

Виртуальная лабораторная работа

«Испытание кабеля на огнестойкость»

Кокцинская Е.М.

Научный журнал "Видеонаука"

Аннотация. В данной статье представлены экспериментальные результаты испытания кабеля на огнестойкость и проведен теоретический расчет аналогичной ситуации. Предлагается использовать результаты данного эксперимента и моделирования в качестве лабораторной работы для обучения студентов электротехнических специальностей.

Ключевые слова: кабель, испытание, огнестойкость, расчет, ELCUT, лабораторная работа

Выпуск	Год	Ссылка на статью
№2(2)	2016	Кокцинская Е.М. Виртуальная лабораторная работа «Испытание кабеля на огнестойкость» // Видеонаука: сетевой журн. 2016. №2(2). URL: https://videonauka.ru/stati/29-pedagogicheskie-nauki/48-virtualnaya-laboratornaya-rabota-ispytanie-kabelya-na-ognestojkost (дата обращения 1.07.2016).

Испытание кабеля на огнестойкость

Пожары на ряде объектов с высокой концентрацией электрических кабелей показали, что традиционные типы кабелей не удовлетворяют современным требованиям пожарной безопасности. В частности, при прокладке в пучках они распространяют горение, выделяют много дыма и не способны передавать электрическую энергию при воздействии открытого пламени. Это делает актуальными работы, направленные на изучение вопросов, связанных с пожарной безопасностью кабелей.

Основными техническими приёмами создания пожаробезопасных кабелей являются использование материалов пониженной горючести и введение дополнительных элементов в конструкцию. Особенно важно это для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена или других горючих изоляционных материалов.

Существует три основных направления повышения

изоляционных материалов.

Существует три основных направления повышения пожарной безопасности, которые могут сочетаться между собой в различных вариантах в зависимости от требований к конкретной конструкции кабеля [1]:

1. Не распространяющие горение кабели (исполнение «нг»), которые способны к самозатуханию после прекращения воздействия источника пламени.

2. Кабели с пониженным выделением дыма, коррозионно-активных и опасных для здоровья продуктов горения. Это обеспечивается применением при их изготовлении новой серии пластикатов пониженной пожарной опасности (исполнение «LS») и материалов, не содержащих галогенов (исполнение «HF»).

3. Огнестойкие кабели, которые способны к функционированию при пожаре заданное время – от 30 минут до 3 часов (исполнение «FR»). Огнестойкость достигается за счет введения в их конструкцию дополнительного термического барьера, например, из слюдосодержащих лент, наложенных обмоткой поверх токопроводящих жил.

К сожалению, при обучении студентов в условиях ВУЗа проведение испытаний кабелей на огнестойкость и нераспространение горения невозможно, поскольку такие испытания весьма дорогостоящи и требуют наличия отдельного помещения, специально оборудованного именно под эти цели.

Целью данной работы была разработка виртуальной лабораторной работы, посвященной изучению огнестойких кабелей, которая может использоваться в процессе обучения студентов как очного, так и дистанционного обучения.

Для выполнения поставленной цели в ходе работы необходимо было решить следующие задачи:

- провести испытание кабеля на огнестойкость;
- осуществить моделирование этого процесса;
- создать обучающий видеоролик, в котором наглядно продемонстрировать процесс испытаний.

Для испытаний и последующих расчетов был взят образец силового кабеля. Основными элементами конструкции данного кабеля являлись: медная токопроводящая жила, изоляция из сшитого полиэтилена, металлический экран из меди, дополнительный защитный слой из полиэтилена и внешняя оболочка из нераспространяющего горение пластиката. Толщина изоляции и дополнительного защитного слоя составляла 5 мм, толщина внешней оболочки – 3 мм. Необходимо сразу отметить, что испытываемая конструкция кабеля не являлась огнестойкой.

составляла 5 мм, толщина внешней оболочки – 5 мм. Необходимо сразу отметить, что испытываемая конструкция кабеля не являлась огнестойкой.

Испытание на сохранение работоспособности кабелей при воздействии пламени проводилось по ГОСТ Р МЭК 60331-21 [2].

