

УЧЕТ РАЗБРОСА ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

Б.С. Компанеец

В статье рассмотрено влияние разброса время-токовых характеристик аппаратов защиты на эффективность предупреждения пожаров от коротких замыканий в электропроводах по результатам расчета показателей пожарной опасности.

Ключевые слова: Системы пожарной безопасности, показатели пожарной опасности, разброс характеристик аппаратов защиты, уточнение характеристик аппаратов защиты.

Согласно статистике, ежегодно публикуемой МЧС России, доля пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования составляет 20-25% от общего числа пожаров, зарегистрированных на территории страны [1]. Этот показатель достиг недопустимо высокого уровня, в связи с чем требуется разработка и широкое внедрение новых методов обеспечения пожарной безопасности электроустановок зданий.

В 70% случаев причиной возникновения электропожаров являются короткие замыкания (КЗ) и развивающиеся токи утечки через изоляцию. При этом наиболее пожароопасным видом электротехнических изделий, на их долю приходится до 45 % пожаров по электрическим причинам, являются электропроводки, так как они чаще всего подвергаются неправильной эксплуатации.

Высокую пожарную опасность во внутренних электропроводах представляют дуговые КЗ. При КЗ электрическая дуга может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что вместе с действием искр и расплавленных частиц металла приводит к развитию пожара. Современные методики выбора электрической защиты не учитывают воздействие электрической дуги КЗ на электропроводки. В 7-м издании ПУЭ [2] регламентирована проверка чувствительности защиты по времени срабатывания, вместо принятой ранее кратности по отношению к токам КЗ. Однако, задаваемое время (не более 0,4с, а в ряде случаев допускаемое до 5с) не гарантирует исключение пожарной опасности КЗ из-за существенно более высокой скорости протекания пожароопасных процессов. Тем самым допускается возможность электропожара еще на этапе проектирования защиты [3]. Поэтому необходимо рассматривать процесс возникновения возгорания с

учетом времени срабатывания аппаратов защиты и процессов, протекающих в месте КЗ.

На протяжении последних лет Алтайским государственным техническим университетом имени И.И. Ползунова (АлтГТУ) внедряется разработанная новая методика повышения пожарной безопасности электроустановок зданий, основанная на оценке пережигающего действия дуговых КЗ [3].

Пожарная опасность дуговых КЗ обусловлена явлением 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 [3].

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

С учетом предложенного подхода в АлтГТУ им. И.И. Ползунова разработаны новые показатели пожарной опасности, учитывающие воздействие электрической дуги и раскаленных частиц металла, как на изоляцию, так и на другие горючие материалы [3].

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

УЧЕТ РАЗБРОСА ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

диапазону токов КЗ на участке сети, т.е. представляет собой долю незащищенной части участка сети:

$$k_S^{нз(i)} = \delta l_S^{нз(i)} = \frac{l_S^{нз(i)}}{l_S} \quad (1)$$

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

l_S - длина s-го участка сети (s=1, 2..., S);

$l_S^{нз(i)}$ - 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 рисунке 1 приведен пример совмещения характеристик пережога провода и срабатывания предохранителя на одном из участков, где $I_{нач}^K - I_{кон}^K$ - диапазон токов КЗ, $I_{кон}^K - I_{сп}^K$ - диапазон токов приводящих к пережогу провода, $I_{сп}^K - I_{нач}^K$ - диапазон токов при которых аппараты защиты срабатывают раньше пережога провода.

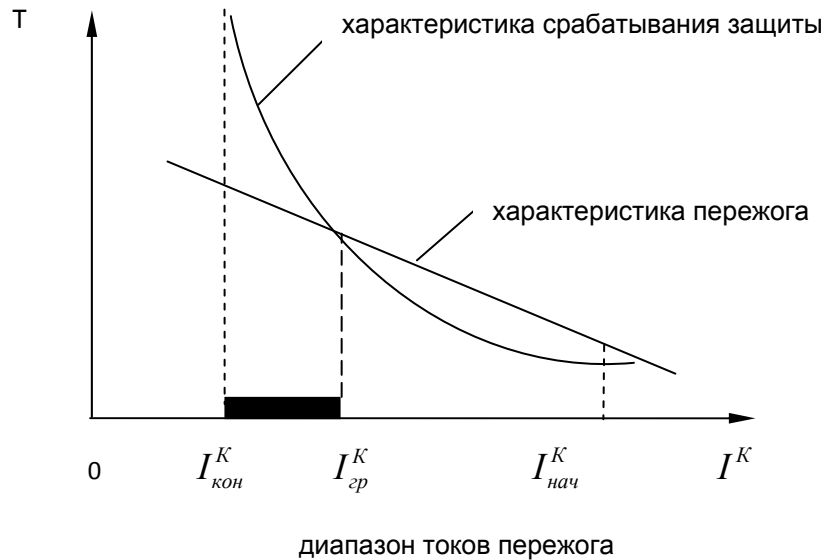


Рисунок 1 - Совмещенные характеристики пережога провода и срабатывания предохранителя

