

Защита тиристорных инверторов от повреждений – прогорания шайбы

1. Новый способ защиты тиристорных инверторов с использованием Защитного Импульса (ЗИ)

В Контроллере С5 пятого поколения введен новый способ защиты тиристорных инверторов, который предназначен для их спасения в аварийном режиме. При недостаточном предоставляемом времени выключения t_q тиристорных инверторов происходит самовключение тиристора и срыв коммутаций – “опрокидывание”. В Контроллерах 3-го и 4-го поколений решалась задача максимально быстро обнаружить срыв коммутаций и отключить ТПЧ. Такой способ решает задачу защиты тиристорных инверторов частично, т.к. только ограничивает увеличение аварийного тока, но не предотвращает порчу тиристора при его самовключении. При самовключении ток в тиристоре начинает растекаться по шайбе с отдельной точки, где выделяется повышенная мощность потерь. При частых самовключениях происходит износ шайбы и преждевременный выход тиристора из строя. В Контроллере С5 прямо в момент самовключения подается специальный Защитный Импульс (ЗИ), который приводит к равномерному (штатному) растеканию тока по шайбе.

2. Регистрация срыва коммутаций (“опрокидывание”) инвертора

2.1. Признаком срыва коммутаций является их исчезновение в выходном токе инвертора. Наличие коммутаций определяется по наличию коммутационных провалов в выпрямленном выходном токе инвертора. Коммутационный провал регистрируется путем дифференцирования выпрямленного выходного тока инвертора на аналоговой плате, где формируется выходной логический сигнал, который поступает на плату Логик и выходит на контрольную точку TP1 (CompIL).

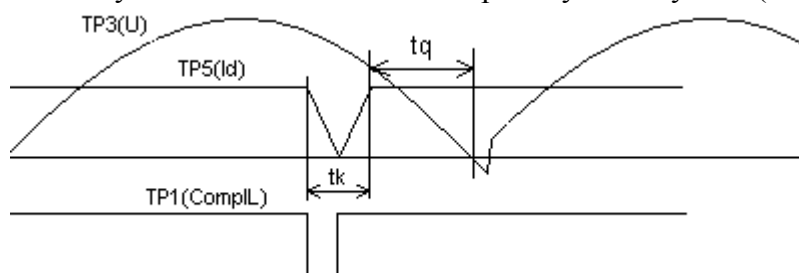


Рис. 1. Осциллограмма сигналов в контрольных точках Аналог TP3 (U), TP5(Id), Логик TP1(CompIL), вид 1

Активный уровень сигнала CompIL логический ноль. В нормальном режиме в сигнале CompIL можно наблюдать одиночный (Рис. 1) или двойной (Рис. 2) импульс нуля (в зависимости от величины выброса обратного тока тиристорных инверторов).

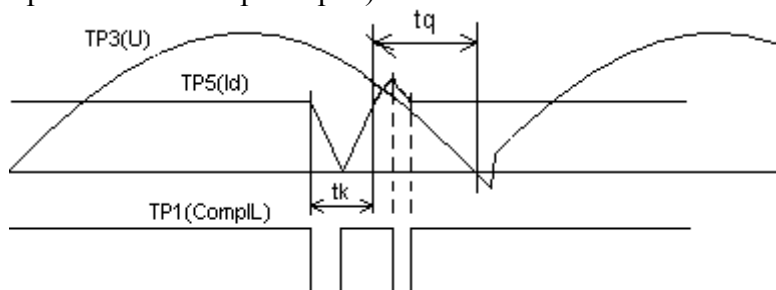


Рис. 2. Осциллограмма сигналов в контрольных точках Аналог TP3 (U), TP5(Id), Логик TP1(CompIL), вид 2

- 2.2. При малой индуктивности линии к нагрузке и при малом токе ТПЧ коммутационный интервал может стать очень узким. Соответственно станет узким импульс в сигнале CompIL. Однако импульс не должен пропасть совсем, иначе сработает канал защиты 1 (“опрокидывание”).
- 2.3. Если в течение полупериода коммутационный провал не наступил, т.е. постоянно $CompIL=1$, то регистрируется авария и срабатывает индикация канала 1. Ложная регистрация аварии (по помехе)

исключена, что можно объяснить следующим образом. Помеха может привести к дополнительному импульсу или сдвинуть рабочий импульс в сигнале CompIL, но не может привести к исчезновению рабочего импульса. Если регистрация произошла во время работы ТПЧ, то это однозначно означает, что произошел реальный срыв инвертирования, варианты ложной регистрации тут исключены.

