

## **ДИАГНОСТИКА КОММУТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ 10 КВ В РАБОЧИХ РЕЖИМАХ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ**

**Кирпичников Альберт Сергеевич,  
Мухаметжанов Рустем Наимович,**  
Студент; доцент ФГБОУ ВО «Казанский  
государственный энергетический университет»

В данной работе проанализирована диагностика на коммутационную способность в рабочих режимах при переменном токе. Определены основные параметры и устройства для диагностики высоковольтных выключателей. Найдены причины оплавления контакторов и предложены методы минимизации урона устройства.

**Ключевые слова:** коммутация, коммутационные аппараты, диагностика, включения-выключения, состояние контактно-дугогасительного устройства.

\*\*\*\*\*

В настоящий момент важной операцией для сохранения надёжности и долговечности эксплуатации выключателей 10 кВ является систематическая диагностика. В частности, испытания на коммутационную способность в рабочих режимах при переменном токе.

До недавнего времени таким испытаниям подвергались главным образом низковольтные аппараты. Только в последние годы эти испытания стали распространять также и на высоковольтные аппараты. Эта тенденция ускорилась после того, как начались работы по нормализации испытаний высоковольтных коммутационных аппаратов в международном масштабе.

Такой вид диагностики имеет цель - проверку поведения аппаратов в эксплуатационных условиях при коммутации токов, потребляемых при нормальной работе или при пуске электродвигателей, т.е. токов, не более чем в несколько раз превышающих номинальный ток длительного режима этих аппаратов.

При испытании аппаратов переменного тока в качестве источника обычно используют трансформатор тока. Этот источник поднимает ток до 1000 А при напряжении 10 В. Как правило, питание трансформатора осуществляется от сети.

Во время испытаний необходимо проверять величину провалов, контактные нажатия, а также время вибрации главных контактов всех полюсов аппарата. При этом должен измеряться ток в фазах испытательной цепи. В одной из рекомендуемых схем испытательной цепи, ток измерялся с помощью амперметра и измерительных трансформаторов типа УТТ-6.

Напряжение цепи измерялось вольтметром. Коэффициент мощности цепи по фазам определялся фазометром типа ЭДФ. Определение коммутационных износостойкости проводилось при частоте

600 включений – отключений (В-О) в час. Число коммутационных операций определялось с помощью электромеханического счётчика типа БИС-62.

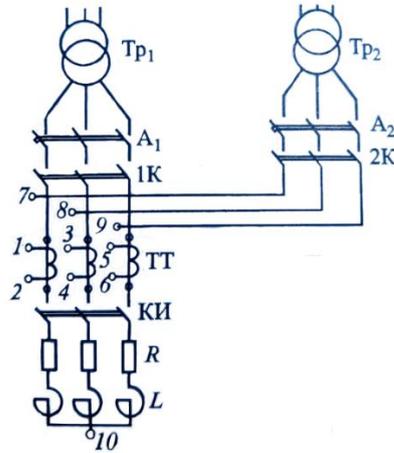


Рисунок 1 - Схема силовой цепи при испытании аппаратов переменного тока

В ходе испытаний через каждые 25000 операций в В-О проводился визуальный осмотр и оценка состояния контактно-дугогасительного устройства.

Как правило, износ контактов зависит многих ряда физических процессов. В частности, от материала контактов, от тока и напряжения в цепи, а также от скорости движения опорных точек в дуге.

Дуга не образуется, если для контактов в виде материала используют серебро и медь, а также при токе и напряжении, при котором температура является допустимой как в продолжительном режиме, так и при коротком замыкании. Износ в данной области происходит из-за образования мостика между контактами, состоящего из жидкого металла. Мостик образуется из-за перехода разного количества материала, в виде жидкого металла, которые обмениваются друг с другом металлом.

