

## О необходимости пересмотра нормативных документов по электробезопасности в сетях напряжением 6 – 35 кВ

Манилов А. М., инж.

ЧП «Управляющая компания “Метрополия”», Киев

Допустимые значения напряжений и токов в Правилах устройств электроустановок и ГОСТ 12.1.038–82 существенно различаются, поэтому необходимы корректировка и согласование указанных нормативных документов.

**Ключевые слова:** сопротивление заземляющего устройства, допустимое напряжение прикосновения и тока.

Согласно статистике наибольшее количество электротравм возникает в сетях напряжением 6 – 35 кВ, причем около половины обусловлены однофазными замыканиями на землю (ОЗЗ). Наиболее опасны ОЗЗ, переходящие в двухфазные (ДЗЗ) или междуфазные, так как при этом напряжение прикосновения к заземленным частям и шаговое напряжение достигают несколько киловольт.

В сетях с железобетонными опорами высока вероятность возникновения спекания грунта у их основания. Значение сопротивления заземляющего устройства опор выбирается из условия уменьшения вероятности обратного перекрытия при ударе молнии в опору и трос молниезащиты, а не из условия электробезопасности при прикосновении человека к опоре при ОЗЗ или ДЗЗ. При падении оборванного провода на землю или касании оборванного шлейфа опоры создается ситуация, при которой велика вероятность поражения.

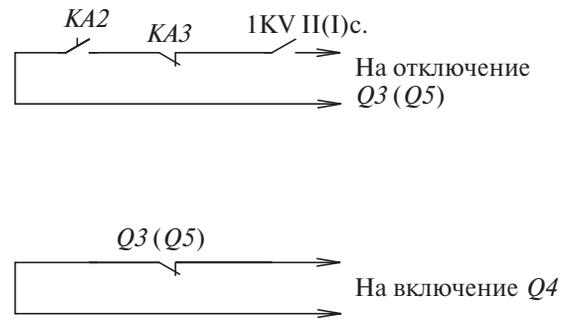
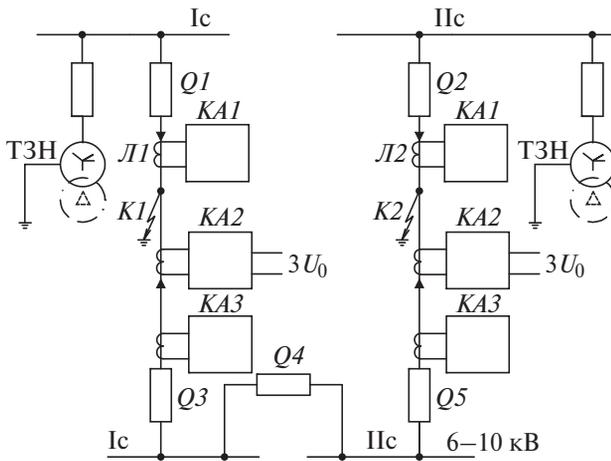
Электрические сети, в которых возможно получение человеком травм вследствие неотключаемого ОЗЗ, относятся к сетям с повышенными требованиями к обеспечению условий электробезопасности. Для поселковых и городских воздушных сетей проблема электробезопасности при ОЗЗ особенно актуальна. В соответствии с п. 1.7.64 [1] ОЗЗ в этих сетях необходимо отключать релейной защитой. В настоящее время это не отвечает требованиям, изложенным в [2]. Однако в п. 3.2.96 [2] для воздушной линии допускается действие защиты от ОЗЗ на сигнал.

Следует отметить, что при ОЗЗ отключается большая группа электроприемников (передвижные подстанции, механизмы для торфяных разработок, шахтные сети, электродвигатели и конденсаторные установки), а также кабели из сшитого полиэтилена, поскольку длительное ОЗЗ приводит к возникновению в них многочисленных микрополостей и разрушению

изоляции. В настоящее время созданы предпосылки, дающие возможность сохранить электроснабжение при отключении присоединения из-за ОЗЗ. Для электроприемников первой и (частично) второй категорий по степени надежности электроснабжения предусматривается автоматическое включение резервного питания, для остальных электроприемников второй категории — восстановление электроснабжения дежурным персоналом или выездной бригадой.

