

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ДО 1000 В

Компанеев Б. С.

Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова, (г. Барнаул, Россия)

В статье рассмотрено влияние протяженности электрической сети и показателей качества изоляции на вероятность возникновения короткого замыкания.

Цель статьи. Предлагается при выборе критерия пожаробезопасности электроустановок использовать разработанный в АлтГТУ подход [1], учитывающий пожарную опасность дуговых коротких замыканий (КЗ).

Анализ последних исследований и публикаций. Возникающая при КЗ электрическая дуга может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что приводит к развитию пожара. Пожарная опасность дуговых КЗ усугубляется при возникновении явления пережога проводников.

Температура в месте действия дуги достигает нескольких тысяч градусов, что аналогично воздействию на проводник электросварки.

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

Постановка проблемы. При возникновении коротких замыканий (КЗ) 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.

Предложенный подход требует перехода к новым показателям 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:

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

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

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

$l_s^{нз(i)}$ - 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 основе этого показателя строится показатель, характеризующий пожарную опасность пережога в сети в целом 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:

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

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:

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

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:

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

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

Для выполнения расчетов необходимо оценивать вероятность возникновения КЗ. Эта вероятность зависит от протяженности и разветвленности сети и состояния изоляции линий. Состояние изоляции оценивается с помощью показателей: сопротивление изоляции, коэффициент абсорбции и коэффициент поляризации. Измерение показателей изоляции проводится по ГОСТ Р 50571.16-99. Сопротивление цепи напряжением до 500 В должно составлять $\geq 0,5$ МОм. Для расчетов нормируем сопротивление объекта и введем коэффициент сопротивления:

$$K_R = R_{об}/0,5, \quad (5)$$

где $R_{об}$ - сопротивление изоляции электрической сети объекта в МОм.

Рассмотрим влияние протяженности электрической сети объекта на вероятность возникновения КЗ.

Вероятность не возникновения КЗ можно рассчитать по формуле:

$$Q_{зам} = (q_{зам.H})^n, \quad (6)$$

где $Q_{зам}$ - вероятность не возникновения КЗ на объекте,

$q_{зам.H}$ - удельная вероятность не возникновения КЗ на объекте,
 n - количество участков на объекте.

Если принять за удельный участок цепи, участок обладающий сопротивлением изоляции равным 0,5 МОм, то $n=1/K_R$.

В этом случае коэффициент $1/K_R$ характеризует протяженность электрической сети объекта.

Рассмотрим влияние качества изоляции на вероятность возникновения КЗ в электрической сети.

Качество изоляции характеризуется сопротивлением изоляции - $R_{из}$ или в нашем случае K_R , коэффициентом поляризации - $K_{пол}$ и коэффициентом абсорбции - $K_{абс}$.

Коэффициент абсорбции характеризует степень увлажненности изоляции, что влияет на появление контакта на поверхности изоляции.

Коэффициент поляризации показывает способность диполей перемещаться в диэлектрике, что влияет на образование и развитие пробоя диэлектрика.

Коэффициент сопротивления характеризует уровень изоляции электропроводки, что влияет на вероятность пробоя и развитие дефектов диэлектрика. Примем для расчетов его в виде K_R , а остальные коэффициенты приведем к нему.

Коэффициент абсорбции может принимать широкий диапазон значений, но если $K_{абс} < 1,25$, изоляция не соответствует нормам. Если $K_{абс} > 1,6$, изоляция является качественной.

Чтобы основной диапазон принимаемых значений соответствовал диапазону значений коэффициента K_R введем приведенный коэффициент абсорбции:

$$K_{абсП} = \frac{K_{абс} - 1}{0,4} \quad (7)$$

Коэффициент поляризации также может принимать широкий диапазон значений, $K_{пол} < 1$ - изоляция является опасной, $K_{пол} > 4$ - изоляция является превосходной.

Чтобы основной диапазон принимаемых значений соответствовал диапазону значений коэффициента K_R введем приведенный коэффициент поляризации:

$$K_{полП} = \frac{K_{пол} - 1}{1,5} \quad (8)$$

Для оценки вероятности КЗ в электрической сети объекта введем показатель защищенности от КЗ (Π_{33}), рассчитываемый по формуле:

$$\Pi_{33} = (K_{абсП} + K_{полП} + K_R)^{\frac{1}{K_R}} \quad (9)$$

Выводы. С помощью данного коэффициента можно оценивать вероятность возникновения КЗ в электрической сети различных объектов и уточнять результаты расчетов показателей пожарной опасности КЗ.

Список использованных источников

1. Комплексная система обеспечения безопасности электроустановок сельских населенных пунктов: методические и практические рекомендации / [О. К. Никольский, А. А. Сошников, О. Н. Дробязко, Т. В. Еремина, С. А. Сошников, Ю. С. Лукьянов, С. Н. Серов, Б. С. Компанец, С. Ф. Нефедов, О. В. Полухин]: под ред. А. А. Сошникова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. - 112 с.

Аннотация

ОЦІНКА ЙМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ КОРТКОГО ЗАМИКАННЯ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ДО 1000 В

Компанець Б. С.

У статті розглядається вплив довжини електричної мережі та показників якості ізоляції на ймовірність виникнення короткого замикання.

Abstract

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF A SHORT CIRCUIT IN ELECTRICAL TO 1000 V

B. Kompaneyets

The article considers the influence of the length of the mains supply and quality of isolation on the probability of a short circuit.