

УДК

Модернизация методических указаний для расчета токов короткого замыкания в сетях до 1 кВ

Мельянчук А.А., Кулаковская А.В., Горячко М.Г.
 Научный руководитель – доцент БОБКО Н.Н.

В Методических указаниях приведены требования и порядок расчета токов короткого замыкания в схемах переменного тока напряжением до 1 кВ собственных нужд электрических станций, подстанций и тепловых сетей с учетом влияния электрической дуги, асинхронных электродвигателей и нагрева кабелей токами КЗ.

Методические указания предназначены для персонала электрических станций, предприятий электрических сетей и проектных организаций, которые занимаются расчетом токов КЗ и уставок защитных аппаратов сети. Параллельно излагаются методика ручных инженерных расчетов и алгоритмы расчета при использовании ЭВМ.

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие стандарты:

– ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.

– ГОСТ 30323-95 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания.

Цели расчета тока КЗ и определяемые параметры

Расчет тока КЗ в сети переменного тока напряжением до 1 кВ выполняется, в основном, для следующих целей:

– для выбора электрооборудования по условиям КЗ (отключающая способность электрических аппаратов, термическая и электродинамическая стойкость проводников);

– для выбора уставок защитной аппаратуры сети, проверки ее чувствительности и селективности.

Для выбора электрооборудования по условиям КЗ подлежат определению начальное значение периодической составляющей тока КЗ, апериодическая составляющая тока КЗ, ударный ток КЗ и действующее значение периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени после КЗ.

Для выбора параметров защитной аппаратуры сети и проверки ее селективной работы определению подлежат максимальные и минимальные значения периодической составляющей тока в месте КЗ в начальный и произвольный моменты времени вплоть до расчетного времени размыкания поврежденной цепи.

Виды КЗ

Сети переменного тока напряжением до 1 кВ выполняются с глухим заземлением нейтрали. В таких сетях возможны все виды металлических и дуговых КЗ. Вид КЗ и величина переходного сопротивления в месте КЗ определяются многими факторами возникновения и существования повреждения изоляции электроустановки и являются случайными величинами. При этом в процессе развития повреждения один вид замыкания может переходить в другой: двухфазное в трехфазное или однофазное на землю в двухфазное на землю. Вероятность существования чистого металлического КЗ невысока, а ток дугового КЗ всегда меньше тока металлического КЗ.

Исходя из сказанного, ток металлического КЗ используется для проверки электрооборудования на отключающую способность и на электродинамическую и термическую стойкость. Для проверки селективности защитной аппаратуры

необходимо использовать токи дуговых замыканий в конце зоны действия защитных аппаратов с учетом наличия дуги в месте КЗ и с учетом термического эффекта тока КЗ.

Параметры сети и факторы, учитываемые при расчете тока КЗ

В соответствии с ГОСТ 28249-93 при расчетах токов КЗ в электроустановках до 1 кВ необходимо учитывать:

- индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи;
- активные сопротивления короткозамкнутой цепи;
- активные сопротивления различных контактов и контактных соединений;
- наличие подпитки места КЗ от асинхронных электродвигателей.

При расчетах тока КЗ в соответствии с ГОСТ 28249-93 рекомендуется учитывать:

- сопротивление электрической дуги в месте КЗ;
- изменение активного сопротивления проводников электрической цепи вследствие их нагрева при КЗ.

При расчетах токов КЗ допускается:

– максимально упрощать и эквивалентировать всю внешнюю сеть по отношению к месту КЗ и индивидуально учитывать только автономные источники электроэнергии и электродвигатели, непосредственно примыкающие к месту КЗ;

- не учитывать ток намагничивания трансформаторов;
- не учитывать насыщение магнитных систем электрических машин;
- принимать коэффициенты трансформации трансформаторов равными отношению средних номинальных напряжений тех ступеней напряжения сетей, которые связывают трансформаторы. При этом следует использовать следующую шкалу средних номинальных напряжений: 37; 24; 20; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,525; 0,4; 0,23 кВ;

– не учитывать влияния АД, если их суммарный номинальный ток не превышает 1,0 % начального значения периодической составляющей тока в месте КЗ, рассчитанного без учета АД.

