

УДК 621.316.925

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10/0,4 кВ

*А.М. Ершов, И.А. Крутов*

Рассмотрены варианты релейной защиты трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ со стороны высшего и низшего напряжения силового трансформатора с использованием плавких предохранителей, устройств защиты типов VIP30, Sepam 10, Sepam T20 и автоматических выключателей типа Masterpact и Comract. Проанализированы возможные направления оптимизации параметров релейной защиты силового трансформатора, позволяющие снизить значения уставок токов и времени при отключении коротких замыканий.

Ключевые слова: трансформаторная подстанция напряжением 10/0,4 кВ; релейная защита; оптимизация параметров защиты.

**Задачи исследования.** Методика расчета уставок защиты не зависит от вида исполнения устройств релейной защиты, которые в общем случае могут быть электромеханическими, статическими или микропроцессорными (цифровыми). От вида исполнения зависят значения различных коэффициентов (отстройки, включения, надежности согласования и др.), ступеней селективности по току, времени и прочее. Время-токовые характеристики защит разных уровней системы электроснабжения на карте селективности могут быть «разбросаны» на неоправданно «большое расстояние» друг от друга [1–3]. Это отрицательно сказывается на временах и токах срабатывания, коэффициентах чувствительности, что приводит к возрастанию времени протекания тока короткого замыкания через оборудование и, соответственно, термического действия этого тока, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на сроке службы оборудования.

Появление микропроцессорных устройств релейной защиты с большим набором вариантов настройки и широким спектром параметров дало возможность для оптимизации всей системы релейной защиты.

Задачей нашей оптимизации является приближение время-токовых характеристик защит разных уровней системы электроснабжения друг к другу и, соответственно, сокращение времени и токов срабатывания этих защиты.

**Возможные варианты исполнения защиты трансформаторной подстанции (ТП) напряжением 10/0,4 кВ (рис. 1).**

1. На стороне высшего напряжения силового трансформатора могут быть установлены: плавкий предохранитель F1; микропроцессорные устройства защиты типа VIP-30, Sepam 10, Sepam T20.

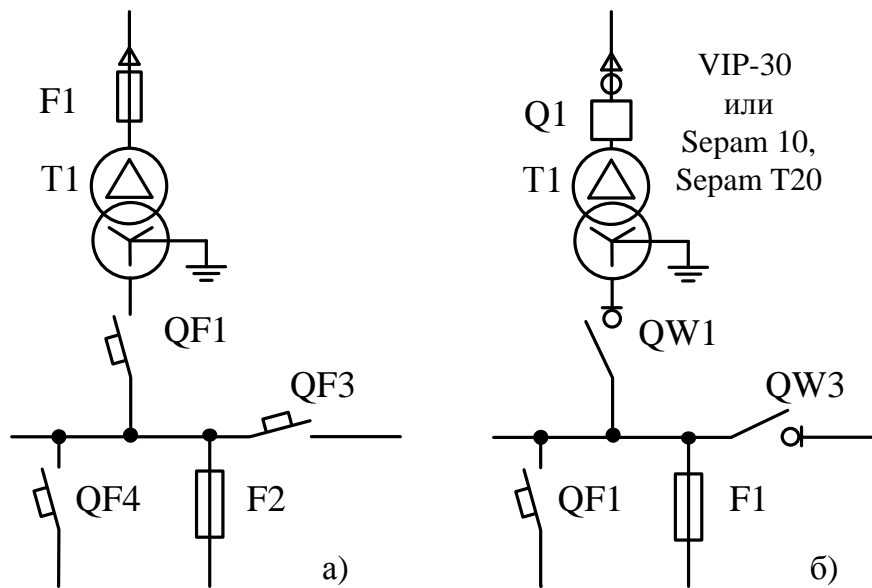


Рис. 1. Варианты защиты трансформаторной подстанции

2. На стороне низшего напряжения силового трансформатора в качестве вводных (QF1 и QF2) и секционного (QF3) аппаратов могут быть использованы автоматические выключатели типа Compact и Masterpact с электронными расцепителями серии Micrologic (рис. 1, а). В последнее время в качестве этих коммутационных аппаратов стали широко применять выключатели нагрузки QW1–QW3 – рис. 1, б. Для защиты отходящих от ТП линий применяют плавкие предохранители F или автоматические выключатели QF.

3. Для питания трансформаторной подстанции используются воздушные или кабельные линии W1, вначале которых устанавливаются вакуумные выключатели с микропроцессорными устройствами защиты Sepam типа S20.

