

Способы гашения электрической дуги

Клименко К. А.¹, Басмановский М. А.², Сержанский В. П.³

¹Клименко Ксения Александровна / Klimentko Ksenya Aleksandrovna - кандидат технических наук, доцент, кафедра теоретических основ электротехники;

²Басмановский Максим Андреевич / Basmanovsky Maxim Andreevich – студент;

³Сержанский Виктор Павлович / Serzhansky Viktor Pavlovich – студент,

кафедра электроснабжения промышленных предприятий,

Энергетический институт

Омский государственный технический университет, г. Омск

Аннотация: актуальность данной работы обусловлена тем, что электрическая дуга представляет достаточно большую опасность для работы обслуживающего персонала, а так же вблизи находящихся электроустановок и способствует повышению кратности перенапряжений в электрической сети. Данная работа посвящена исследованию способов гашения электрической дуги. Рассмотрено явление возникновения и строение электрической дуги. Большое внимание уделено изучению её физических свойств, а так же влияние на работу коммутационного оборудования. В результате исследований были выявлены наиболее эффективные способы гашения электрической дуги.

Ключевые слова: электрическая дуга, способы гашения, строение, коммутационное оборудование.

Электрическая дуга – разновидность электрического разряда в газе, по форме существования вещества считается плазмой. Дуга представляет собой довольно таки сложный физический процесс, который сопровождается рядом следующих физических, термодинамических, химических, а так же газодинамических явлений.

Электрическая дуга, возникает в начальный момент расхождения контактов в результате наличия свободных электронов газа дугового промежутка и электронов, излучаемых с поверхности катода. Свободные электроны, находящиеся в промежутке между контактами перемещаются с большой скоростью по направлению от катода к аноду под действием сил электрического поля. [3]

Дуга состоит непосредственно с трёх областей, которые весьма отличаются по характеру протекающих в них процессов. А именно к отрицательному электроду дуги прилежит область катодного падения напряжения. За тем идет плазменный ствол дуги. Далее к положительному электроду прилежит область анодного падения напряжения. Эти области с графиком напряжений схематично приведены на (рис. 1).

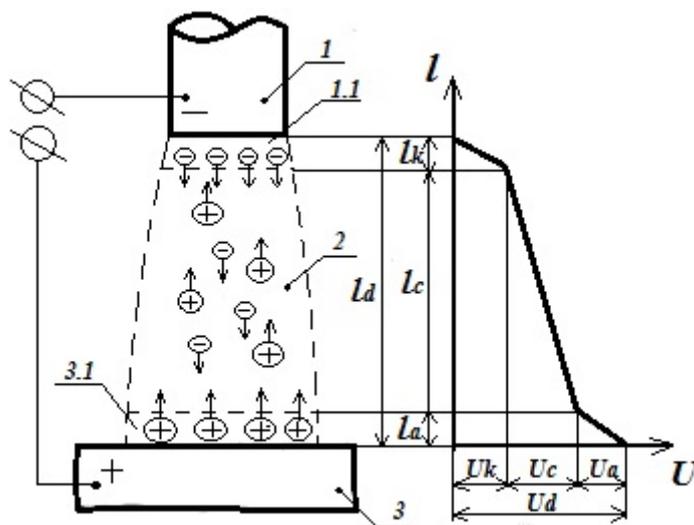


Рис. 1. Строение электрической дуги и падения напряжения на трёх областях: 1-катод; 1.1- катодная область; 2 – столб дуги; 3 – анод; 3.1 – анодная область; U_d – общее падение напряжения на дуге; U_k – падение напряжения в катодной области; U_c - падение напряжения в столбе дуги; U_a – падения напряжения в анодной области

В большинстве случаев явление электрической дуги является вредным. При весьма значительных напряжениях и токах температура внутри дуги может достигать 10-50 тыс. °С, в результате чего плавятся контакты и токоведущие части.

При напряжениях 110 кВ и выше длина дуги может достигать нескольких метров. Поэтому электрическая дуга, особенно в мощных силовых цепях, на напряжение выше 1 кВ представляет собой большую опасность, хотя серьезные последствия могут быть и в установках на напряжение ниже 1 кВ. Вследствие этого электрическую дугу необходимо максимально ограничить и быстро погасить в цепях на напряжение как выше, так и ниже 1 кВ [2].

При выборе способа гашения дуги следует отталкиваться от рода и величины отключаемого тока, значения напряжения и его частоты, раствора контактов, характера нагрузки и частоты коммутации. Главными критериями при выборе способа гашения являются: высокая износостойкость камеры, минимальные объемы камеры и ионизированного пространства, минимальное время горения дуги при заданном уровне перенапряжений и минимальная стоимость камеры [1].

На данное время существует множество способов гашения дуги. Все способы подразделяются на способы гашения дуги в коммутационных аппаратах до 1 кВ и для коммутационных аппаратов выше 1 кВ.

Способы гашения дуги в коммутационных аппаратах до 1 кВ:

1. Гашение дуги в узких щелях. При прохождении дуги через узкую щель, образованную дугостойким материалом, в результате соприкосновения с холодными поверхностями происходит интенсивное охлаждение и диффузия заряженных частиц в окружающую среду. Это способствует быстрой деионизации и гашению дуги.