Отбор и подготовка образцов для проведения испытаний.

Образец кабеля предварительно был проверен на отсутствие повреждений (разрывов, вздутий) изоляционных и защитных оболочек.

Длина образца составляла 1200 мм. С обоих концов образцов на участках длиной (100 ± 5) мм удалялась оболочка. На концах токопроводящих жил снимали изоляцию для последующего подключения к источнику питания. Проволоки, составляющие токопроводящую жилу, разводились в стороны для предотвращения короткого замыкания между ними.

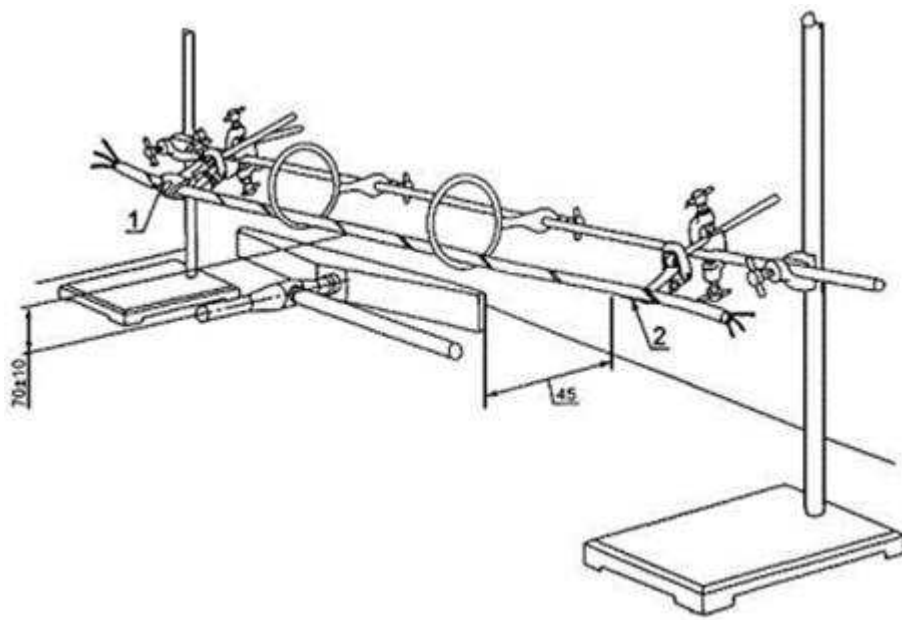
Подготовленный образец выдерживался перед испытанием при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 3ч.

Испытательное оборудование и средства измерения.

Установка для проведения испытания состояла из:

- газовой горелки;
- устройства, поддерживающего образец в процессе испытания;
- высоковольтного источника питания переменного напряжения, частотой (50 ± 5) Гц.

Схема установки для испытаний по МЭК 60331-11 представлена на Рисунке 1.



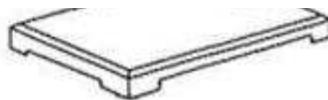


Рисунок 1 - Схема установки для испытаний на сохранение работоспособности кабелей при воздействии пламени.

Источником теплоты в ходе испытаний служит пламя трубчатой газовой горелки, имеющей на участке длиной (610 ± 2) мм 61 отверстие диаметром $(1,8 \pm 0,1)$ мм и обеспечивающей одновременный и равномерный прогрев всей рабочей поверхности кабельного изделия. Для контроля температуры использовалась термопара хромель-алюмель, которую помещали в пламя газовой горелки на расстоянии (75 ± 2) мм от неё.

Расход газа и воздуха был отрегулирован так, чтобы температура пламени на высоте (75 ± 2) мм составляла от 750 до 800 °С.

Поддерживающее устройство состояло из четырёх зажимов, расположенных друг от друга на расстоянии (300 ± 5) мм и позволяющих горизонтально закрепить образец. Все металлические части поддерживающего устройства заземлялись.

Камера для проведения испытаний имела систему вентиляции, обеспечивающую удаление продуктов горения из камеры.

Порядок проведения испытаний.

Испытания проводили в замкнутом объёме при температуре 35 °С и относительной влажности воздуха 50 %.

