

и прожекторах для освещения фасадов зданий является трудоёмкой и затратной операцией.

Газоразрядные лампы имеют высокий пусковой ток, который может превышать номинальный более чем в 2 раза. Это может приводить к перегрузкам питающей осветительной сети в момент включения освещения. В случае применения светодиодов пусковой ток равен номинальному и опасность перегрузки полностью снимается.

По приведенным выше данным можно приближенно оценить срок, за который светодиодный прожектор даст денежную экономию, способную скомпенсировать значительные затраты на его приобретение. Принимая стоимость рассматриваемой металлогалогенной лампы равной $C = 7$ долл. и считая, что замена лампы осуществляется раз в год, а также рассчитывая экономию средств за счёт снижения энергопотребления, рассчитаем срок окупаемости. Принимаем, что время работы осветительной установки совпадает с периодом минимальных нагрузок, для которого тариф устанавливается в размере $\beta = 74,7$ руб/кВт·ч (0,035 долл./кВт·ч).

Сумма, которую позволяет сэкономить установка светодиодных прожекторов за год, равна:

$$\Delta C_{\text{год}} = C + (P_{\text{ДРИ}} - P_{\text{СД}}) \cdot 10^3 T \beta = 7 + (125 - 94) \cdot 10^3 \cdot 4380 \cdot 0,035 = 11,8 \text{ долл./год.}$$

Тогда срок, за который выгода от применения светодиодного прожектора компенсирует дополнительные затраты на его приобретение будет равен:

$$T = \frac{\Delta C}{\Delta C_{\text{год}}} = \frac{C_{\text{ДРИ}} - C_{\text{СД}}}{\Delta C_{\text{год}}} = \frac{250 - 60}{11,8} \approx 16 \text{ лет.}$$

Принято, что время работы осветительной установки совпадает с периодом минимальных нагрузок, для которого тариф устанавливается в размере 74,7 руб/кВт·ч.

Как видно из произведенных расчетов, срок окупаемости значительный, поэтому в настоящее время замена источников света, применяемых в архитектурном освещении, на светодиодные не представляется целесообразной. Однако, ведётся разработка новых светодиодов с улучшенными характеристиками и уже через год специалистами фирмы Nichia прогнозируется создание светодиодов со световой отдачей 150 лм/Вт, что приведёт к созданию прожекторов и светильников, сопоставимых по своим светотехническим характеристикам с лучшими из существующих источников света и применимых практически во всех сферах. Кроме того, по мере развития производства светодиодов их стоимость будет снижаться, что сделает освещение на их основе более доступным.

В США уже разработана программа перехода на светодиодное освещение, согласно которой к 2025 году половина осветительных установок различного назначения будет работать на основе светодиодов.

УДК 621.311.1

ВЫБОР УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ СВЕРХТОКОВ В УСТАНОВКАХ ДО 1 КВ

Петрова В.С., Угоренко В.Д.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

Основным видом защиты электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ является защита от сверхтоков. Так как под сверхтоком понимается ток короткого замыкания или длительной перегрузки, то устройства защиты должны обладать соответствующей отключающей способностью. В качестве аппаратов защиты в

работе были рассмотрены автоматические выключатели (QF) и плавкие предохранители (FU), которые выбирались для участка электрической цепи ($a-b$), представленной на рисунке 1.

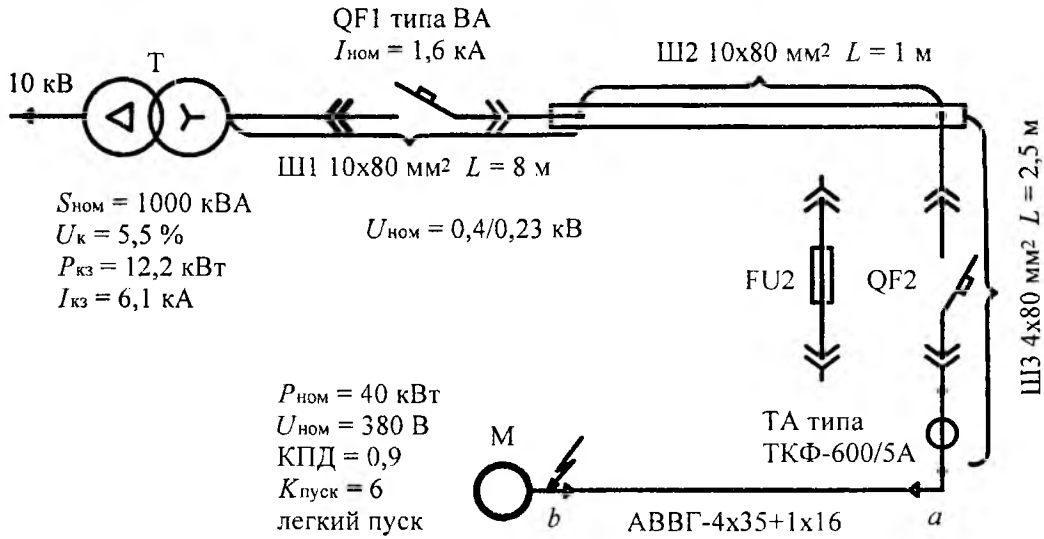


Рисунок 1. Пример участка цепи к выбору защитных аппаратов:

