

УДК 614.841

## СПОСОБ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИИ ОТ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Кавера А.Л.

ДонНТУ

*Проанализированы существующие средства предотвращения возгорания электрической изоляции. Предложен новый способ, предотвращающий появление пламени на поверхности изоляции и определены параметры установки, позволяющей реализовать данный способ.*

Неотъемлемой частью при разработке нового и совершенствованию имеющегося электрического оборудования, является его пожарная безопасность. Пожары в кабельных сетях возникают вследствие повреждений и ненормальных режимов работы кабеля при неисправной, неправильно выбранной уставке максимально-токовой защиты и защиты от утечек тока на землю, а также при разрывах проводника под нагрузкой и при плохом контакте в местах соединений [1, 2] что так же может послужить причиной взрыва окружающей взрывоопасной среды, или привести к большим разрушениям и человеческим жертвам. Даже если автоматические средства защиты и отключили питание аварийного участка, то всегда существует опасность остаточного горения (тления) изоляции. Так, например, за 2004г. в Украине электротехническая продукция явилась причиной 10761 пожара, что составляет более 20 % от их общего числа. Из них 62,2 % произошли по причине возгорания кабельно-проводниковой продукции, 3 % – возгорания распределительных устройств и 1,1 % – возгорания электрических машин и преобразователей (рис. 1).

Проблема состоит в том, что при современном уровне развития противопожарной защиты не существует средств предотвращения воспламенения изоляции электрооборудования, а существуют только способы тушения, которые не являются универсальными. Например, тушить водой электрооборудование не разрешается, применение порошковых средств пожаротушения приводит в негодность электроустановку, применение газовых средств затруднено их громоздкостью. В связи с этим возникает актуальный вопрос о разработке принципиально нового способа предотвращения и тушения возгораний.

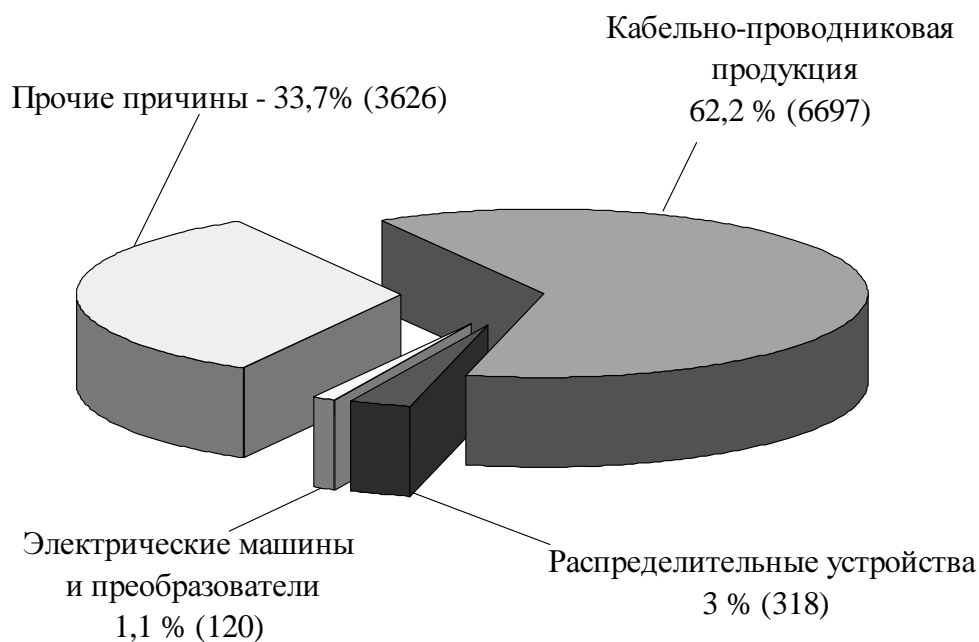


Рис. 1. Причины пожаров в Украине за 2004г.

Разрабатываемый способ основан на способности электрического поля влиять на пламя. Эта способность электрического поля была замечена еще в 1814 году Брандом. Наиболее существенные исследования в этой области проводились в НИИГД «Респиратор» в 90-х гг [3, 4], американской компанией «Spectrex» [5], в Самарском техническом университете [6]. Эти исследования нашли продолжение в ДонНТУ.