- 2.4. Косвенное влияние помехи возможно в том случае, когда помеха приводит к реальному срыву инвертирования, который потом будет корректно зарегистрирован. Такой случай может произойти при ложном формировании (по помехе) т.н. Защитного Импульса (ЗИ), который может привести или не привести к срыву инвертирования. Алгоритм формирования ЗИ и алгоритм регистрации срыва инвертирования используют один и тот же входной сигнал CompIL, хотя это два совершенно независимо работающих алгоритма. Различие алгоритмов в том, что первый чувствителен к помехам, второй – нечувствителен. Принцип работы ЗИ, настройка или отключение указаны в пункте 3.2. Отключение ЗИ никак не сказывается на регистрации срыва инвертирования.
- 2.5. Одинокое самовключение тиристора (при недостаточном интервале t_q) не всегда приводит к срыву инвертирования. Если на следующем полупериоде после самовключения интервал t_q достаточен, то произойдет сбой частоты инвертора, но колебания на нагрузке могут восстановиться. Если частота полупериода не превысила установленный предел частоты F_{max} (см. ИЭ С5), то работа ТПЧ продолжится без срабатывания канала защиты 1 (“опрокидывание”). Однако одиночные самовключения тиристоров приводят к сокращению его срока службы, поэтому опасны. Эта опасность устраняется с помощью ЗИ, что описано в пункте 3.2.

3. Установка джемперов на плате Аналог

- 3.1. Джемперы J1..J3 устанавливаются результирующую емкость C4,C5 в зависимости от интервала коммутации t_k инвертора в номинальном режиме:

4.7nF - при $t_k < 15$ мкс замкнут J2

6.8nF - при $t_k = 15..20$ мкс замкнут J1

15nF - при $t_k = 20..45$ мкс замкнут J3

22nF - при $t_k > 45$ мкс замкнуты J1,J3

Интервал коммутации t_k нужно определять по длительности коммутационного провала тока в контрольной точке TP5(Id) или TP10(-IL).

Чем больше результирующая емкость, тем больше чувствительность узла дифференцирования на аналоговой плате DA5A, на вход которого подается сигнал выпрямленного выходного тока (IL), а на выходе логический сигнал CompIL, регистрируемый на штыре TP1 платы Логик – см. Рис. 1 и Рис. 2.

- 3.2. Регулировка чувствительности нужна для своевременного формирования т.н. Защитного Импульса (ЗИ). Чем выше чувствительность, тем раньше формируется ЗИ и повышается эффект защиты, но тем хуже чувствительность к помехам. При недостаточной чувствительности ЗИ может не сформироваться, а при избыточной чувствительности ЗИ может сформироваться ложно (по помехе).

Принцип работы ЗИ заключается в следующем. Если произошло самовключение тиристора (при недостаточном интервале t_q), то в этот же момент на этот тиристор поступит ЗИ, который представляет собой принудительный (дополнительный) импульс управления (Imp5). ЗИ позволяет равномерно растечься току по шайбе тиристора и предотвращает его разрушение (сокращение срока службы). ЗИ выведен на контрольный штырь TP9 (Imp5) на плате Аналог.

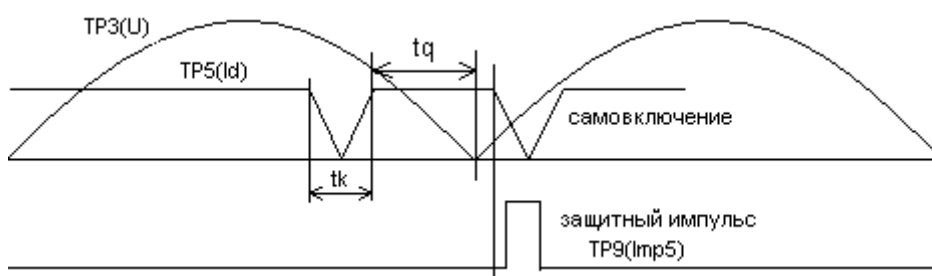
В большинстве случаев допускается максимальная чувствительность ЗИ, даже если интервал коммутации $t_k < 45$ мкс. Однако в условиях сильных помех необходимо установить джемперы согласно фактическому интервалу коммутации, как указано выше. Случай ложного формирования ЗИ может вызывать срыв коммутаций с индикацией канала 1 (“опрокидывание”), а может вызывать только сбой частоты без срыва коммутаций. Во втором случае можно услышать звуки редких характерных ‘щелчков’ при сбое частоты остающегося в работе инвертора. Если запретить ЗИ, передвинув на плате Логик клавишу SW2:6 в положение Off, то срабатывание канала 1 или ‘щелчки’ могут прекратиться. Но это не факт, что ЗИ формируется ложно по помехе. Может быть, имеют

место редкие критичные коммутации инвертора, и ЗИ как раз защищает тиристор от выхода его из строя и преждевременного износа.