Т – силовой трансформатор; ТА – трансформатор тока марки ТКФ-600/5А; М – двигатель; АВВГ-4x35+1x16 – марка кабеля; Ш1–Ш3 – шины; QF1 и QF2 – автоматические выключатели; FU2 – плавкий предохранитель; $S_{ном}$ – номинальная мощность силового трансформатора, кВА; $P_{ном}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; $P_{кз}$ – потери короткого замыкания, кВт; $U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВ; $U_{кз}$ – напряжение короткого замыкания, %; $I_{ном}$ – номинальный ток, кА; $K_{пуск}$ – отношение пускового тока к номинальному, кА; L – длина проводника, м

В результате расчета по общепринятой методике были выбраны следующие аппараты защиты, имеющие различные номинальные токи: три предохранителя марки ПН2-250 с номинальным током плавкой вставки $I_{пв} = 200$ А, трехполюсный автоматический выключатель типа АЕ 2053 с номинальным током комбинированного расцепителя $I_{нр} = 80$ А.

При построении зависимости токов однофазного и трехфазного короткого замыкания (КЗ) от длины защищаемого проводника (рисунок 2) было выявлено, что при длине проводника менее 20 м значения тока однофазного КЗ $I_k(1)$ превышают значения тока трехфазного КЗ $I_k(3)$.

Проверка по условию успешного срабатывания аппаратов защиты при однофазном КЗ осуществлялась по следующим формулам:

$$I_k(1) \geq 3I_{нр}; \quad (1)$$

$$I_k(1) \geq 3I_{пв}. \quad (2)$$

Результаты расчета по условиям (1) и (2) отражены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, данные условий (1), (2) не выполняются при длине проводника более 600 м, если в качестве защитного аппарата используется автоматический выключатель, и более 230 м при использовании предохранителей.

С 1 марта 2003 года в Республике Беларусь введен в действие комплекс стандартов ГОСТ 30331 «Электроустановки зданий», в котором определены требования к защите от сверхтоков в электроустановках до 1 кВ и более четко установлена связь с применяемыми защитными устройствами от сверхтоков и сечениями проводников электрических сетей [1–3].

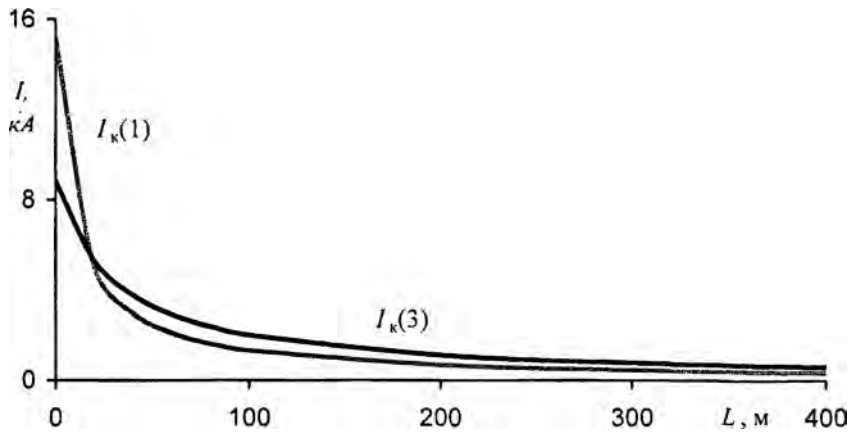


Рисунок 2. Зависимости токов однофазного и трехфазного короткого замыкания от длины защищаемого проводника:
 $I_{кз}$ – действующее значение тока короткого замыкания, кА