Рассмотрим организацию защиты трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ с питающей линией, которая состоит из пяти уровней – рис. 2:

- для защиты линии в её начале устанавливается устройство защиты Sepam типа S20, которое имеет две ступени защиты – селективную защиту с зависимой от тока выдержкой времени (СЗ/В) и мгновенную токовую отсечку (МТО). Кроме того, в начале линии устанавливается защита от однофазных замыканий на землю в виде селективной токовой отсечки (СТО);

- для защиты силового трансформатора перед ним устанавливается устройство защиты Sepam типа T20, которое имеет три ступени защиты – защиту от перегрузки (ЗП), селективную токовую отсечку (СТО) и мгновенную токовую отсечку (МТО);

– на стороне низшего напряжения трансформатора устанавливаются вводные (QF1 и QF2) и секционный (QF3) выключатели с электронными расцепителями типа Micrologic, которые, в общем случае, имеют также три ступени защиты – защиту от перегрузки (ЗП), селективную токовую отсечку (СТО) и мгновенную токовую отсечку (МТО);

– отходящие от ТП линии могут защищаться плавкими предохранителями или автоматическими выключателями типа Comract с электронными расцепителями, чаще имеющими две ступени защиты – защиту от перегрузки и мгновенную токовую отсечку.

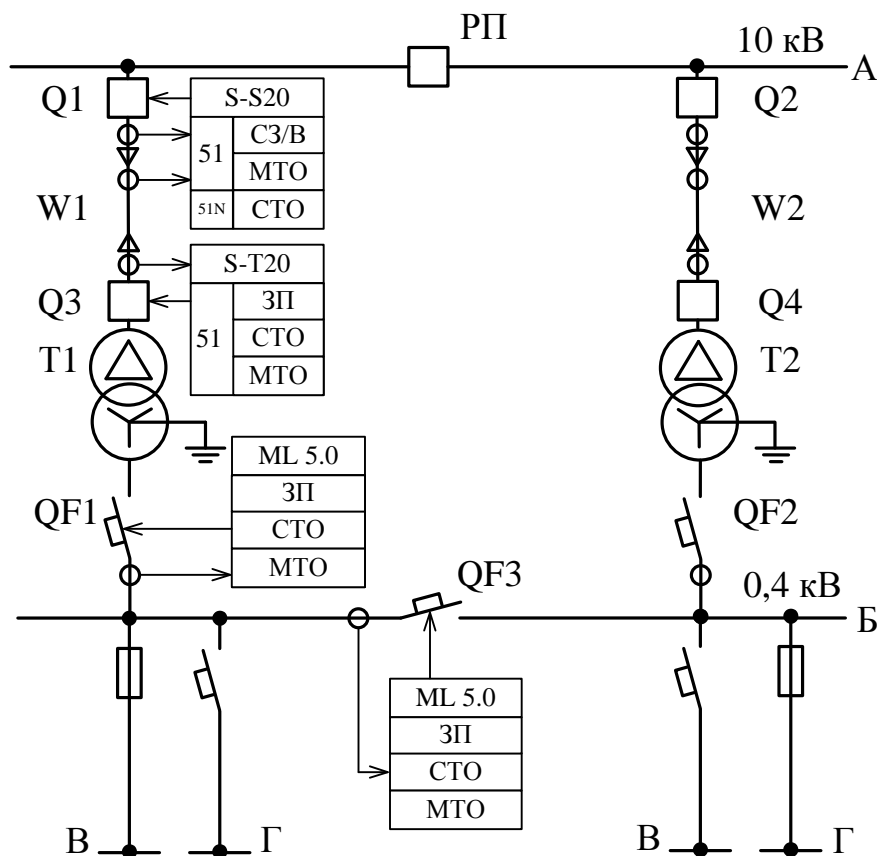


Рис. 2. Расстановка средств защиты трансформаторной подстанции

На рис. 3, а приведены время-токовые характеристики (ВТХ) защит, установленных на трёх уровнях – на вводном автоматическом выключателе QF1, на стороне высшего напряжения трансформатора на выключателе Q3 и в начале питающей линии W1 на выключателе Q1. Здесь видно, что ВТХ защит на выключателях QF1 и Q3 максимально приближены друг к другу, так как они идентичны. А ВТХ защиты на выключателе Q1 в начале линии «удалена» от первых двух ВТХ. Это обусловлено, во-первых, тем, что защита СЗ/В на выключателе Q1 имеет зависимую от тока выдержку времени, плохо согласующуюся с независимой ВТХ селективной токовой отсеч-

ки, установленной на выключателе Q3, во-вторых, уставки тока и времени определены по традиционной методике – ток  $I_{C.C3.Q1}$  отстроен от тока  $I_{C.C3.Q3}$ , а время срабатывания  $t_{C.C3.Q1}$  отличается от времени  $t_{C.C3.Q3}$  на ступень селективности  $\Delta t = 0,3$  с, причём уставка времени  $t_{C.C3.Q1}$  задана при десятикратном значении уставки тока срабатывания этой защиты  $10 \cdot I_{C.C3.Q1}$ . Суть оптимизации параметров защиты заключается в том, что бы подвинуть время-токовую характеристику Q1 вниз и влево (рис. 3, а), тем самым уменьшив времена и токи срабатывания защиты, установленной на выключателе Q1.

