

3.5. Особенности расчета токов короткого замыкания в системе собственных нужд ЭС

При КЗ в системе собственных нужд существенное влияние на характер процесса и значение тока оказывают группы электродвигателей, включенных вблизи места повреждения. Наиболее сильно это влияние проявляется в сетях 3 — 6 кВ собственных нужд крупных ТЭС и АЭС.

Для привода механизмов собственных нужд применяют в основном асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. При близком КЗ напряжение на выводах двигателей оказывается меньше их ЭДС. Электродвигатели переходят в режим генератора, посылающего ток в место повреждения. Синхронные электродвигатели при их наличии также подпитывают место КЗ.

Составляющую тока КЗ от электродвигателей необходимо учитывать при проверке аппаратов и проводников распределительных устройств собственных нужд, а также при расчете уставок релейной защиты оборудования 3 — 6 кВ. Для указанных целей достаточно обычно знать начальное значение периодической составляющей, ударный ток, значения периодической и аperiodической составляющих тока КЗ в момент t размыкания контактов выключателей.

Влияние тока подпитки от электродвигателей проявляется и учитывается в зависимости от места КЗ.

При КЗ в точке К1 (рис. 3.38) ток подпитки будет иметь определяющее значение при выборе оборудования лишь в том случае, если его действие будет превышать действие тока от внешних источников (генераторов энергосистемы).

При КЗ в точке К2 или К3 действует суммарный ток — от внешней сети и от электродвигателей.

Начальное значение периодической составляющей тока КЗ от электродвигателя определяется по аналогии с синхронными генераторами по выражению

$$I_{\text{нач}} = \frac{E''_f}{x''_d}$$

где E''_f - сверхпереходная ЭДС; x''_d - сверхпереходное индуктивное сопротивление электродвигателя.

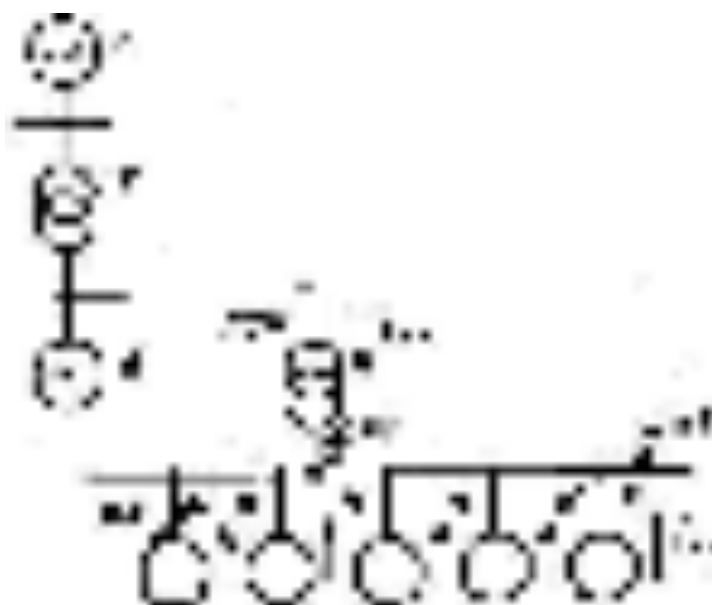


Рис. 3.38. Особенности КЗ в системе собственных нужд

Величины E''_f и x''_d не задаются в каталогах, однако в них указывается кратность пускового тока электродвигателя $I^*_{пуск}$, равная отношению пускового тока электродвигателя $I_{пуск}$ к его номинальному току $I_{ном}$. Прямое включение электродвигателя в сеть рассматривается в теории электрических машин как КЗ за сопротивлением x''_d . На этом основании в практических расчетах принимают

$$I_{кз} = I_{пуск} = I_{ном} \cdot I^*_{пуск} \quad (3.41)$$

В отличие от генераторов запас электромагнитной и кинетической энергии электродвигателей мал и периодическая составляющая тока КЗ, создаваемая ими, быстро затухает:

$$i_{кз} = I_{кз} \left(\sin \omega t + T'_d \frac{d \sin \omega t}{dt} \right) \quad (3.42)$$

где T'_d — постоянная времени затухания тока КЗ (периодической составляющей) от электродвигателей.

Апериодическая составляющая тока КЗ от электродвигателя описывается обычным выражением

$$i_{кз} = I_{кз} e^{-t/T_{a,d}} \quad (3.43)$$

где $T_{a,d}$ — постоянная времени затухания аperiodического тока для цепи электродвигателя.