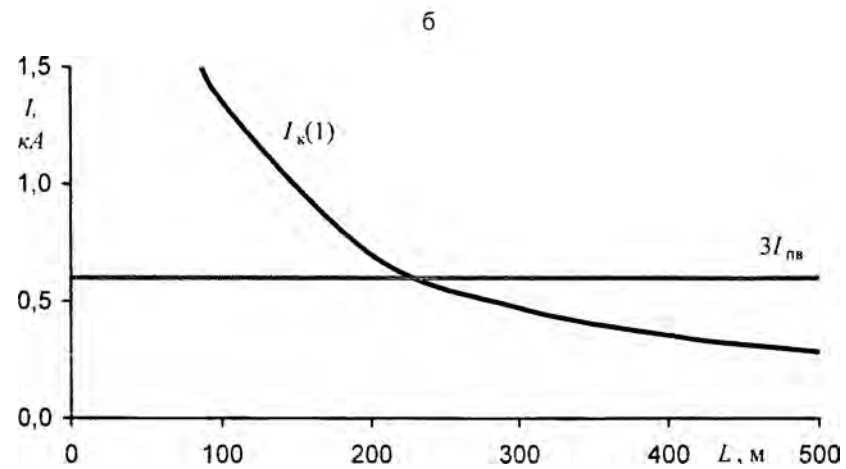
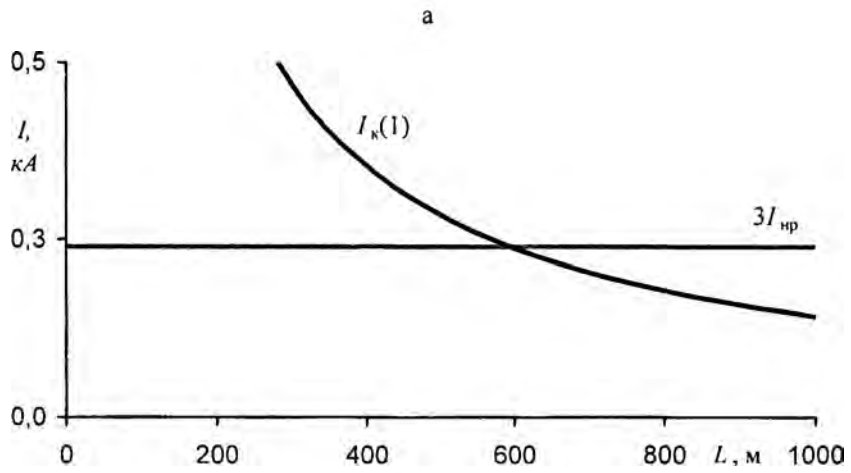


Рисунок 3. Проверка по условию успешного срабатывания аппаратов защиты при однофазном КЗ:
 а – для автоматического выключателя; б – для предохранителя:
 I – действующее значение тока в цепи, кА

В соответствии с [1], для тока КЗ продолжительностью до 5 с время, в течение которого температура проводника повышается от предельно допустимой в нормальном

режиме до максимально допустимой при КЗ, может быть приблизительно определена по формуле:

$$t = \frac{k^2 s^2}{I_k^2}, \quad (3)$$

где t – коэффициент, зависящий от материала проводника и вида его изоляции, $\text{Ас}^{0.5}/\text{мм}^2$;

s – площадь поперечного сечения проводника, мм^2 ;

I_k – действующее значение тока КЗ, А.

Расчитанное с учетом конкретных исходных данных электроустановки значение t представляет собой предельное время, в течение которого защита должна отключать ток КЗ. Зависимость t от I_k является характеристикой термической стойкости защищаемых проводников.

Чтобы убедиться в том, что аппарат защиты способен отключить сверхток за время, не превышающее значение t , необходимо совместить характеристики термической стойкости проводников с защитными характеристиками расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей, что показано на рисунках 4 и 5.