В [3] при ОЗЗ включается секционный выключатель, а затем отключаются вводный выключатель и поврежденное присоединение. Однако для осуществления АВР необходим канал связи между питающей и приемной подстанциями.

Представленная на рисунке в [3] принципиальная электрическая схема защиты и АВР не требует канала связи. АВР происходит без выдержки времени сразу после отключения защитой от ОЗЗ поврежденного присоединения. Для этого на вводах  $Q3$  и  $Q5$  предусматривается направленная защита от ОЗЗ, действующая от собственного емкостного тока сети, подключенной к присоединению. При ОЗЗ, например в точке  $K1$  или  $K2$ , срабатывают следующие реле:  $KA1$ , обеспечивающее защиту от ОЗЗ и действующее с выдержкой времени, необходимой для обеспечения селективности защит от ОЗЗ;  $KA2$ , подключенное на вводе к трансформатору тока нулевой последовательности;  $KA3$ , фиксирующее отсутствие тока на поврежденной линии. При замыкании контактов реле  $KA2$  и  $KA3$  и наличии напряжения на другом вводе, контролируемом реле напряжения  $1KV$ , отключается без выдержки времени вводный выключатель  $Q3(Q5)$  и включается секционный выключатель. При внешнем ОЗЗ или КЗ АВР не действует, так как блокируется реле  $KA2$  или  $KA3$ .



При необходимости для обеспечения чувствительности защиты от ОЗЗ следует увеличить ток в месте повреждения путем присоединения трансформатора заземления нейтрали (ТЗН) или фильтра присоединения серии ФМ30 нулевой последовательности с глухим заземлением нейтрали.

Мощность ТЗН или фильтра выбирают из условия обеспечения чувствительности защиты от ОЗЗ по выражению

$$S_{\text{ном}} \geq \sqrt{3I_{\text{с.з}} u_{\text{к}} U_{\text{ном}} k_{\text{ч}}}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{ном}}$  — номинальное напряжение;  $u_{\text{к}}$  — напряжение короткого замыкания;  $I_{\text{с.з}}$  — максимальный ток срабатывания защиты от ОЗЗ;  $k_{\text{ч}}$  — коэффициент чувствительности.

Например, при  $I_{\text{с.з}} = 10 \text{ А}$ ,  $u_{\text{к}} = 0,03$ ,  $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$  расчетная мощность фильтра составляет  $7,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ .

Выдержка времени защиты от ОЗЗ выбирается из условия обеспечения селективности. В соответствии с [2] при отказе в срабатывании этой защиты или выключателя присоединения необходимо отключение вводного или секционного выключателя.

В связи с возможным при обрыве провода замыканием через большое сопротивление целесообразно выполнение защиты, реагирующей на увеличение отношения токов обратной и прямой последовательностей сверх допустимого значения (например, устройство Р-142 фирмы "AREVA"). При срабатывании защиты от ОЗЗ на отключение нет необходимости в установке дугогасящих реакторов и (или) резисторов.

При действии защиты от ОЗЗ на сигнал электробезопасность человека в случае прикосновения к заземленному оборудованию распределительного устройства напряжением

6 – 35 кВ будет обеспечиваться при выполнении условия

$$I_{\text{р}} R_3 \leq U_{\text{доп}} + \frac{I_{\text{доп}} R_{\text{р}}}{\alpha}, \quad (2)$$

где  $I_{\text{р}}$  — расчетный ток (принимается равным полному току ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью или току замыкания на землю в случае отключения наиболее мощного дугогасящего реактора в сети с компенсированной нейтралью);  $R_3$  — сопротивление заземляющего устройства, Ом;  $\alpha$  — коэффициент напряжения прикосновения, характеризующий степень выравнивания электрического потенциала;  $U_{\text{доп}}$ ,  $I_{\text{доп}}$  — предельно допустимые значения напряжения прикосновения (20 В) и тока (0,006 А) [2].

