

Влияние перекомпенсации в сетях, работающих с компенсацией емкостных токов однофазных замыканий

БАЗАНОВ В. П., ПУТОВА Т. Е., инженеры

Горэнерго

В электрических сетях 35 кВ, работающих с изолированной нейтралью, при относительно малых емкостных токах однофазных замыканий ($I_c = 2 \div 4$ А) наблюдаются частые повреждения трансформаторов напряжения (ТН) типа ЗНОМ-35-65.

В статье авторов Л. С. Борисенко и др. «Предотвращение повреждений трансформаторов напряжения контроля изоляции 35 кВ при замыканиях на землю» («Энергетик» № 9 за 1983 г.) справедливо связывается это с развитием феррорезонансных процессов, что подтверждается опытом эксплуатации и аналитическим расчетом.

На рис. 1 представлена вольт-амперная характеристика трансформатора ЗНОМ-35-65. Эффективность введения дугогасящей катушки, которая исключает развитие феррорезонанса, очевидна. Линейная индуктивность катушки практически полностью шунтирует нелинейность ТН, что исключает феррорезонанс в диапазоне рабочих напряжений электрической сети.

Однако в опубликованной статье существует явно выраженная тенденция к режиму работы сети со значительной перекомпенсацией. Так, в приведенных примерах расстройка компенсации (перекомпенсация) составляет 150—250 % и более. Кроме того, авторы считают, что при небольших емкостных токах вообще можно отказаться от регулирования тока дугогасящей катушки. При этом обязательно предлагается перекомпенсация во всех возможных режимах работы электрической сети.

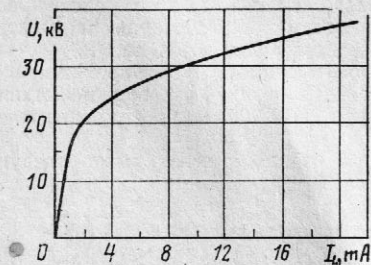


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика ТН ЗНОМ-35-65

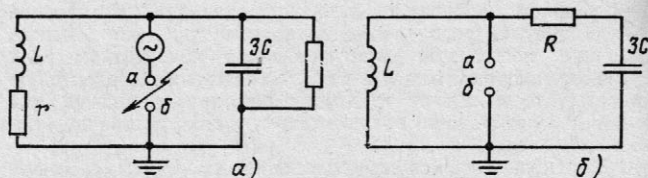


Рис. 2. Схема электрической сети при самоустраниющемся однофазном замыкании:

а — схема нулевой последовательности; б — схема включенной катушки с учетом емкости сети после погасания дуги в месте к.з.

Схема нулевой последовательности при однофазном замыкании в сети показана на рис. 2, а.

После погасания дуги в месте к. з. (точки а, б) схема включенной катушки с учетом емкости сети представлена на рис. 2, б. При резонансной настройке катушки в контуре катушка — емкость сети возникают свободные колебания электромагнитной энергии, запасенной контуром при к. з. Эти колебания затухают примерно за секунду, находясь в противофазе с напряжением фазы, в которой произошло повреждение (перекрытые) изоляции.

Таким образом, напряжение в месте повреждения (точки а и б, см. рис. 2, б) восстанавливается плавно и достигает номинального фазного значения за время затухания колебательного процесса. Этим создаются условия, исключаяющие повторные зажигания дуги. Продолжительность колебательного процесса мало зависит от абсолютных значений параметров реактивных элементов схемы на рис. 2 и является практически постоянной величиной (примерно 1 с), определяемой относительным уровнем активной составляющей в токе замыкания на землю.

При значительной расстройке компенсации процесс гашения дуги изменяется. В этом случае собственная частота колебательного контура выражается формулой:

$$\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{I_L}{I_C}},$$

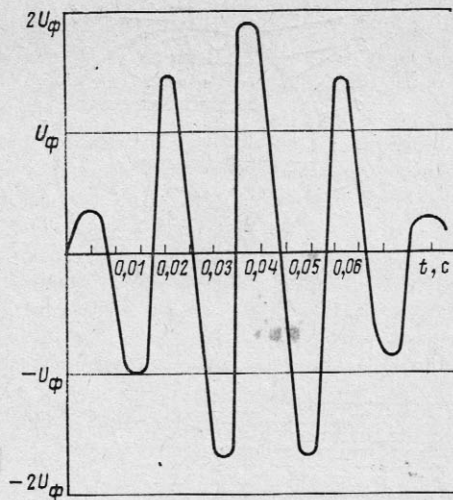


Рис. 3. График изменения напряжения на поврежденной фазе после погасания дуги при наличии перекompенсации

где ω_0 — промышленная частота электрической сети; I_L — ток, на который настроена дугогасящая катушка; I_C — емкостный ток однофазного замыкания в сети.

Отсюда видно, что собственная частота колебательного контура возрастает. При этом между точками *a*, *b* возникает напряжение, значение которого является результатом сложения двух векторных величин: напряжения фазы, где

произошло повреждение, и напряжения, обусловленного колебанием электромагнитной энергии в контуре. При сложении двух векторов, имеющих разные частоты, получается синусоида с наложенными биениями. Частота биений равна разности частот складываемых векторов; амплитуда биений начинает затухать от значения $2U_\phi$ (рис. 3).

На рис. 3 приведен рассчитанный график изменения напряжения на поврежденной фазе после погасания дуги для случая перекompенсации $I_L/I_C = 1,56$ (показана первая наиболее характерная волна биений). При этом активная составляющая тока однофазного замыкания принимается $I_R = 0,04 I_C$. Характерно, что напряжения на неповрежденных фазах будут изменяться так же, только с соответствующим смещением по времени.

Если уровень перекompенсации будет больше, чем в приведенном примере, то максимальное значение биений наступит раньше, возрастет вероятность повторного зажигания дуги.

Если однофазное замыкание происходит вследствие низкого уровня изоляции, то электрическая сеть может начать работу в автоколебательном режиме (поочередно переходя от режима в схеме на рис. 2, *a* к режиму в схеме на рис. 2, *б*, и наоборот, до отключения поврежденной линии или выхода из строя электрооборудования).

Изложенный материал справедлив для электрических сетей других классов напряжений, где проводится компенсация емкостных токов однофазных замыканий.

Вывод

Для повышения надежности работы ТН типа ЗНОМ-35-65 необходимо компенсировать емкостные токи величиной до 4 А.