На основе этого показателя построен показатель, характеризующий пожарную опасность пережога в сети в целом (и, соответственно - эффективность системы электрической защиты) для i-го вида КЗ [3]. Он определяется, как отношение суммы длин зон пережога к сумме длин всех участков сети и называется коэффициентом незащищенности сети для i-го вида КЗ:

$$K^{нз(i)} = \Delta l^{нз(i)} = \frac{\sum_{S=1}^S l_S^{нз(i)}}{\sum_{S=1}^S l_S} \quad (2)$$

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

$l_S^{нз(i)}$ - 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:

$$P_{S,T}^{Ki}(\Pi) = P_{S,T}^{Ki} \cdot k_S^{нз(i)} \quad (3)$$

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 (3):

$$P_T^{Ki}(\Pi) = P_T^{Ki} \cdot K^{uz(i)} \quad (4)$$

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 рассчитывается по формуле [3]:

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

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 сеть защищена УЗО, используется следующая формула [3]:

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

Характеристики срабатывания аппаратов защиты и пережога проводников задаются с разбросом возможных значений.

Рассмотрим влияние разброса время - токовых характеристик аппаратов защиты на эффективность предупреждения пожаров от КЗ.

Время-токовая характеристика аппарата защиты задается производителем и состоит из двух кривых, ограничивающих зону разброса, как показано на рисунке 2, где представлена защитная характеристика автоматического выключателя ВА47-100.

Характеристики всех выпускаемых выключателей находятся в диапазоне зоны разброса. Среднестатистическая характеристика выключателя определяется пунктирной кривой, проходящей между верхней и нижней значениями характеристик (рисунок 2). Анализ противопожарной эффективности выключателя может проводиться путем сопоставления характеристики пережога проводника с нижней, средней или верхней характеристиками срабатывания.

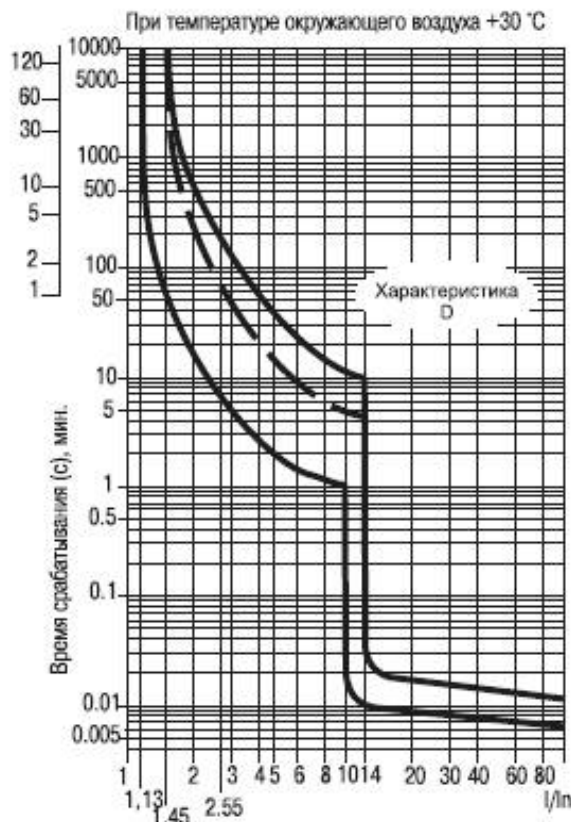


Рисунок 2 – Время-токовая характеристика выключателя ВА47-100

По этим характеристикам проведены расчеты пожарной опасности на объекте электроснабжения, где используются выключатели типов ВА 47 и АЕ, а также предохранители типа ПН 2.

В таблице 1 представлены результаты расчета длительности срабатывания аппаратов защиты для части внутренней электрической сети здания в зависимости от характеристики срабатывания.

