

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ 0,38 кВ

О.В. Полухин

Совокупная длина воздушных линий 0,38 кВ сельских электросетей составляет более 2 млн. км, не считая внутренних электропроводок. По оценкам специалистов технический уровень сельских сетей отстает от уровня промышленно развитых стран на несколько десятков лет. Неудовлетворительное техническое состояние и низкий уровень эксплуатации являются причиной высокой аварийности сельских сетей. Повреждения и аварии систем электроснабжения имеют серьезные технические последствия, проявляющиеся в повреждении электрооборудования и прежде всего – асинхронных электродвигателей, число которых в сельском хозяйстве составляет не менее 20 млн., а также экономические последствия, выражающиеся в перерывах электроснабжения сельскохозяйственного потребителя [1].

Но самой острой проблемой, возникающей в связи с нарушением работы систем электроснабжения, являются пожары. Ежегодно в стране происходят сотни тысяч пожаров. Число пожаров, вызванных электрическими причинами, по отдельным регионам России колеблется от 20% до 40%. Особенно неблагоприятное положение с пожарами сложилось в малых городах и сельской местности, на которые приходится 2/3 гибели людей и 70% материальных ущербов. Причем число пожаров вызванных различными неисправностями, неправильной эксплуатацией и несовершенством электроустановок ежегодно увеличивается примерно на 0,8 % в год [2]. Данная тенденция обусловлена следующими факторами:

– высоким уровнем электрификации сельскохозяйственного производства и быта

населения, сопровождающимся ростом потребления электроэнергии, увеличением числа электроустановок и бытовых электроприборов, протяженностью электросетей;

– значительным износом основных электроэнергетических фондов (свыше 50 %) [1];

– несовершенством электросетей и электрической защиты от пожароопасных режимов;

– низким уровнем эксплуатации электроустановок.

В табл. 1 приведены сведения о пожарах по причинам, связанным с неисправностью или неправильной эксплуатацией электротехнических изделий, по результатам исследований ВНИИПО.

Их таблицы видно, что основной причиной пожаров в электроустановках (70% от общего числа пожаров, причиной которым стало электричество) являются короткие замыкания (КЗ), а также утечки через изоляцию. При этом в 45 % случаев причиной пожаров стали электропроводки.

Для предотвращения пожаров проводятся профилактические мероприятия, ставятся предохраняющие устройства, отключающие электроэнергию. Защите систем электроснабжения 0,38 кВ посвящено множество работ, но в них рассматриваются, в основном, внешние сети. Сложилось мнение, что применение предохранителей и автоматических выключателей решает проблему защиты внутренних электропроводок от короткого замыкания. Однако, статистика свидетельствует об обратном.

Таблица 1

Причина пожара	Количество пожаров, %
Короткое замыкание	68,8
Перегрев электроприборов	20,8
Большое переходное сопротивление	5,5
Перегрузка электроустановок	2,7
Несоблюдение безопасного расстояния от электроустановок до горючих материалов	2,2

К числу основных технических причин такого положения можно отнести следующие:

- согласно действующей методики выбора защиты, величина тока КЗ должна превышать минимум в 3 раза номинальный ток плавкой вставки или теплового расцепителя автоматического выключателя. Однако, такая кратность токов КЗ по отношению к параметрам защиты не обеспечивает быстрое срабатывание защиты;

- не учитывается пережигающее действие электрической дуги, сопровождающей большинство коротких замыканий. При этом время развития пожароопасной ситуации может быть меньше времени срабатывания электрической защиты.

Таким образом, вопрос электробезопасности сельских электросетей не может считаться полностью решенным пока не будет учтен фактор дугового КЗ.

Проектирование электрической защиты, учитывающей фактор дугового короткого замыкания, возможно на основе сопоставления характеристик срабатывания аппаратов защиты и предельных характеристик пережога электропроводки электрической дугой. В качестве таковых рассматривается время пережога и соответствующая величина тока КЗ. Задача получения характеристик пережога решается на основе физического моделирования. При этом, полноценное исследование возможно с использованием устройства, позволяющего регистрировать в автоматическом режиме с требуемой точностью предельные характеристики пережигающего действия электрической дуги (в дальнейшем – устройство пережога), путем проведения контролируемого опыта короткого замыкания.

Определенные с помощью устройства пережога характеристики пережога, являются входными величинами в разработанных моделях расчета вероятности возникновения пожара на объекте из-за коротких замыканий [1].

Рассмотрим механизм короткого замыкания в электропроводах.

Причиной короткого замыкания в электропроводах чаще всего является нарушение изоляции токопроводящих частей вследствие её старения, механических повреждений или воздействия агрессивных сред.

С физической точки зрения процесс металлического КЗ происходит следующим образом. Под действием теплоты, выделяемой в переходном контакте, происходит мгновенный разогрев некоторой локальной зоны проводников, непосредственно примыкающей к

точке касания. Металл в этой точке плавится и испаряется. При определенной силе тока бурное вскипание металла приводит к образованию и разбрызгиванию раскаленных частиц, при этом металлические частицы загораются. Уменьшение сечения проводников в точке замыкания (вследствие их плавления и испарения) приводит к еще большему нагреву зоны КЗ. Оплавление проводников вызывает разрыв в цепи, при этом изменяется напряженность электромагнитного поля, происходит пробой газового промежутка и возникновение дуги, при этом энергия электромагнитного поля, переходя сначала в электрическую, а затем в тепловую, на большей длине оплавляет и испаряет металл проводников, вызывает пиролиз изоляции и, при определенном времени существования тока КЗ, ее зажигание.