Разработанная в ДонНТУ стендовая установка состоит из блока питания (повышающий трансформатор), двух электродов (один из которых заземлен), источника пламени. Помимо перечисленных элементов, установка имеет пуль управления, позволяющий плавно повышать напряжение на электродах от 0 до 70 кВ и блок защиты, который снимает напряжение с электродов при электрическом пробое.

Механизм воздействия электрического поля на изоляцию следующий. При подаче высокого напряжения на электроды, между ними возникает электрическое поле. Это поле заставляет перемещаться заряженные частицы, образующиеся в результате реакции горения источника, расположенного между высоковольтными электродами. Роль заряженных частиц выполняют ионы и диполи. Перемещаемые полем заряженные частицы и увлекаемые ими электрически нейтральные молекулы, образуют аэродинамический поток, который при относительно малых потенциалах на электродах (до 10 – 15 кВ) интенсифицирует

газообмен вблизи поверхности материала, облегчая доступ окислителя в зону горения. В результате чего скорость распространения пламени растет. При более высоких потенциалах доминирует, механизм роста теплотеря из фронта пламени за счет увеличения его поверхности и скорость распространения пламени уменьшается. Чем выше напряжение между электродами, тем выше эффективность подавления пламени, поскольку выше скорость аэродинамического потока. Но существует предел увеличения напряжения, который обусловлен величиной пробивного напряжения. Величину пробивного напряжения можно вычислить, зная разрядное напряжение при нормальных условиях, давление окружающей газовой среды, ее температуру и влажность. Зависимость значения пробивного напряжения от давления описывается законом Пашена, а в зависимости от влажности – приводится к нормальным условиям с помощью поправочного коэффициента.

Был проведен ряд экспериментов по определению оптимальных параметров для предотвращения распространения пламени по поверхности изоляции. К параметрам способа относятся: величины напряжения между электродами, расстояния от электродов до основания пламени, вид электрического поля, а также форма, размер и материал электродов.

Как показали исследования, следует использовать переменное электрическое поле, в качестве материала можно использовать медные электроды, а наиболее эффективной формой электродов является: иглообразная форма обоих электродов, либо пластина с острой кромкой, развернутой по направлению к пламени (незаземленный электрод) и плоскость (заземленный электрод).

Рассмотрим эксперименты по определению значения напряжения гашения пламени от расстояния между электродом и пламенем. При этом первый и второй электрод поочередно ставятся в одинаковые условия. Исходное положение для первого опыта, когда источник пламени находится между иглообразными электродами на расстоянии 3 см от левого и 1 см от правого (рис. 2). После каждого измерения напряжения, подаваемого на электроды в момент гашения пламени, заземленный электрод перемещали на 1 см дальше и делали следующее измерение. Полученные зависимости напряжения гашения пламени от расстояния между электродами и пламенем представлены на рис. 3. Здесь: линия 1 получена в результате непосредственных измерений; линия 2 – соответствующая ей линия тренда. Такой же опыт проводили с фиксированным правым электродом (второй опыт).

Здесь: линии 1 и 3 получены в результате непосредственных измерений; линии 2 и 4 – соответствующие им линии тренда.

