

Синхрофазорное управление в режиме реального времени для оптимизации профилей напряжения системы

Джефф Поуп (Jeff Pope)

ВВЕДЕНИЕ

Во многих высоковольтных энергосистемах для регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности используются трансформаторы с трехфазным переключателем ответвлений под нагрузкой (OLTC) и банки шунтирующих конденсаторов (SCB). OLTC осуществляет инкрементное регулирование подаваемого напряжения. Управление OLTC обычно функционирует как простое управление зоной нечувствительности с отслеживанием напряжения на стороне нагрузки OLTC и поддержанием напряжения в этой точке за счет понижения или повышения напряжения путем переключения ответвлений. SCB служит для компенсации реактивной мощности; обычно в нем также используется простое управление зоной нечувствительности. В отличие от переключателя OLTC, SCB задействует все свои емкости сразу, подключаясь к сети в виде нагрузки или отключаясь от сети как единое устройство.

OLTC и SCB можно использовать в некоторых системах, где имеются несколько генераторов либо где SCB расположен в такой точке, что трудно подобрать значение тока нагрузки и результирующие напряжения для правильной настройки рабочих параметров OLTC и SCB. В таких приложениях применяйте управляющую логику на базе синхрофазоров в режиме реального времени, чтобы обеспечить необходимые управляющие сигналы вводов для оптимизации профилей напряжения и снижения количества коммутаций в OLTC и SCB. Это повышает стабильность системы и снижает затраты на обслуживание и эксплуатацию системы в целом.

ЗАДАЧА

На рисунке 1 показан пример нерадиальной системы. Нетрудно заметить, что применение стандартных операций управления с помощью OLTC и SCB может привести к излишним операциям коммутации на обоих устройствах. Возможно даже возникновение ситуации, когда контроллеры OLTC и SCB, работающие независимо друг от друга, вызовут каскад повторяющихся переключений (эту ситуацию также называют режимом качаний энергосистемы). Кроме того, контроллер OLTC может пытаться повышать напряжение в системе путем переключения ответвлений в то время, как оптимальным решением здесь было бы срабатывание SCB при отсутствии коммутации OLTC.

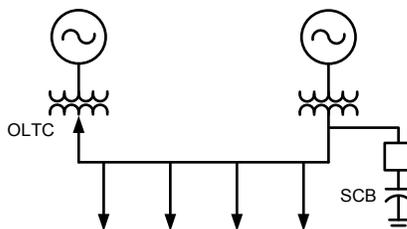


Рисунок 1 Пример системы

РЕШЕНИЕ SEL

Защитное реле трансформатора SEL-487E и система управления и емкостной защиты SEL-487V обеспечивают управление в режиме реального времени с использованием синхрофазорных данных IEEE C37.118. Каждое реле (функционирующее как клиент синхрофазорных данных) имеет возможность получать последовательные данные IEEE C37.118 от одного или двух отдельных синхрофазорных серверов. В этом случае каждое реле работает и как клиент данных, и как сервер данных, обрабатывая синхрофазорные данные в режиме реального времени.

Как показано на рисунке 2, система SEL-487E используется для управления трансформатором с переключателем OLTC и его защиты. Реле SEL-487E измеряет напряжения и токи на обоих обмотках трансформатора и посылает управляющие сигналы на автоматический выключатель и переключатель OLTC. Реле SEL-487E передает синхронизированные по GPS синхрофазорные данные IEEE C37.118 (включая амплитуду напряжений и сдвиг фаз) в систему SEL-487V.

Система SEL-487V осуществляет защиту и управление SCB на другой подстанции. Система SEL-487V измеряет амплитуду напряжений и сдвиг фаз и передает эти синхрофазорные данные блоку SEL-487E, используя последовательный протокол IEEE C37.118.

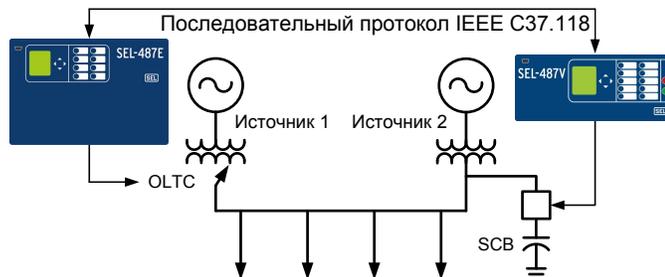


Рисунок 2 Синхрофазорное управление в режиме реального времени с помощью реле SEL-487E и SEL-487V

ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОФАЗОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Чтобы правильно координировать управляющие функции в OLTC и SCB, очень полезно отслеживать амплитуду напряжений и реактивную составляющую потока в OLTC и SCB. Эти показатели предоставляют полезную информацию о состоянии системы и влиянии выполняемых операций управления.

Управление SCB можно осуществлять путем измерения общей реактивной нагрузки в системе (источник реакт. нагрузки 1 + источник реакт. нагрузки 2 = общая реакт. нагрузка в системе) и подключения SCB с известным показателем реактивной нагрузки, когда суммарная индуктивная реактивная составляющая нагрузки превышает номинал SCB. Также контроллер SCB может отслеживать напряжения в системе. Если значительное падение напряжения отмечается одновременно на SCB и на OLTC, контроллер SCB блокирует срабатывание OLTC и подключает SCB для быстрого восстановления системы.

OLTC может использовать синхрофазорные данные, получаемые с SEL-487V в режиме реального времени, для отслеживания фазных напряжений и использования этих данных (совместно с направленными потоками реактивной мощности к источнику 2 или от него) для управления работой OLTC на источнике 1. Это предупреждает появление излишних блуждающих токов между источниками 1 и 2 и в то же время поддерживает идеальный профиль напряжения в системе.