г. АВВ завершила разработку и внедрила в производство Motor Drive – цифровой сервопривод с электронной системой управления, способный с высокой точностью и надежностью непосредственно приводить в действие контакты выключателей. Число подвижных деталей в Motor Drive сокращено до одной – вращающегося вала электродвигателя.

Литература

1. Васильев А.В., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций. – М., 1990.
2. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М.: Академия, 2004.
4. Справочник покупателя по выключателям колонковым элегазовым производства АВВ. – 2-е изд. – 2004.
5. Справочник покупателя по баковым элегазовым выключателям производства Siemens. – 2005.
6. Справочник покупателя по колонковым выключателям производства Siemens. – 2005.

УДК 621.3.022

ПРОГРАММА TKZD01KV ДЛЯ РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ ДО 1 КВ

Горячко М.Г.

Научный руководитель – доцент БОБКО Н.Н.

В сети переменного тока напряжением до 1 кВ необходимо выполнять расчеты КЗ для следующих целей: для выбора электрооборудования по условиям для выбора уставок защитной аппаратуры сети, проверки ее чувствительности и тивности.

При наличии в схеме одного АД ток КЗ на выводах этого АД можно рассчитывать как сумму токов КЗ, поступающих от двух источников: системы и АД.

Однако при наличии в схеме нескольких АД на одной шинной сборке или при наличии нескольких сборок с АД схема электроснабжения значительно усложняется. Методы ручного расчета токов КЗ в таких схемах замещения становятся громоздкими, особенно при необходимости расчета тока КЗ не только в узле КЗ, но и в ветвях схемы, как это требуется при учете термического действия тока КЗ в кабельных линиях.

Целью разработки программы TKZd01kV являлось повышение точности и скорости расчетов токов КЗ в сети переменного тока напряжением до 1 кВ. Программа была введена в эксплуатацию ГПО «Белэнерго», Программа разработана для операционной среды Windows XP Professional с SP2 и выше, для формирования выходных данных необходимо использовать пакет Microsoft Office 2002 и выше.

Формирование расчетной схемы энергосистемы в графической форме и задание параметров ее элементов выполняется оператором на экране дисплея. При вводе элементов программой составляется схема замещения.

Каждый элемент расчетной схемы (генератор, трансформатор, шинопровод и т. д.) замещается одной ветвью. Для каждой ветви в списках хранятся номера двух узлов, к которым присоединена ветвь, активное и реактивное сопротивления ветви и электродвижущая сила (ЭДС) ветви. Все параметры представляются в комплексной форме.

В разработанной программе TKZd01kV использован универсальный алгоритм расчета режима на основе преобразования многолучевых звезд в полные многоугольники. Его сущность заключается в последовательном исключении узлов схемы путем преобразования ветвей отходящих от данного узла в многоугольник. Количество ветвей многоугольника, образующихся после удаления n -лучевой звезды, равно количеству сочетаний из n по два. При работе подпрограммы сворачивания схемы реализуется оптимизация процесса сворачивания. Перед удалением каждого узла выполняется анализ