УЧЕТ РАЗБРОСА ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

Таблица 1 - Время срабатывания аппаратов защиты на участках электрической сети в зависимости от защитных характеристик выключателей

Топологическая координата	Время срабатывания выключателя (с), соответствующее характеристике		
	нижней	средней	верхней
1.1.1.1	8,24	13,48	20,11
1.1.1.2	4,88	8,88	16,47
1.1.1.3	0,01	0,01	20,04
1.1.1.4	0,01	13,9	41,12
1.1.1.5	0,01	17,98	49,95
1.1.1.6	19,47	28,15	41,18

Как видно из расчетов, времена срабатывания аппаратов защиты для нижней и верхней характеристик отличаются от 2-х до 4-х раз в зоне действия теплового расцепителя. Кроме того зона работы электромагнитного расцепителя для нижней характеристики значительно шире чем для верхней, что в

конечном итоге влияет на длительность существования аварийного режима.

В таблице 2 представлены интегральные показатели пожарной опасности объекта для нижней, верхней и средней характеристик срабатывания аппаратов защиты.

Таблица 2 - Интегральные показатели пожарной опасности в зависимости от характеристики срабатывания аппарата защиты

Показатель пожарной опасности	Значения показателей пожарной опасности, рассчитанные для характеристик срабатывания		
	нижней	средней	верхней
однофазного КЗ	0,018	0,023	0,025
двухфазного КЗ	0,021	0,026	0,028
трехфазного КЗ	0,008	0,01	0,01
однофазного КЗ на корпус	0,122	0,151	0,165
всех видов КЗ	0,162	0,2	0,217

В зависимости от характеристики интегральный показатель для всех видов КЗ меняется от 0,162 до 0,217. При этом показатели пожарной опасности для трехфазного КЗ изменяются незначительно, а наибольшие изменения наблюдаются в показателях для однофазного КЗ и однофазного КЗ на корпус. Это связано с более высокими токами КЗ в режиме трехфазного замыкания, а, следовательно, автоматические выключатели работают в зоне электромагнитного расцепителя вне зависимости от характеристики. В режимах однофазного замыкания и однофазного КЗ на корпус токи значительно меньше и автоматические выключатели работают в зоне

тепловых расцепителей для верхней характеристики, а для нижней они работают как в зоне тепловых, так и в зоне электромагнитных расцепителей.

В таблице 3 представлены токи КЗ, рассчитанные для рассмотренных участков сети здания. При проведении оценки пожарной опасности объекта, рассматривая вариант верхней характеристики срабатывания аппаратов защиты в аварийном режиме и нижней характеристики для условий несрабатывания в нормальном режиме, можно сделать вывод, что защиту объекта от пожароопасных режимов осуществить практически невозможно.

Таблица 3 – Значения токов КЗ на участках электрической сети в зависимости от места их возникновения

Топологическая координата	Значения токов (А) при					
	однофазном КЗ		двухфазном КЗ		трехфазном КЗ	
	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце
1.1.1.1	242,21	147,58	610,12	336,03	646,76	356,29
1.1.1.2	242,21	108,82	610,12	236,5	646,76	251,55
1.1.1.3	242,21	149,91	610,12	344,11	646,76	364,75
1.1.1.4	242,21	136,76	610,12	307,79	646,76	326,56
1.1.1.5	242,21	126,06	610,12	280,55	646,76	297,89
1.1.1.6	242,21	108,82	610,12	236,5	646,76	251,55

КОМПАНИЕЦ Б.С.

На основании проведенных расчетов эффективность электрической защиты может быть значительно повышена путем предварительного испытания автоматических выключателей для уточнения их характеристик и отбраковки аппаратов, не соответствующих требуемым условиям срабатывания. Эти выключатели могут использоваться для защиты участков сети с более высокими токами КЗ.

В общем случае необходимо учитывать также разброс характеристик пережога проводников током дугового КЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обстановка с пожарами в Российской Федерации за 2009 год // Пожарная безопасность.- 2010.- № 2.

2. Правила устройства электроустановок.-7-е изд./- М.: Изд-во НЦ ЭНАС.- 2003.- 176 с.

3. Сошников, С.А. Снижение пожарной опасности коротких замыканий в электроустановках объектов агропромышленного комплекса: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.02 / Сошников Сергей Александрович; [Место защиты: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова].- Барнаул, 2008.- 132 с.: ил. РГБ ОД, 61 08-5/1348

4. 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.

Компанеец Б.С., аспирант, кафедра «Электроснабжение производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: kompbs@mail.ru