

53 Высокое напряжение, особенности гашения дуги

Высоким называется напряжение большее или равное 1000В.

В чём его принципиальное отличие от низкого? Дело в том – чтобы убило напряжение 220/380 В нужно прикоснуться к токоведущей части. Чтобы убило напряжение 1000 В и выше достаточно приблизиться. Произойдёт пробой воздушного промежутка и поражение электрическим током.

Зачем нужно высокое напряжение?

Зачем для передачи электроэнергии на большое расстояние нужно такое высокое напряжение, заставляющее строить высокие башни-опоры и гигантские изоляторы? Почему бы не передавать электричество при низком безопасном напряжении?

Для заданной мощности электроэнергии, потребляемой конечными потребителями (нагрузка сети), сила тока в линиях электропередачи с ростом напряжения понижается. Уменьшение силы тока сокращает потери электроснабжения в линии электропередачи. Передаваемая мощность

$$P = U \cdot I,$$

где P — мощность в ваттах, U — напряжение в вольтах, а I — сила тока в амперах. Из неё следует, что на данном уровне мощности сила тока обратно пропорциональна напряжению:

$$I = P / U.$$

Потери электроснабжения (т. е. потери мощности) в линии электропередачи пропорциональны квадрату силы тока. Эти потери мощности, которые не доходят до конечных потребителей; они уходят на нагрев проводов. Это соотношение описывается следующей формулой:

$$\Delta P = I^2 R,$$

где ΔP — потери мощности в ваттах, I — сила тока в амперах, а R — сопротивление провода в омах. Конструкторы не могут изменить сопротивление провода или мощность нагрузки сети, но они могут довести до максимума напряжение, минимизируя таким образом «лишний» ток, который вынуждена нести линия передачи для обеспечения потребности сети.

Предположим, напряжение, подаваемое в сеть, повышается десятикратно, а потребительские нагрузки в сети постоянны. Рост напряжения уменьшает силу тока в десять раз, и в результате потери мощности сокращаются в $(1/10)^2$, т. е. в сто раз! Разумеется, использовать повышающий трансформатор в одном месте проще и дешевле, чем протягивать на многие километры провода, тяжесть которых (без трансформатора) оказывалась бы в сто раз больше.

Классификация сетей по напряжению:

от 750 кВ и выше (1150 кВ, 1500 кВ) - Ультравысокое,
750 кВ, 500 кВ, 330 кВ - Сверхвысокое,
220 кВ, 110 кВ - ВН, Высокое напряжение,
35 кВ - СН-1, Среднее первое напряжение,
20 кВ, 10 кВ, 6 кВ, 1 кВ - СН-2, Среднее второе напряжение,
0,4 кВ, 0,23 кВ, 0,11 кВ и ниже - НН, Низкое напряжение.

Высоковольтное оборудование – это особый вид электрических устройств и механизмов, выполняющих коммутацию, преобразование, а также распределение электроэнергии с высокой величиной напряжения, выше 1000 Вольт. Некоторое такое оборудование применяется для проверки электрической прочности изоляции силового электрооборудования.

К высоковольтному оборудованию предъявляются довольно серьезные требования, это также касается его обслуживания, ремонта и эксплуатации. Работа с высокими напряжениями должна быть максимально безопасной для человека.

Все высоковольтное оборудование можно разделить на две основные группы:

- 1 **Источники электроэнергии высокого напряжения.** Это всевозможные генераторы электроэнергии, электростанции, работающие по разным принципам (гидро-, а также теплового преобразования).
- 2 **Распределительные подстанции,** служащие для доставки и распределения напряжения между потребителями, а также изменения его величины. Также этой группе относятся и электрические машины, работающие на напряжении выше 1000 Вольт.

Высоковольтное оборудование имеет свои особенности, в основном связанные с возникновением устойчивой дуги между расходящимися контактами

Варианты гашения дуги в высоковольтных выключателях

При горении дуги в высоковольтном выключателе в ней одновременно протекают два противоположных процесса: ионизации и деионизации. Если скорость образования ионов вследствие термической и ударной ионизации равна скорости исчезновения ионов вследствие рекомбинации и диффузии, в дуге будет существовать баланс ионов, и она будет устойчивой. Следовательно, успешность отключения тока короткого замыкания и гашение дуги в выключателе зависят от скорости протекания двух процессов: восстановления электрической прочности дугового промежутка и восстановления напряжения на контактах выключателя. При этом чтобы дуговой промежуток не был повторно пробит восстанавливающимся напряжением, необходимо как можно быстрее устранить из него заряженные частицы, т.е. деионизировать его. Существует несколько вариантов достижения этого, которые будут рассмотрены далее.

Газовоздушное дутьё

Поток газов, направленный вдоль или поперёк дуги существенно снижает её температуру. При дутье в ствол дуги попадают молекулы газа, возникает диффузия и охлаждение дуги. Генерация или подача газов в различных выключателях организована по-разному. В воздушных выключателях из специальных баллонов со сжатым воздухом поступает холодный воздух. В масляных выключателях газ возникает при разложении масла электрической дугой. При автогазовом дутье, чаще используемом в выключателях нагрузки, газ генерируется при разложении твёрдых материалов.

Гашение электрической дуги в масле

В масляных выключателях контакты находятся в масле. Возникающая при размыкании контактов электрическая дуга разлагает масло, при этом сама дуга оказывается в газовом пузыре, состоящем из углеводородов, водорода и паров масла. Водород и высокое давление в пузыре способствуют деионизации дуги, и её охлаждению. Кроме того движение газов, растягивание дуги в дугогасительной камере повышают дугогасящий эффект.

Гашение дуги в вакууме

Электрическая прочность вакуума (высокоразрежённого газа) во много раз превышает электрическую прочность воздуха в обычных условиях. Это свойство нашло применение в вакуумных выключателях. После размыкания контактов в дугогасящей камере вакуумного выключателя при первом прохождении тока через ноль дуга гаснет, электрическая прочность промежутка восстанавливается.

Гашение дуги в газах высокого давления

Хотя и воздух, при давлении выше 2 МПа, имеет достаточно высокую электрическую прочность, что дает возможность проектировать выключатели с гашением дуги в среде воздуха под давлением. Но, большее распространение в электроэнергетике получили элегазовые выключатели, в которых в качестве дугогасящей среды используется элегаз (SF₆ - шестифтористая сера). Он имеет более высокие, чем воздух, электрическую прочность и дугогасящие свойства. Элегазовые выключатели нашли широкое применение в современных электроустановках, практически всех классов напряжения.

Магнитное дутьё, как вариант гашение дуги

Магнитное дутьё применяется в электромагнитных выключателях. Щелевая дугогасящая камера из жаропрочного материала – основной элемент электромагнитных выключателей. Магнитное дутьё, как правило, создается с помощью электромагнита, который включается последовательно в контур дуги. За счёт него электрическая дуга в выключателе растягивается, охлаждается и гаснет.

Многократный разрыв электрической цепи

Этот способ гашения дуги, как правило, применяется одновременно с вышеперечисленными, при коммутации высоких напряжений, когда отключение больших токов становится нетривиальной задачей. За счёт многократного разрыва дуги с помощью нескольких дугогасящих устройств, достигается кратное снижение напряжения в каждом из них. Равномерное распределение напряжения на каждый разрыв достигается за счёт активных сопротивлений или емкостей, включаемым параллельно основным контактам выключателя.