

## ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ЗДАНИЙ

А.А. Сошников, С.А. Сошников

*Предложено производить выбор защиты от коротких замыканий с учетом дополнительных требований пожарной безопасности.*

*Ключевые слова: короткое замыкание, пожарная опасность, количественная оценка.*

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана методика оценки эффективности максимальной токовой защиты в зданиях по интегральному показателю пожарной опасности коротких замыканий (КЗ) [1-3].

Возникающая при КЗ электрическая дуга может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что приводит к развитию пожара. Пожарная опасность усугубляется при возникновении явления пережога проводников. Температура в месте действия дуги достигает нескольких тысяч градусов, что аналогично воздействию на проводник электросварки. Пережог проводника сопровождается растягиванием электрической дуги, оплавлением и испарением металла проводников, разбрызгиванием раскаленных частиц. Провода могут пережигаться быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов, связанных с развитием электрической дуги, искрообразованием, воспламенением изоляции и других горючих материалов.

Степень пожарной опасности дуговых КЗ можно характеризовать возможностью пережога проводов электрической сети до срабатывания максимальной токовой защиты.

Предложенный подход требует введения показателей пожарной опасности коротких замыканий. Одним из таких показателей является коэффициент незащищенности участка электрической сети для  $i$ -го вида КЗ. Этот показатель определяется отношением диапазона токов КЗ, для которого время пережога меньше времени срабатывания защиты, к диапазону токов КЗ на участке сети, т.е. представляет собой долю незащищенной части участка сети:

$$k_s^{нз(i)} = \delta l_s^{нпз(i)} = \frac{l_s^{нпз(i)}}{l_s}, \quad (1)$$

где  $\delta l_s^{нпз(i)}$  - доля незащищенной части участка сети для  $i$ -го вида КЗ;

$l_s$  - длина  $s$ -го участка сети ( $s=1, 2, \dots, S$ );

$l_s^{нпз(i)}$  - длина зоны пережога для  $i$ -го вида КЗ на этом участке.

Нулевое его значение отвечает отсутствию опасности пережога на участке сети (и, как следствие, значительно меньшей опасности пожара, чем при наличии зоны пережога, так как процесс развития КЗ ограничивается электрической защитой), а единичное – полной незащищенности участка сети от пережога. Очевидно, что, чем меньше величина такого показателя, при прочих равных условиях, тем меньшую пожарную опасность представляет данный вид КЗ на этом участке, и, соответственно, тем лучше он защищен.

На основе этого показателя строится показатель, характеризующий пожарную опасность пережога в сети в целом (и, соответственно - эффективность системы электрической защиты) для  $i$ -го вида КЗ. Он определяется, как отношение суммы длин зон пережога к сумме длин всех участков сети и называется коэффициентом незащищенности сети для  $i$ -го вида КЗ:

$$K^{нз(i)} = \Delta l^{нпз(i)} = \frac{\sum_{s=1}^S l_s^{нпз(i)}}{\sum_{s=1}^S l_s}, \quad (2)$$

где  $\Delta l^{нпз(i)}$  - доля незащищенной части электрической сети для  $i$ -го вида КЗ;

$l_s^{нпз(i)}$  - длина незащищенной части  $s$ -го участка сети.

С учетом рассмотренных показателей формируется показатель  $P_{s,T}^{Ki}(\Pi)$  пожарной опасности  $i$ -го вида КЗ на  $s$ -ом участке электрической сети:

$$P_{s,T}^{Ki}(\Pi) = P_{s,T}^{Ki} k_s^{нз(i)}, \quad (3)$$

где  $P_{s,T}^{Ki}$  - вероятность возникновения  $i$ -го вида КЗ на  $s$ -ом участке сети в течение времени  $T$ .

Используя коэффициент незащищенности электрической сети, можно определить показатель пожарной опасности  $i$ -го вида КЗ для всей электрической сети рассматриваемого объекта по формуле:

$$P_T^{Ki}(\Pi) = P_T^{Ki} K^{Hz(i)}, \quad (4)$$

где  $P_T^{Ki}$  - вероятность возникновения  $i$ -го вида КЗ в электрической сети в течение времени  $T$ .

С учетом введенных показателей интегральный показатель пожарной опасности всех видов КЗ в электрической сети может быть рассчитан по формуле:

$$P_{\Sigma}^K(\Pi) = 1 - [1 - P_T^{K1}(\Pi)] \cdot [1 - P_T^{K2}(\Pi)] \cdot [1 - P_T^{K3}(\Pi)] \cdot [1 - P_T^{KK}(\Pi)], \quad (5)$$

где  $[1 - P_T^{Ki}(\Pi)]$  - вероятность отсутствия пережога проводов при КЗ  $i$ -го вида;

$P_T^{KK}(\Pi)$  - показатель пожарной опасности КЗ на корпус.

Если вся сеть защищена УЗО, используется следующая формула:

$$P_{\Sigma}^K(\Pi) = 1 - [1 - P_T^{K1}(\Pi)] \cdot [1 - P_T^{K2}(\Pi)] \cdot [1 - P_T^{K3}(\Pi)]. \quad (6)$$

Если УЗО установлены на отдельных участках сети, необходимо использовать формулу (5), в которой показатель пожарной опасности КЗ на корпус рассчитывается по следующему выражению:

$$P_T^{KK}(\Pi) = P_T^{KK} K_{yzo}^{Hz(\kappa)}, \quad (7)$$

где  $K_{yzo}^{Hz(\kappa)}$  - коэффициент незащищенности сети при однофазных КЗ на корпус с учетом защиты отдельных участков устройствами защитного отключения.