Сопротивление растеканию тока с ног человека  $R_{\text{р}}$ , Ом, определяется из выражения

$$R_{\text{р}} = 1,76\rho, \quad (3)$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление грунта, Ом · м.

Из условия (2) с учетом выражения (3) получаем:

$$R_3 \leq \frac{U_{\text{доп}} \alpha + I_{\text{доп}} R_{\text{р}}}{\alpha I_{\text{р}}}, \quad (4)$$

Принимая  $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $\alpha = 0,8$ ,  $I_{\text{р}} = 50 \text{ А}$ , находим сопротивление заземляющего устройства  $R_3 = 0,5 \text{ Ом}$ .

Сопротивление заземляющего устройства электроустановки напряжением 6 – 35 кВ, которое одновременно используется для электроустановок до 1 кВ и в котором N-, PEN-, (PE)-проводники выходят за его границы, а

защита от ОЗЗ в сети 6 – 35 кВ действует на сигнал, определяется из выражения [1]

$$R_3 \leq 67/I_p, \quad (5)$$

где 67 — допустимое напряжение, В, на заземляющем устройстве при ОЗЗ.

Принимая, например, то же значение  $I_p = 50$  А, находим сопротивление заземляющего устройства  $R_3 = 1,3$  Ом, которое больше, чем определенное из выражения (4).

Для электроустановки напряжением 6 – 35 кВ, в которой заземляющее устройство используется только для нее, а проводники до 1 кВ не выходят за ее границы, сопротивление заземляющего устройства определяется из выражения [1]

$$R_3 \leq 250/I_p. \quad (6)$$

Таким образом, в соответствии с ПУЭ допускается длительное существование напряжения 250 В, что также противоречит [2].

Сопротивление заземляющего устройства в сети до 1 кВ с заземленной нейтралью, к которому присоединяется нейтраль трансформатора, должно удовлетворять условию [1]

$$\frac{R_3}{R_{\Pi}} \leq \frac{U_{\text{доп}}}{U_0 - U_{\text{доп}}}, \quad (7)$$

где  $R_{\Pi}$  — переходное сопротивление в месте ОЗЗ;  $U_0$  — номинальное фазное напряжение;  $U_{\text{доп}}$  — допустимое напряжение на РЕ-проводнике.

Следовательно,

$$R_3 \leq \frac{U_{\text{доп}} R_{\Pi}}{U_0 - U_{\text{доп}}}. \quad (8)$$

В соответствии с [2]  $U_{\text{доп}}$  равно 20 В, а согласно [1] — 50 В. Подставляя эти значения в формулу (8) и принимая  $R_{\Pi} = 20$  Ом, находим соответственно  $R_3 = 2$  и 5,9 Ом. В [1] принято  $R_3 = 4$  Ом при  $R_{\Pi} = 20$  Ом.

Сопротивление заземляющего устройства электроустановки выбирается исходя из условия обеспечения электробезопасности при ОЗЗ, следовательно, возможность перехода последнего в двухфазные и междуфазные замыкания не учитывается.

Таким образом, значения сопротивления заземляющего устройства, рассчитанные в соответствии с ПУЭ [1] и ГОСТ 12.1.038–82 [2], существенно различаются, что затрудняет его выбор и обуславливает необходимость корректировки и взаимного согласования указанных нормативных документов.

#### Список литературы

1. **Правила** устройства электроустановок. Разд. 1. Гл. 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности.
2. **ГОСТ 12.1.038–82**. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. — М.: Госкомстандарт, 1982.
3. **Манилов А. М., Барна А. А.** Повышение надежности и электробезопасности воздушных линий 6 – 35 кВ при однофазных замыканиях на землю. — Промэлектро, 2010, № 4.

siv.ox@yandex.ua