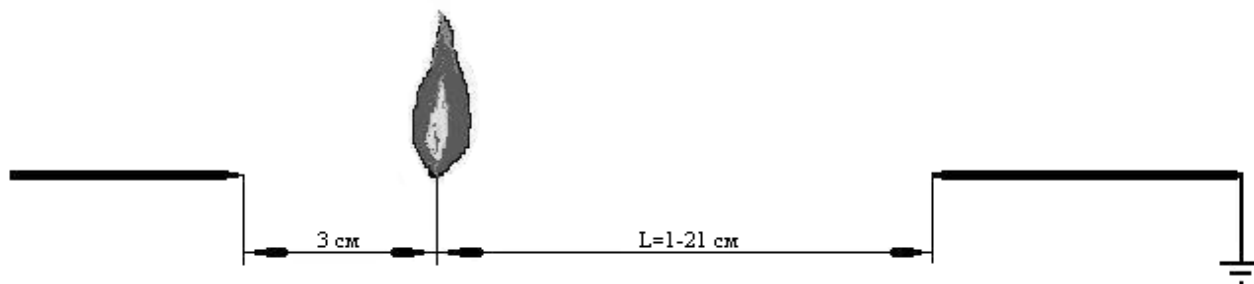


Рис. 2. Схема эксперимента

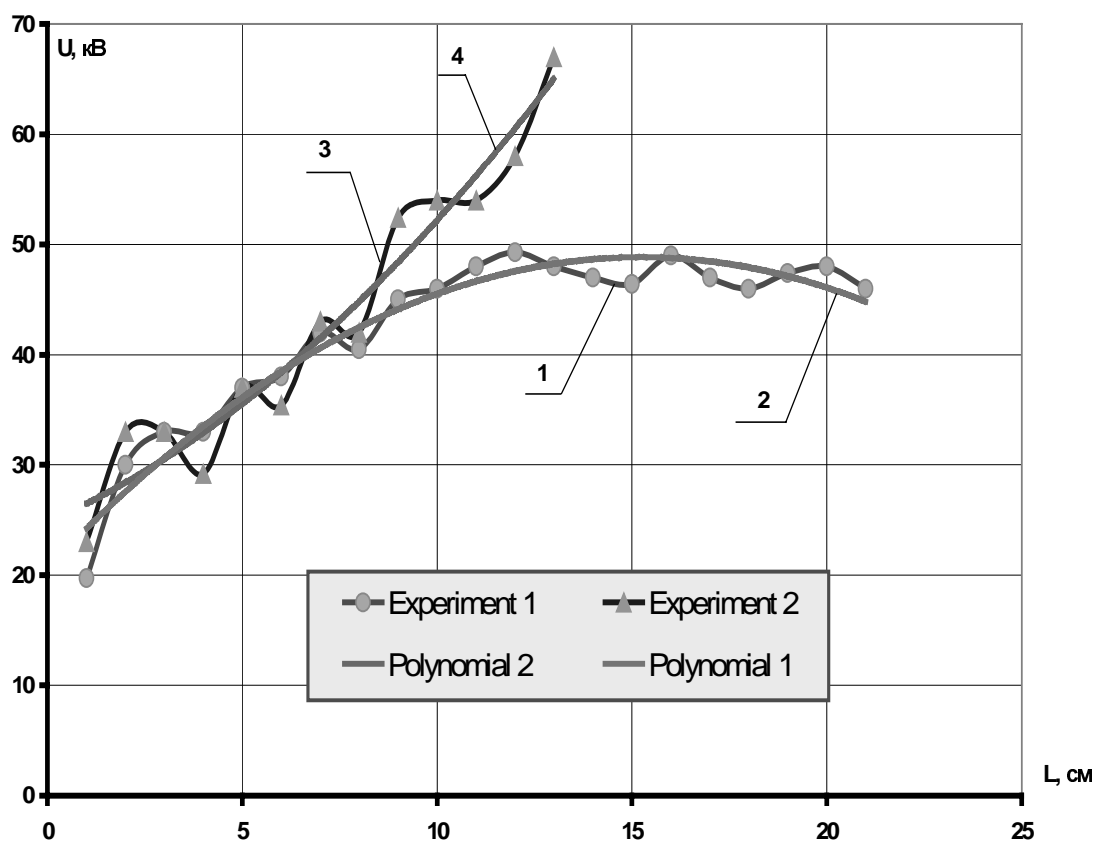


Рис. 3. Зависимость напряжения между электродами от расстояния между электродами и пламенем

Следующая серия экспериментов направлена на изучение возможности защиты изоляции от воспламенения на участке кабеля определенной длины. Поскольку, исходя из экспериментов, по определению эффективной формы электродов и величины прикладываемого к ним напряжения, можно сделать вывод, что наиболее эффективным будет использование иглообразных электродов, расположенных на расстоянии при котором не

происходило бы соприкосновение пламени на поверхности изоляции с электродами и переменного напряжения. Величина напряжения должна быть максимальной, которую может позволить установка, но не превышать величину пробивного напряжения. И хотя воздух относится к диэлектрикам и после электрического пробоя может быстро восстановить свои свойства, в результате пробоя сработает защита установки, и напряжение с электродов будет снято.