Образец кабеля закреплялся в поддерживающем устройстве горизонтально, параллельно газовой горелке. Нижняя поверхность образца находилась над горелкой на расстоянии (75 ± 5) мм.

Затем образец подключали к источнику питания и подавали номинальное напряжение 10 кВ. Зажигали газовую смесь горелки и начинали отсчёт времени до срабатывания устройства защитного отключения. Внешний вид кабеля в поддерживающем устройстве перед проведением испытания, при нахождении в пламени горелки и после испытаний можно посмотреть в Видео к статье.

В процессе испытания напряжение на образце кабеля поддерживалось равным номинальному значению.

Кабель считали сохраняющим работоспособность в течение заданного времени, если:

1. напряжение оставалось приложенным в течение всего испытания;

1. напряжение оставалось приложенным в течение всего испытания;
2. не разрушалась токопроводящая жила кабеля.

Кабель выдержал испытание в течение времени 518 с.

Для моделирования процесса нахождения кабеля в пламени использовалась расчетная программа ELCUT (сайт elcut.ru). Подробно процесс построения сечения кабеля и проведение теплового расчета в стационарном режиме были описаны в [3]. В данном случае процесс расчета нагрева кабеля проводился в два этапа: сперва проводили стационарный расчет при температуре окружающей среды, а затем расчет в нестационарном режиме при температуре на внешней оболочке кабеля, равной температуре пламени при испытании. Начальная температура кабеля составляла 35 °С, коэффициент теплоотдачи при конвекции был принят равным 8Вт/(К×м²). Внешняя температура, имитирующая температуру пламени, была взята с некоторым запасом, чтобы учесть возможные локальные перегревы, и принята равной 900 °С. Расчет нагрева проводился до времени 1000 с. Физические свойства материалов элементов конструкции кабеля, использованные при расчетах, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физические свойства материалов, использованные в тепловом расчете кабеля

Материал	Теплопроводность, Вт/(К×м)	Теплоемкость, Дж/(кг×К)	Плотность, кг/м ³
Медь	380	386	8900
Полиэтилен	0,29	При 20 °С 2300 При 80 °С 3750	950
Не распространяющий горение пластикат	0,2	3000	1550

Результаты расчета оценивались по температуре изоляции, которая разделяет между собой токопроводящую жилу и металлический экран. Температура плавления изоляции ниже, чем для меди, поэтому предполагалось, что пока изоляция не находится в полностью расплавленном состоянии (температура на границе изоляция-токопроводящая жила ниже или равна температуре плавления), она выдерживает рабочее напряжение и, соответственно, выполняет свою функцию. Изменение электрической прочности полиэтилена при возрастании температуры в расчете не учитывалось. Когда температура на границе раздела изоляции и токопроводящей жилы достигает значения температуры плавления полиэтилена, равной 110 °С

температуры в расчете не учитывалось. Когда температура на границе раздела изоляции и токопроводящей жилы достигает значения температуры плавления полиэтилена, равной 110°C [4], то значение ее электрической прочности становится ниже допустимого уровня, и кабель становится неработоспособным. Время от начала нагрева до этого момента и определяет его огнестойкость.

Результаты расчета в виде графика температуры на внутренней границе изоляции от времени представлены на рисунке 2. Из этого графика видно, что температура 110°C на границе изоляции с жилой соответствует времени нахождения кабеля в пламени $t=670$ с. Это время и является расчетным временем работы данного кабеля в условиях пожара. Разница с экспериментальными данными составила в данном случае $\approx 23\%$, что при необходимости точных расчетов является недостаточной точностью, но при проведении лабораторной работы вполне допустимой.

Точность моделирования поведения кабеля в пламени можно увеличить, если учесть изменение электрической прочности изоляции при возрастании температуры, внешнюю температуру, имитирующую температуру пламени, взять с меньшим запасом, а также точно знать значение температуры плавления полиэтилена, использованного для изготовления испытываемого кабеля.