2. Удлинение дуги. При расхождении контактов возникает дуга, которая в дальнейшем растягивается. Чем длиннее дуга, тем большее напряжение необходимо для ее существования. Вследствие уменьшения напряжения, дуга гаснет.

3. Деление дуги на ряд коротких дуг. При размыкании контактов возникшую дугу затягивают в металлическую решётку посредством электромагнитного поля исходящего от данной решётки. Вследствие прохождения дуги через металлическую решётку, она разделяется на множество коротких дуг, каждая из которых будет иметь своё катодное и анодное падение напряжения. В результате падения напряжения множество дуг погаснет.

4. Магнитное гашение. Если дугу поместить в магнитном поле, то на нее действует сила Ампера, определяемая по правилу левой руки. Если создать магнитное поле, направленное перпендикулярно оси дуги, то она получит поступательное движение и будет затянута внутрь щели дугогасительной камеры. В радиальном магнитном поле дуга получит вращательное движение. Магнитное поле может быть создано постоянными магнитами, специальными катушками или самим контуром токоведущих частей. Быстрое вращение и перемещение дуги способствует ее охлаждению и деионизации [4].

Способы гашения дуги в коммутационных аппаратах более 1 кВ:

1. Газовоздушное дутьё. Основной принцип газовоздушного дутья заключается в том, что охлаждение дуги происходит, если создать направленное движение газов непосредственно на ствол дуги, вследствие чего происходит проникновения частиц, диффузия и охлаждение дуги.

2. Гашение дуги в масле. Этот способ гашения дуги распространён в большей мере в коммутационных аппаратах (выключателях). Возникшая, при размыкании контактов электрическая дуга, приводит к интенсивному газообразованию и испарению масла, вследствие чего сама дуга оказывается в газовом пузыре, состоящем в основном из водорода. Высокое давление, образованное в газовом пузыре непосредственно с водородом способствует деионизации и охлаждению дуги.

3. Гашение дуги в вакууме. Электрическая прочность вакуума во много раз превосходит электрическую прочность воздуха в нормальных условиях. В начале разрыва контактов вакуумного дугогасительного устройства происходит зажигание дуги, падение напряжения в этот момент времени достаточно мало. В тот момент, когда ток проходит через нуль дуга гаснет, после чего вакуумное дугогасительное устройство способно выдержать восстанавливающееся напряжение (рис. 2).

4. Гашение дуги в газах высокого давления. Высокое давление газа сопровождает его высокую электрическую прочность. Гашение дуги с помощью высокого давления, созданного загоранием самой же дуги в замкнутом объёме при неизменной температуре, способствует уменьшению степени ионизации газа, что в свою очередь приводит к повышению теплопроводности газа. Эти условия приводят к более интенсивному охлаждению дуги.

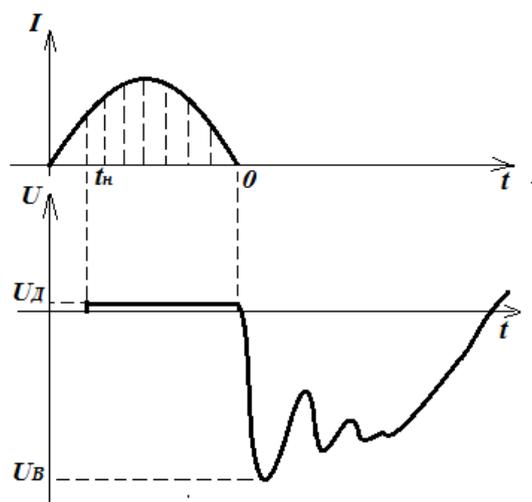


Рис. 2. Гашение дуги в вакууме; t_n – время начала расхождения контактов, U_b – восстанавливающее напряжения, U_d – напряжение в момент горения дуги

5. Многократный разрыв цепи тока. Этот способ зачастую применяется при коммутации больших токов при высоких напряжениях. Так же многократный разрыв цепи тока используется совместно со следующими способами гашения дуги: гашение дуги в масле, в вакууме. Тем самым достигается кратное снижение напряжения в каждом из дугогасительных устройств. Для равномерного распределения напряжения параллельно главным контактам включают активное сопротивление и емкости.

Выводы

В данной статье был проведён обзор современных способов борьбы с электрической дугой. Так как электрическая дуга является источником радиопомех и представляет большую опасность, как для обслуживающего персонала, так и для близко расположенных электрических установок.

Литература

1. Лобанов Б. Н. Известия вузов. Электромеханика выпуск №2 2010 год. Формализация выбора способов гашения дуги в низковольтных электрических // Известия вузов. Электромеханика выпуск № 2, 2010. 19 с.
2. Причины возникновения электрической дуги. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://locus.ru/library/equipment_981/page/3/ (дата обращения: 09.11.2016).
3. Электрическая дуга и её характеристики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/drugoe/1632-jelektricheskaja-duga-i-ee.html/> (дата обращения: 08.11.2016).
4. Способы гашения электрической дуги. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=25930/> (дата обращения: 11.11.2016).