Экспериментальные исследования воздействия токов короткого замыкания на электропроводку были начаты в 60-е годы во ВНИИПО МВД СССР и затем в течении ряда лет проводились под руководством д.т.н. Г.И. Смелкова [3]. Требуемая величина тока короткого замыкания достигалась с помощью как сварочного, так и силового трансформатора (рис. 1). При определении пожарной опасности электропроводок использовалась, в частности, следующая методика [3].

Испытуемый образец изолированного провода с оголенным участком длиной 10 мм

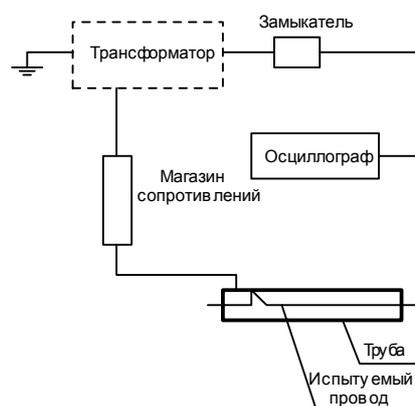


Рисунок 1 – Установка для исследования воздействия токов КЗ на электропроводку

помещался внутри стальной трубы. Напряжение 220В от силового трансформатора мощностью 630кВА прикладывалось между проводником и трубой. Последовательно в цепь короткого замыкания включался дополнительный проводник, используемый в качестве ограничивающего сопротивления. Процесс

короткого замыкания фиксировался с помощью осциллографа. При соприкосновении проводника с участком трубы возникало как недуговое металлическое короткое замыкание, так и короткое замыкание через электрическую дугу, причем в случае использования силового трансформатора дуга имела прерывистый характер. В результате происходило либо приваривание проводника к трубе, либо его пережигание. Время пережигания проводника в различных опытах при одном и том же токе короткого замыкания существенно изменялось, причем время переплавления жилы провода превышало время существования электрической дуги в 2..3 раза.

Неодинаковые результаты экспериментов объяснялись прежде всего невозможностью создания одной и той же величины переходного сопротивления в каждом опыте и сложностью натурального моделирования естественного развития процесса короткого замыкания.

Наименьшее время пережигания проводников достигалось в случае устойчивого дугового короткого замыкания. Однако опытным путем весьма сложно получить такой вид короткого замыкания без предварительного замыкания и последующего разрыва цепи короткого замыкания, что искажает результаты эксперимента.

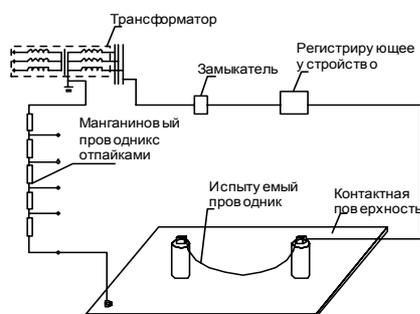


Рисунок 2 – Установка для определения характеристик пережога

Для определения возможности срабатывания электрической защиты от коротких замыканий до пережигания жил проводов необходимо использовать предельные характеристики пережога, соответствующие устойчивым дуговым коротким замыканиям. Получение таких характеристик возможно при решении задачи стабильного создания электрической дуги в процессе короткого замыкания.

Опыт данной методики был использован при разработке установки для получения характеристик пережога электропроводок то-

ками дугового КЗ. На рис. 2 приведена схема установки для определения характеристик пережога электропровода током дугового короткого замыкания. В качестве источника питания используется силовой трансформатор. Для регулирования тока короткого замыкания служит манганиновый проводник с отпайками. Испытуемый проводник вводится в соприкосновение со стальной пластиной, выполняющей роль контактной поверхности. Короткое замыкание создается включением замыкателя. В ходе экспериментов измеряется время протекания тока в цепи до переплавления проводника и ток короткого замыкания. Фиксируются результаты опытов, сопровождающихся устойчивой дугой КЗ. Опыт свидетельствует, что из десяти КЗ устойчивой дугой сопровождается не более двух.

Требуемый объем опытов  $n$  определяется как:

$$n = \frac{[\Phi_0^{-1}(\gamma/2)]^2 pq}{\varepsilon^2},$$

где  $\Phi_0^{-1}$  – обратная функция Лапласа;  $\gamma$  – доверительная вероятность;  $p$  – вероятность появления дуги КЗ;  $\varepsilon$  – доверительный интервал. Так, при  $p=0,2$ ,  $\varepsilon=0,05$ ,  $\gamma=0,95$   $n=243$ , т. е. необходимо произвести 243 испытания.

Требуемый значительный объем опытов заканчивающихся устойчивым дуговым КЗ приводит к поиску путей совершенствования методики. Важными представляются два направления: увеличение относительного числа экспериментов сопровождающихся устойчивой электрической дугой, а также автоматизация процесса проведения эксперимента, фиксации и обработки результатов. Реализация указанных направлений позволит повысить эффективность исследований по определению характеристик пережога электропроводок токами дугового короткого замыкания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сошников А.А. Защита систем сельского хозяйства 0,38кВ от аварийных режимов. Автор. дисс. на соискание д.т.н. – М., 1992.
2. Никольский О. К. Электробезопасность России на рубеже XXI века / Вестник АлтГТУ. – 2000. – № 5.
3. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах. – М.: Энергоатомиздат, 1984.