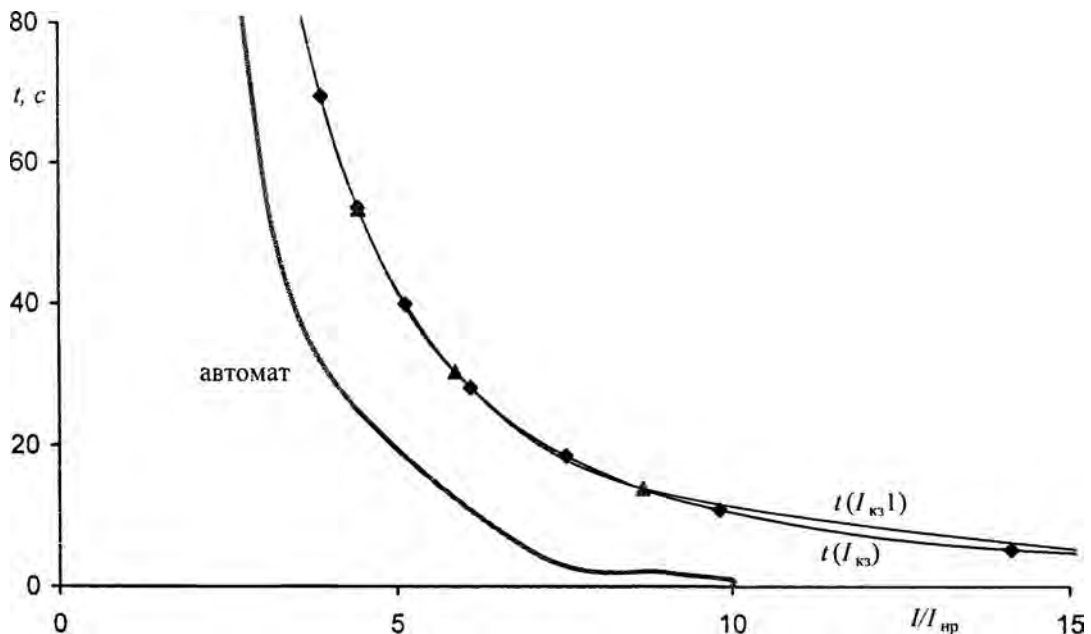


Рисунок 4. Совмещенные характеристика термической стойкости кабеля
и защитная характеристика автоматического выключателя:
 $t_{кз}$ – время короткого замыкания, с

Значения токов однофазного и трехфазного КЗ для построения характеристик термической стойкости проводника были получены при изменении длины защищаемой линии. Как видно из рисунков 4 и 5, автоматический выключатель защищает проводник во всем диапазоне рассмотренных длин, а предохранитель только до определенных значений длин проводника (менее 80 м как при однофазном, так и при трехфазном КЗ).

Так как в данном случае рассматривается КЗ продолжительностью до 5 с, то время, рассчитанное по формуле (3), не должно превышать это значение. На практике не обязательно строить характеристики термической стойкости проводников, а достаточно один раз рассчитать время по формуле (3) и воспользоваться защитной характери-

кой выбранного аппарата. Если время, рассчитанное при данном значении тока КЗ, не превышает 5 с и точка с координатами ($I_{к3}; t$) находится левее или ниже защитной характеристики аппарата, то данный аппарат при таком значении тока КЗ не применим.

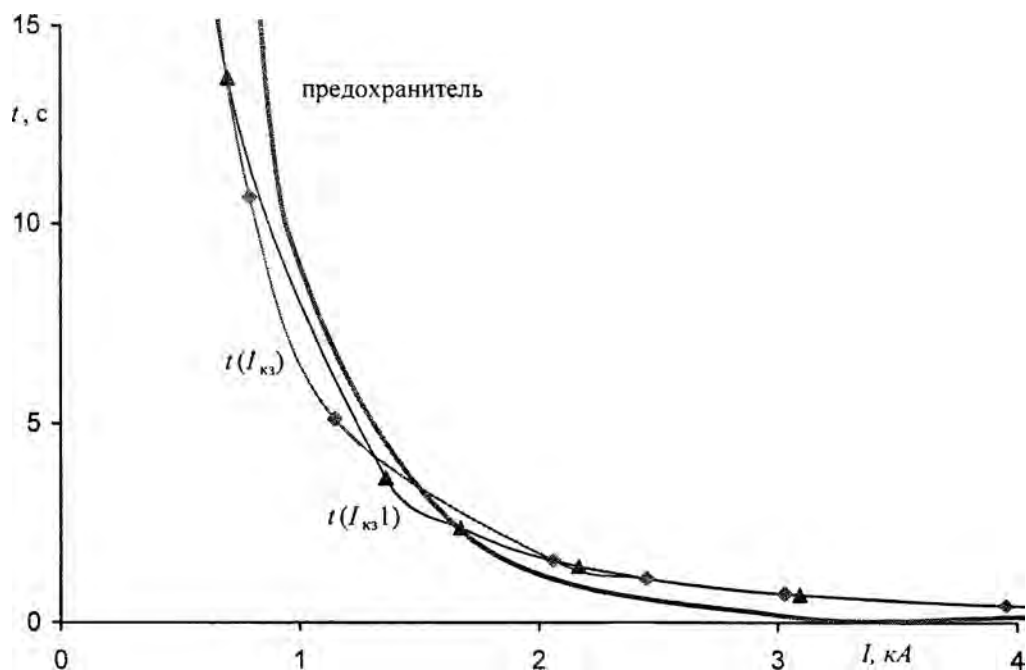


Рисунок 5. Совмещенные характеристика термической стойкости кабеля и защитная характеристика предохранителя

Вывод

Выбор устройств защиты в сетях напряжением до 1 кВ следует проводить с учетом защитных характеристик автоматических выключателей и предохранителей, а также характеристик термической стойкости кабелей, для чего необходимо иметь данные о значениях сверхтоков в местах установки устройств защиты.

Литература

1. ГОСТ 30331.5-95. Защита от сверхтока.
2. ГОСТ 30331.9-95. Применение мер защиты от сверхтоков.
3. ГОСТ 30331.9-95. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

УДК 621.316

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Трушников А.Л.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РАДКЕВИЧ В.Н.

Существует ряд способов снижения расхода электроэнергии при выпуске планируемого объема продукции. В условиях существующего технологического процесса одним из таких способов может быть отключение малозагруженных силовых трансформаторов с переводом их нагрузки на параллельно работающие с целью снижения