Расчет параметров элементов схемы замещения

В существующих указаниях описан расчет параметров элементов схемы состоящий из следующих пунктов:

- сопротивление внешней системы;
- сопротивления трансформаторов питания схемы СН;
- активное и индуктивное сопротивление реакторов;
- активное и индуктивное сопротивления шинпроводов;
- активное и индуктивное сопротивления кабелей;
- учет нагревания кабелей токами КЗ при инженерных расчетах;
- учет нагревания кабелей токами КЗ при расчетах на ЭВМ;
- активные и индуктивные сопротивления трансформаторов тока;
- активные и индуктивные сопротивления катушек и силовых контактов автоматических выключателей;
- активные сопротивления контактов, контактных соединений и плавких вставок;
- параметры АД;
- сопротивления воздушных линий.

Расчет тока КЗ

В указаниях приведена методика расчета начального значения периодической составляющей тока металлического КЗ от энергосистемы и от АД. Расчет ударного тока КЗ от энергосистемы, АД и в месте КЗ. Также описана методика расчета периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени. Приведена

методика расчета токов несимметричных КЗ, токов двухфазного КЗ, токов однофазного КЗ, токов дуговых КЗ.

Модернизация Методических указаний

Для модернизации Методических указаний в них необходимо добавить учет синхронных электродвигателей при расчете токов КЗ, учет комплексной нагрузки при расчетах токов короткого замыкания.

Учет синхронных электродвигателей при расчете токов КЗ

При расчете начального значения периодической составляющей тока КЗ синхронные электродвигатели следует учитывать сверхпереходным сопротивлением по продольной оси ротора (X_d''), а при определении постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ – индуктивным сопротивлением для токов обратной последовательности X_2 и активным сопротивлением обмотки статора $R_{СД}$.

При приближенных расчетах допустимо принимать

$$X_{d'' \text{ ном}} = 0,15; X_2 = X_d''; R_{СД} = 0,15X_d''.$$

Ударный ток трехфазного КЗ от синхронного электродвигателя следует рассчитывать так же, как и от автономного источника.

Точный расчет действующего значения периодической составляющей тока КЗ от электродвигателей в произвольный момент времени выполняют путем решения соответствующей системы дифференциальных уравнений переходных процессов и выделения периодической составляющей тока. При приближенных расчетах этой составляющей тока КЗ в радиальной схеме используют типовые кривые.

Учет комплексной нагрузки при расчетах токов короткого замыкания

В состав комплексной нагрузки могут входить асинхронные и синхронные электродвигатели, преобразователи, электротермические установки, конденсаторные батареи, лампы накаливания и газоразрядные источники света. Значения модулей полных сопротивлений $Z_{1нг}$, $Z_{2нг}$ и $Z_{0нг}$, а также эквивалентной сверхпереходной ЭДС комплексной нагрузки $E''_{нг}$ в относительных единицах при отсутствии других, более полных данных, могут быть определены по кривым зависимости параметров комплексной нагрузки от ее состава. Метод учета комплексной нагрузки зависит от характера исходной схемы замещения комплексной нагрузки (рисунок 1) и положения расчетной точки КЗ.

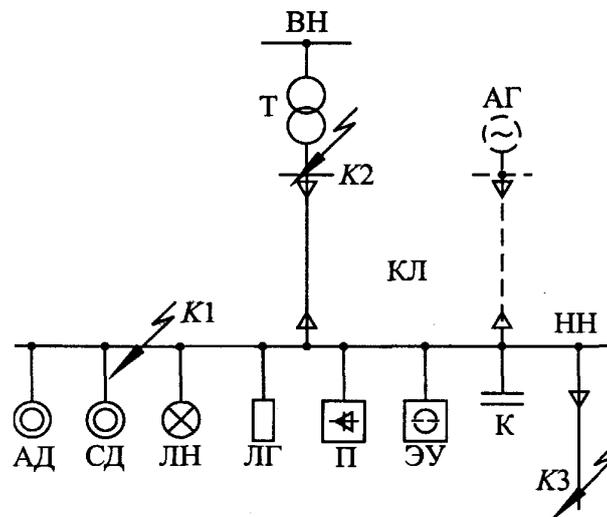


Рис. 1. Типовая расчетная схема узла комплексной нагрузки