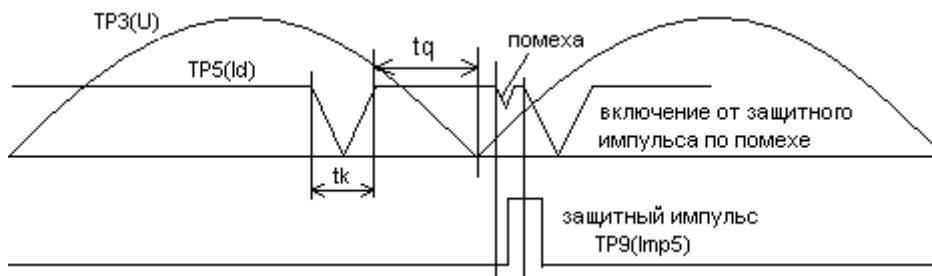
- 3.3. **Запрещается** отключать ЗИ, если в момент его формирования происходит фактическое самовключение тиристора, в том числе в тех случаях, когда самовключение однократное с восстановлением колебаний на следующем периоде и продолжением работы.

Чтобы установить факт самовключения или его отсутствия, нужно синхронизироваться от ЗИ на плате Аналог в точке TP9 (Imp5) и контролировать осциллографом предоставляемое время выключения t_q . Величину интервала t_q можно определить по форме сигналов тока TP5(Id) и напряжения TP3(U) на аналоговой плате и сравнить с паспортным значением для тиристор инвертора.

Но самое главное(!): надо обязательно сравнить момент формирования ЗИ и начало коммутационного провала в токе TP5(Id). Если коммутационный провал начинается на 2...3 мкс раньше (см. Рис. 3), тогда есть факт самовключения. В этом случае ЗИ является следствием самовключения и защищает тиристор: позволяет равномерно растечься току по шайбе и исключить ее прогорание в отдельных точках.



А если наоборот, когда ЗИ начинается на 1...2 мкс раньше начала коммутационного провала, то нет самовключения — коммутационный провал является следствием формирования ложного по помехе ЗИ — см. Рис. 4.



- 3.4. Когда точно установлен факт отсутствия самовключения и все-таки продолжают ложные формирования ЗИ даже при самой малой чувствительности (емкость 4.7nF), то только в этом случае можно выключить ЗИ (клавиша SW2:6=Off) или принять меры общего характера для уменьшения помех.

Источниками помех являются источники высокого синфазного потенциала — внешние длинные линии, выходящие за пределы шкафа, например, связи к дистанционному пульту, обратная связь. Для случая особенно длинных внешних шкафов линий, проложенных вблизи силовых цепей, рекомендуется заключить эти линии в экраны, которые нужно подсоединить к Земле шкафа. Экран не только экранирует от силовых полей, но еще имеет большую емкость связи с находящимися в нем линиями. Поэтому протяженный заземленный экран 'приземлит' высокий синфазный потенциал этих линий. Соответственно уменьшится синфазный потенциал нуля основной схемы Контроллера (GND на Логик TP4 или Аналог TP8), а также помехи во всех сигналах датчиков, что и является конечной целью мероприятий. Нельзя экран подсоединять к нулю Контроллера, т.к. есть опасность, что экран сообщит нулю высокий синфазный потенциал. Поэтому экран должен подсоединяться к Земле шкафа отдельно, и ноль Контроллера — отдельно. (Хотя заземление нуля Контроллера необязательно, и для разветвленного нуля может дать обратный эффект, т.к.

подсоединение автоматически вызывает протекание синфазного тока и как следствие – различие синфазного потенциала в различных ветвях нуля.)

- 3.5. Независимо от отключения ЗИ, защита канала 1 (“опрокидывание”) по-прежнему функционирует, и будет отключать ТПЧ в тех случаях, когда после первого самовключения не восстанавливаются колебания на нагрузке. Однако частые самовключения могут ускорить износ тиристорov и прогорание шайбы в отдельных точках.