Ударный ток от электродвигателя

$$i_{уд} = I_{кз} \left(1 + T'_d \omega \right) \quad (3.44)$$

где $k_{уд}$ — ударный коэффициент, определяемый обычным путем по известному $T_{а,д}$.

В общем случае к секциям собственных нужд электростанций подключается большое количество электродвигателей разных типов и мощностей. При оценке результирующего влияния всех электродвигателей на ток КЗ в месте повреждения целесообразно все электродвигатели заменить одним эквивалентным. Как показывает опыт, такая замена возможна и не приводит к существенным погрешностям. Действующие нормативы [3.7] рекомендуют следующие значения параметров эквивалентного электродвигателя:

Коэффициент полезного действия $\eta_d = 0,94$

Коэффициент мощности $\cos \phi_d = 0,87$

Постоянная времени периодической составляющей тока $T'_{д,} = 0,07$ с

Постоянная времени аperiodической составляющей тока $T_{а,д,} = 0,04$ с

Ударный коэффициент $k_{уд} = 1,65$

Кратность пускового тока = 5,6

С учетом изложенного расчет токов КЗ в системе собственных нужд электростанции целесообразно проводить в следующем порядке [3.7]:

1. Составить расчетную схему (см., например, рис. 3.38), принимая при этом во внимание лишь те электродвигатели, которые имеют с местом КЗ прямую электрическую связь.

2. Составить схему замещения для определения тока КЗ от внешних источников (энергосистемы) и обычным способом (см. § 3.3) рассчитать начальное значение периодической составляющей $I_{п,0,с}$. Считаем $I_{п,0,с}$ незатухающим (удаленная точка).

3. Определить суммарную номинальную мощность всех электродвигателей собственных нужд, электрически связанных с местом КЗ, $P_{ном}$ и начальное значение периодической составляющей тока от электродвигателей:

$$I_{п,0,с} = I_{п,0,с} + \dots + \frac{P_{ном}}{V_{с}} \cdot \frac{1}{V_{с}} \quad \text{где,}$$

4. Найти начальное значение периодической составляющей суммарного тока КЗ:

$$I_{k3} = I_{k3c} + I_{k3a}$$

$$I_{k3c}$$

5. Вычислить периодическую составляющую тока КЗ к моменту t :

$$I_{k3c} = I_{k3c} \left(1 - e^{-t/T_a} \right) \quad \text{ПЧ}$$

где при определении $e^{-t/0,07}$ можно использовать кривые на рис. 3.25, подставляя вместо T_a значение $T'd$.

6. Определить аperiodическую составляющую тока КЗ к моменту t :

$$I_{k3a} = I_{k3c} \left(e^{-t/T_a} - e^{-t/T_c} \right) \quad \text{ПЧ}$$

где T_a, c можно определить по кривым на рис. 3.39 в зависимости от мощности питающей обмотки трансформатора собственных нужд SH0M. В расчете также целесообразно использовать кривые на рис. 3.25.



Рис. 3.39. Кривые определения ударных коэффициентов и постоянных времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ для ветви схемы

7. Найти ударный ток КЗ:

$$I_{k3уд} = I_{k3c} \cdot k_{уд} \quad \text{ПЧ}$$

где $k_{уд,c}$ определяется по кривым на рис. 3.39; $k_{уд,d} = 1,65$ (см. выше).

При расчете токов КЗ на секции, питаемой через резервный трансформатор, должны учитываться электродвигатели, присоединенные непосредственно к шинам данной секции и к другим секциям, связанным с расчетной через магистрали резервного питания (например, в режиме замены рабочего трансформатора одного блока с одновременным пуском или остановом другого блока).

Если точный состав электродвигателей собственных нужд неизвестен, то для приближенных оценок тока КЗ принимают при питании от рабочего трансформатора

$$I_{K3} = \frac{S_{ном, ТСН}}{U_{н}} \cdot K_{уд}$$

а при питании от резервного трансформатора

$$I_{K3} = \frac{S_{ном, ПРТСН}}{U_{н}} \cdot K_{уд}$$

где $S_{ном, ТСН}$ - номинальная мощность рабочего трансформатора собственных нужд; $S_{ном, ПРТСН}$ - номинальная мощность пускорезервного трансформатора собственных нужд. Если трансформаторы имеют расщепленную обмотку низшего напряжения, то мощности, полученные из предыдущих выражений, необходимо уменьшить в 2 раза, т.е. учитывать электродвигатели, подключенные к данной обмотке НН.