*Для оптимизации защиты можно выполнить два шага [4, 5].*

На первом шаге (рис. 3, б) характеристику Q1 опускаем вертикально вниз, так чтобы разница времени между точкой Б селективной токовой отсечки и точкой В селективной защиты была равна ступени селективности  $\Delta t = 0,3$  с. В результате этого шага получим значительное уменьшение времени срабатывания защиты на выключателе Q1 по сравнению со стандартным расчетом.

На втором шаге (рис. 3, в) характеристику Q1 сдвигаем горизонтально влево, так чтобы ток срабатывания в точке А селективной токовой отсечки и ток срабатывания в точке Г селективной защиты отличались на коэффициент отстройки  $K_{отс} = 1,2-1,3$ . В результате этого шага получим значительное уменьшение токов срабатывания защиты на выключателе Q1 по сравнению со стандартным расчетом.

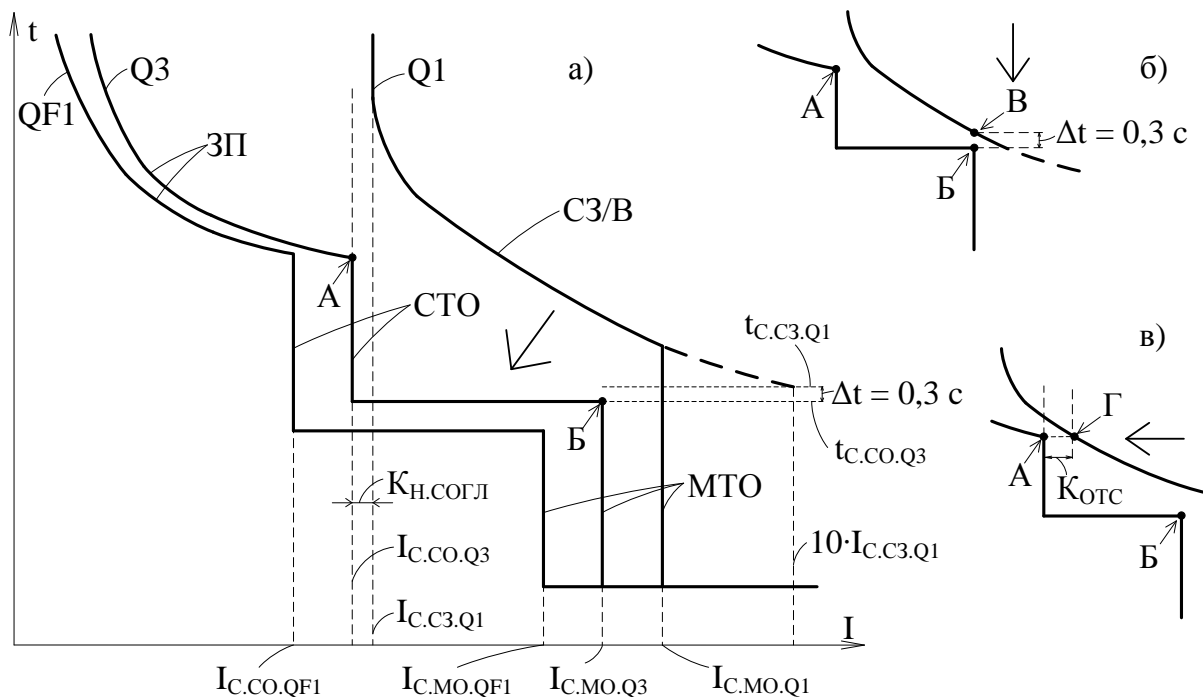


Рис. 3. Оптимизация время-токовой характеристики защиты Sepam S20

Затем из полученных результатов выбираем тот вариант, который имеет лучшие характеристики по времени срабатывания, так как чем быстрее мы отключим ток короткого замыкания, тем меньше будут разрушения в месте повреждения.

### **Выводы**

В результате оптимизации должны получить следующие результаты:

1. Уменьшение времени срабатывания защиты, установленной на выключателе Q1, благодаря этому снизится длительность протекания токов короткого замыкания и, следовательно, и их термическое воздействие на токоведущие части и изоляцию. Благодаря этому можно продлить срок службы электрооборудования.

2. Благодаря снижению уставок времени и тока защиты, установленной на выключателе Q1, можно снизить соответствующие уставки на защитах, установленных на более высоких уровнях системы электроснабжения.

### Библиографический список

1. Шабад, М.А. Защита трансформаторов 10 кВ / М.А. Шабад. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 144 с.

2. Соловьев, А.Л. Методика расчета уставок защит Sepam / А.Л. Соловьев // Техническая коллекция Schneider Electric, вып. 3. – Schneider Electric, 2006. – 68 с.

3. Соловьёв, А.Л. Изменение стандарта МЭК для цифровых терминалов токовых защит с зависимой характеристикой / А.Л. Соловьёв // Энергетик. – 2010. – № 1. – С. 35–37.

4. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 2: Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 168 с.

5. Ершов, А.М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 3: Защита электрических сетей напряжением 6–10 кВ: учебное пособие / А.М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 161 с.

[К содержанию](#)