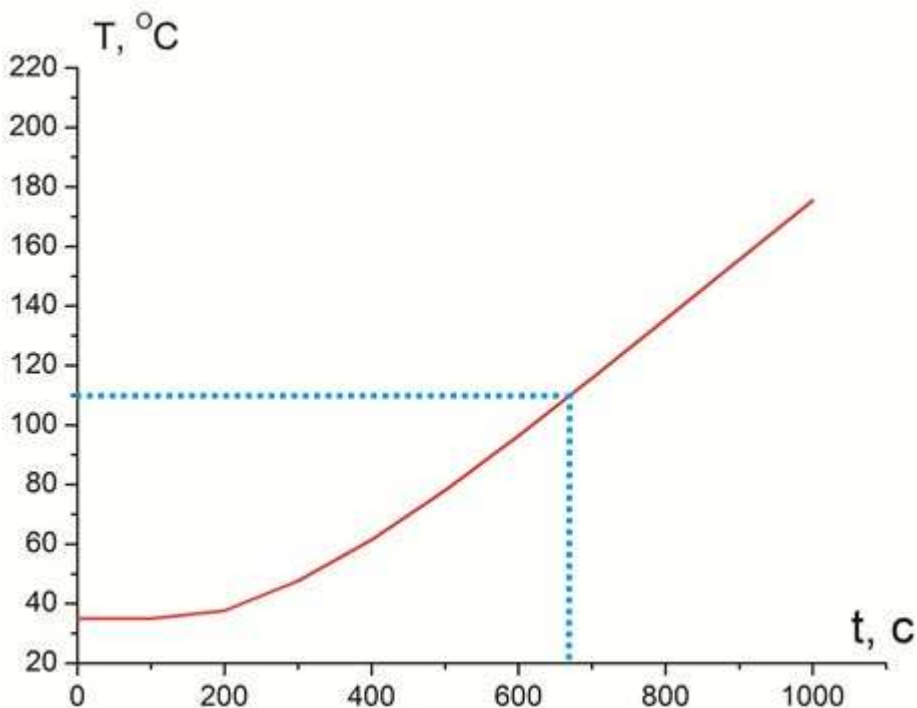


Рисунок 2 – Зависимость температуры на границе изоляции с токопроводящей жилой от времени нагрева.

Данный расчет может быть реализован в виде лабораторной работы. Её можно проводить как непосредственно на очных занятиях со студентами, так и при дистанционном образовании в условиях удаленного доступа. Перед проведением моделирования предлагается просмотр

непосредственно на очных занятиях со студентами, так и при дистанционном образовании в условиях удаленного доступа. Перед проведением моделирования предлагается просмотр видео с пояснениями о проведении испытания кабеля на огнестойкость.

Возможны вариации проведения данной лабораторной работы. Преподаватель может предлагать для расчета различные конструкции и, соответственно, сравнивать расчеты с результатами испытаний разных марок кабелей.

Таким образом, в ходе выполнения работы проведено испытание кабеля на огнестойкость и моделирование этой ситуации. Экспериментальное и теоретическое время работы кабеля в условиях пожара совпадают с удовлетворительной точностью. Видео эксперимента можно демонстрировать студентам перед выполнением расчетной части лабораторной работы для получения ими наглядного представления о проведении данного типа испытаний.

Список литературы:

1. Пожаробезопасные кабели // Мир современных материалов. 2014. URL: <http://worldofmaterials.ru/spravochnik/primenenie/52-pozharobezopasnye-kabeli> (дата обращения 19.06.2016).

2. ГОСТ Р МЭК 60331-21-2003. Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности. М., 2003. 5 с.

3. Кокцинская Е.М. Автоматизация расчёта кабеля в программе ELCUT// Видеонаука: сетевой журн. 2016. №1(1). URL: <http://videonauka.ru/stati/item/7-avtomatizatsiya-raschjota-kabelya-v-programme-elcut> (дата обращения 19.06.2016).

4. Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю. В. Корицкого и др. – 3 изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986. Т.1. 368 с.

Abstract. This paper presents the experimental results of the fire resistance test of cable and a theoretical calculation of a similar situation. It is proposed to use the results of this experiment and simulation as a laboratory work for students of electrotechnical specialties.

Key words: cable, test, fire resistance, analysis, laboratory work.