

УДК 621.316.3

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕГАЗОВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Карабань Н.Г., Пац К.Г., Тукай П.А.

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

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 элегаза – 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 °С необходимо, чтобы давление элегаза в аппаратах не превышало 0,4 МПа при плотности не более 0,03 г/см<sup>3</sup>. При повышении давления элегаз будет сжижаться при более высокой температуре. Поэтому для повышения надежности работы электрооборудования при температурах примерно минус 40 °С его следует подогревать (например, бак элегазового выключателя во избежание перехода элегаза в жидкое состояние нагревают до плюс 12 °С). 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 «Вестенгауз» (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>.