Для эксперимента использовался отрезок кабеля длиной 10 см в полихлорвиниловой изоляции, с поперечным сечением жилы 4 мм<sup>2</sup>. Отрезок кабеля располагался горизонтально, его продольная ось при этом совпадала с осью электродов (рис. 4).

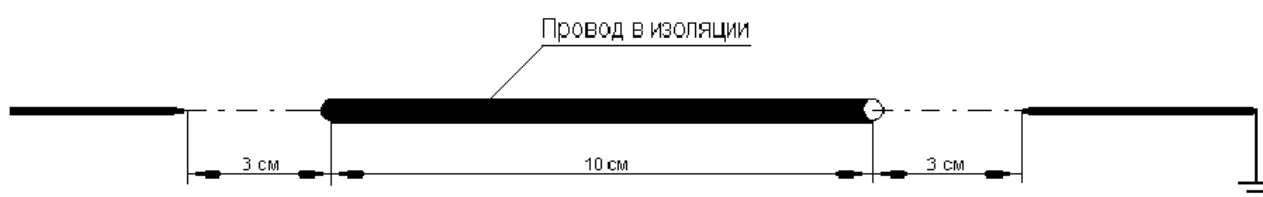


Рис. 4. Схема расположения кабеля по отношению к электродам

Как видно из графика (кривая 2 на рис. 3), для подавления возгорания необходимо, чтобы величина напряжения, приложенного к электродам, составляла 50 кВ. После того, как было включено электрическое поле, были предприняты попытки дистанционно поджечь изоляцию кабеля. Температура источника при этом составляла 800–1000 °С. Попытки поджечь изоляцию, находящуюся в электрическом поле, производились по всей длине проводника. При этом ни одна из попыток не привела к возгоранию изоляции.

Для защиты более длинного кабеля, чем тот который принимался в эксперименте, следует использовать электроды в виде пластин, расположенных параллельно продольной оси кабеля. На данном этапе разработки защита кабеля имеющего значительную протяженность (более 1 м) не представляется возможной. Однако разработанный способ можно использовать в местах ввода кабеля в аппаратуру. При этом будет задействована небольшая длина кабеля.

Помимо того, что способ подавления пламени на поверхности изоляции электрическим полем не требует применения расходных материалов и не агрессивен по отношению к защищаемому объекту, он еще является и экологически чистым. Так же применение такого способа позволит предупредить процесс возгорания в труднодоступных местах (например, внутри оболочек пусковых устройств).

#### Библиографический список

1. Шевченко О.А. О пожарной опасности сетей напряжением 380 – 220кВ промышленных предприятий и жилых зданий. Збірник наукових праць ДонНТУ, серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 28. – Донецьк: ДонНТУ. – С.182 – 185.
2. О надежности и пожарной безопасности сетей 6 – 10 кВ, снабжающих электроэнергией подземные потребители угольных шахт. Ковалев А.П., Нагорный М.К., Якимишина В.В., Чурсинова А.А. // Матеріали ІІ науково-практичної конференції «Донбас – 2020: наука і техніка – виробництву». – Донецьк. – 2004. – С.346 – 352.
3. Затухание пламени в электрическом поле / Булгаков Ю.Ф., Дикенштейн И.Ф., Осадчий А.В. // Пути развития горноспасательного дела: Сб. тр. науч. – практ. конф. НИИГД. – Донецк. – 1997. – С. 90.
4. Экспериментальные исследования процесса затухания пламени в электрическом поле / Грядущий Б.А., Булгаков Ю.Ф., Осадчий А.В., Дикенштейн // Сб. тр. УкрНИИПБ: «Проблемы пожарной безопасности», Киев. – 1995. – С. 67 – 68.
5. Fire extinguishment of pool flames by means of a DC electric field. E.Sher, E.Jacobson, R.Baron, A.Pokravalo and G.Pinhasi. Spectrex Inc. New Jersey, USA. – 2003.
6. Дудышев В. Д. Новая технология тушения и предотвращения пожаров // ЭКип: Экология и промышленность России. – 2003. – N 12. – С. 30 – 32.

30.04.08