Если работать с аппаратом сильного тока, то иглы в обычном случае сразу же плавятся, а контактные поверхности также продолжают терять металл. Если в цепи не возникают электрические дуги, из этого следует, что износ контактов сильноточных аппаратов несерьезный. А если же при больших и средних токах, к тому же при малых скоростях дуги, то оба контакта сильно разогреваются и оплавляются, что в некоторых местах это приводит к кипению и дальнейшему испарению материала. Анод в свою очередь, поглощая энергию электронов, нагревается гораздо сильнее. У различных материалов граница распыления и оплавления разная, поэтому её сложно установить. Из-за большой скорости перемещения опорных точек дуги, сложно установить границы между зонами. Но можно примерно обозначить, что при переменном токе в районе 50 - 200 А износ будет в виде оплавления [1].

Как правило, разграничить эти области возможно по внешнему виду контактов. Если область имеет характер распыления (катод), то будет

шероховатая поверхность без оплавления и без корольков (мелкие шарики застывшего металла). Износ катода зависит от прошедшего количества электричества. Определено, что в области с характером оплавления, т.е. на аноде после прекращения подачи тока появляются так называемые корольки, а затем большие кратеры застывшего жидкого металла с гладкой, но неровной поверхностью (рис.2.). Наблюдается, что износ анода сильно зависит от возрастающей величины тока.

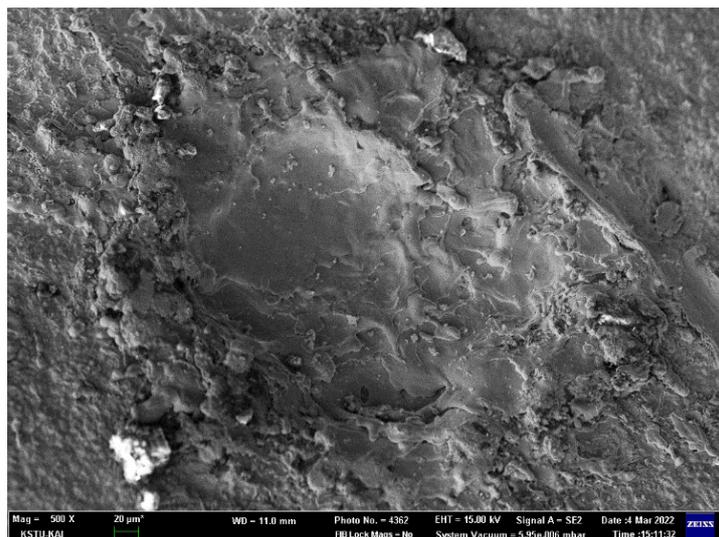


Рисунок 2 - Кратеры, полученные во время работы выключателя 10 кВ

Именно это и может привести к замыканию контактов. На рисунке ниже показаны последствия для контактора при цикле 25000 В-О. По данному снимку можно сделать вывод, что поверхность контакторов от эксплуатации равномерно и незначительно повреждалась. Но со временем неполный контакт даст различные неисправности. Значит, необходимо доработать конструкцию контакторов выключателей 10 кВ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент на полезную модель № 197821 U1 Российская Федерация, МПК H01H 33/664. Контактное устройство вакуумного выключателя с дугостойкими накладками из анизотропных материалов: № 2020108104 : заявл. 25.02.2020 : опубл. 01.06.2020 / И. М. Валеев, В. Д. Сандаков, Ю. О. Самофалов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет". – EDN ZKDJEO.

\*\*\*\*\*

## **METHODS OF TROUBLESHOOTING CABLE LINES IN AN URBAN ENVIRONMENT**

In this paper, the diagnosis of switching capacity in operating modes at alternating current is analyzed. The main parameters and devices for diagnostics of high-voltage switches are determined. The reasons for the melting of contactors are found and methods for minimizing the damage to the device are proposed.

**Keywords:** switching, switching devices, diagnostics, switching-off, state of contact-arc extinguishing device.

***Кирпичников Альберт Сергеевич,  
Мухаметжанов Рустем Наимович, 2022***