Этот коэффициент определяется по формуле:

$$K_{yzo}^{Hz(\kappa)} = \frac{\sum_{s=1}^S I_s^{npz(\kappa)} - \sum_{s=1}^S I_{s(yzo)}^{npz(\kappa)}}{\sum_{s=1}^S I_s}, \quad (8)$$

где  $I_s^{npz(\kappa)}$  - длина зоны пережога  $s$ -го участка сети при однофазном КЗ на корпус и отсутствии в сети УЗО,  $I_{s(yzo)}^{npz(\kappa)}$  - длина зоны пережога  $s$ -го участка сети, защищенного УЗО, при однофазном КЗ на корпус.

Интегральный показатель пожарной опасности может быть использован в качестве критерия при оптимизации электрической защиты на отдельных объектах и количественной оценке эффективности систем обеспечения электропожаробезопасности. При этом необходимо иметь в виду, что этот показатель не отражает пожарной опасности перегретых проводников из-за перегрузки, большого переходного сопротивления в контактных соединениях и т.п.

Методика выбора эффективной электрической защиты включает следующие этапы.

1. Составляется электрическая схема объекта электроснабжения, оцениваемого с точки зрения пожарной опасности коротких замыканий. На схеме указываются параметры аппаратов электрической защиты и электропроводки.

2. Рассчитываются:

- значения токов КЗ всех видов и времени срабатывания защиты при КЗ на каждом участке электрической сети;

- коэффициенты незащищенности по участкам сети и сети в целом для каждого вида КЗ;

- показатели пожарной опасности для каждого вида КЗ и интегральный показатель пожарной опасности для всех видов КЗ, в том числе, с учетом использования УЗО;

3. Производится анализ результатов расчета и оценка пожарной опасности КЗ по каждому участку электрической сети.

4. Выбираются альтернативные системы электрической защиты объекта, в том числе с использованием УЗО, с учетом возможности полной или частичной замены электропроводки (изменения материала и сечения проводов).

5. Для выбранных вариантов рассчитываются показатели по п. 2. и экономические показатели.

6. По рассчитанным показателям пожарной опасности и значениям коэффициентов

## ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ЗДАНИЙ

незащищенности участков сети выбирается оптимальный вариант электрической защиты и (или) системы электроснабжения с учетом экономических ограничений.

При этом интегральный показатель пожарной опасности позволяет количественно оценить эффективность предложенного технического решения в сравнении с исходным вариантом.

Для реализации предложенной методики разработано соответствующее программное обеспечение с базами данных о характеристиках перегоя электропроводок и срабатывания защитной аппаратуры [4].

По рассмотренной методике были выполнены оценочные расчеты показателей пожарной опасности ряда типовых объектов: предприятий по переработке с.х. продукции, образовательных и общественных учреждений, автозаправочных станций и т.п.

Расчеты показали, что снижение пожарной опасности до 5 раз и более возможно за счет соответствующего подбора параметров автоматических выключателей и предохранителей, учитывающего действие дугowych КЗ. В то же время полное исключение пережигания электропроводки дугowymi КЗ только за счет оптимизации параметров автоматических выключателей и предохранителей в ряде случаев требует многократного увеличения сечений проводов и неприемлемо по экономическим соображениям.

Поэтому системы безопасности электроустановок должны предусматривать использование УЗО, как на отдельных участках электрической сети, так и в качестве головной защиты. При этом обеспечивается дополнительное снижение пожарной опасности до 3 раз и более за счет предупреждения однофазных КЗ на корпус.

Перспективные направления реализации предложенной методики предполагают доведение до уровня инженерных решений новых принципов проектирования, модернизации и эксплуатации защиты электроустановок. Эти принципы предусматривают: проектирование электрической защиты систем электроснаб-

жения зданий с учетом пережигającego и пожароопасного действия дугowych КЗ; оценку последствий КЗ в действующих электроустановках зданий и модернизацию электрической защиты с целью минимизации вероятности электропожаров; внедрение перспективных систем электропожарозащиты, как для отдельных объектов, так и для заданного их множества (в рамках региональных или отраслевых программ обеспечения пожарной безопасности электроустановок) с учетом ограниченного финансирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сошников А.А., Дробязко О.Н. Выбор оптимальных стратегий создания систем комплексной безопасности электроустановок АПК.- Вестник Алтайского научного центра Сибирской академии наук высшей школы, 2002, № 5, С. 58- 65.
2. Сошников А.А., Дробязко О.Н. Создание оптимальных систем комплексной электробезопасности в электроустановках до 1000 В.- Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, 2000, № 3, С. 27-36.
3. Сошников, С.А. Критерий оценки пожарной опасности коротких замыканий в электроустановках до 1000 В // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). - Челябинск: Изд-во «Челябинская межрайонная типография».- 2006.- 400 с. (С. 68 -70).
4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610714. Расчет пожарной опасности дугowych коротких замыканий (СКЭД-380) [Текст] / Дробязко О.Н., Сошников С.А., Гусельников С.С., Нефедов С.Ф. // Заявка № 2005613451; дата поступления 26.12.2005 г.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.02.2006.

**Сошников А.А.**, д.т.н., профессор кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3852) 36-71-29,  
**Сошников С.А.**, к.т.н., учебный мастер кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3852) 36-71-29