

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАЩИТ ОДНОФАЗНОГО МОСТОВОГО ТРАНЗИСТОРНОГО ИНВЕРТОРА

Магазинник Л.Т., Егорова Н.Ю.

Ульяновский государственный

технический университет,

Ульяновск

Автономные однофазные инверторы широко применяются в различных вторичных источниках питания, например, в однофазных плазмотронах, сварочных аппаратах и т.п.

Известны однофазные мостовые транзисторные инверторы, содержащие в силовой части транзисторный мост, шунтированный обратным диодным мостом и подключенный диагональю постоянного тока к источнику питания, а диагональю переменного тока к нагрузке (см. "Transpoket" – Австрия, Каталог 1995-96 г.г., "Castolin GmbH" – Германия, "Kraftzwerk" 1994-96 г.г., "ДС200 А1-Технотрон" – Россия, "Invertex" V-130-S-Lincoln-США). Для уменьшения скорости нарастания тока в аварийных ситуациях между источником питания и транзисторным инвертором обычно включают последовательно дроссель, шунтированный обратным диодом, а параллельно источнику питания включают сглаживающий конденсатор. Инверторы в вышеперечисленных установках содержат также датчики тока нагрузки и датчики потребляемого инвертором тока. Перечисленные датчики обеспечивают срабатывание защиты при токах нагрузки и сквозных токах, превышающих допустимое значение.

Известен сетевой блок (см.свидетельство на полезную модель № 3514, 1995 г.), где в качестве датчика тока, потребляемого инвертором, использован датчик Холла, сигнал с выхода которого приводит к отключению установки, если сумма тока нагрузки и сквозного тока превысит допустимое значение.

В сварочных аппаратах инверторного типа фирмы "Veriverter" (Финляндия) контроль сквозных токов осуществлен параметрическими датчиками индуктивного типа, устанавливаемыми в контролируемых плечах однотактного инвертора. Выходы этих датчиков через систему управления и защиты действуют на отключение установки.

Вышеупомянутые устройства защиты имеют ряд существенных недостатков:

- датчики Холла сложны в калибровке и требуют усиления сигнала, что усложняет устройство;
- известные параметрические индуктивные датчики требуют автономных источников высокой частоты, также усложняющих устройство;
- как генераторные, так и параметрические известные датчики сами по себе не ограничивают ток, а лишь воздействуют на систему управления и защиты, имеющую собственное время срабатывания, что, особенно при высокой крутизне нарастания тока, характерной для сквозных коротких замыканий, не обеспечивает достаточно надежной защиты.

Улучшить действие защиты позволяет исключение постоянной составляющей в первичной цепи нагрузки на любых частотах работы инвертора с помощью включения последовательно с нагрузкой конденсатора [1]. Отсутствие постоянной составляющей по-

вышает эффективность использования однофазной мостовой схемы инвертора с трансформаторной нагрузкой, но тем не менее не обеспечивает превентивной защиты инвертора от сквозных токов короткого замыкания.

Для решения этой задачи предлагается ввести в схему датчик сквозных токов, выполненный в виде четырехобмоточного насыщающегося трансформатора с тремя одинаковыми первичными и одной вторичной обмотками. Первичные обмотки работают попарно, включены бифилярно с общим нулевым импедансом. Силовая часть инвертора содержит однофазный мостовой транзисторный инвертор шунтированный обратными диодами.

Известно, что при сбоях в системе управления, увеличении времени запирающих транзисторов из-за, например, нагрева, недостаточной паузы при переключении диагональных транзисторов моста и других причин может произойти сквозное короткое замыкание через последовательно включенные транзисторы в двух или сразу в четырех плечах [2]. Эта авария является наиболее тяжелой, так как ток замыкается, минуя нагрузку. Для уменьшения скорости нарастания

сквозного тока $\frac{di}{dt}$ последовательно в цепь источника

питания включают дроссель, шунтированный обратным диодом. Однако, существенное уменьшение $\frac{di}{dt}$

отрицательно сказывается на динамике устройства, увеличиваются также габариты упомянутого дроссе-

ля. В то же время, при больших $\frac{di}{dt}$ ток аварийного

отключения может достичь недопустимой величины, так как в известных устройствах защита приходит в действие уже после достижения током предельно допустимой величины и запаздывает на собственное время срабатывания.

В схеме с четырехобмоточным трансформатором команда на отключение происходит при практически нулевом сквозном токе, т.е. превентивно, а сигнал отключения, т.е. напряжение вторичной обмотки, определяется лишь коэффициентом трансформации и не требует усиления.

Габариты четырехобмоточного насыщающегося трансформатора в долях от габаритов силового трансформатора нагрузки составляют примерно $t/0,5T$, где t – время восстановления запирающих свойств транзисторов инвертора, а T – период напряжения инвертора.

Например, при $t = 1$ мкс и частоте 50 кГц $t/0,5T = 0,1$. При меньших t четырехобмоточный насыщающийся трансформатор будет еще меньше.

Таким образом, при незначительных затратах предложенная в [2] схема значительно повышает надежность однофазного мостового транзисторного инвертора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магазинник Л.Т., Шингаров В.П. Совершенствование защиты мостовых транзисторных инверто-

ров. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», № 10, 1998.

2. Магазинник Л.Т., Сторожик В.Г., Магазинник Г.Г. Однофазный мостовой транзисторный инвертор. Патент № 2168825, Б.И. № 16 от 10.06.2001.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ С КОММУТИРУЮЩИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АСИНХРОННОЙ НАГРУЗКИ

Магазинник Л.Т., Магазинник Л.М.

*Ульяновский государственный
технический университет,*

Ульяновск

Регулируемые преобразователи частоты, как непосредственные (НПЧ), так и со звеном постоянного тока и автономным инвертором напряжения (ПЧ с АИН) или тока (ПЧ с АИТ) получили широчайшее распространение в электроприводе и электротехнологии.

В [1] предложен ПЧ, силовая схема которого практически идентична трехфазной мостовой схеме ПЧ с АИТ, но как и в НПЧ, коммутация тиристорных инвертора сетевая (естественная) и есть двухсторонняя связь между нагрузкой и сетью, то есть возможен режим рекуперации энергии в сеть, а частотный диапазон примерно такой же, как и в «классическом» НПЧ.

Таким образом, очевидные преимущества предлагаемого ПЧ заключаются в простоте его силовой схемы: два тиристорных моста вместо шести в «классическом» НПЧ аналогичной пульсности.

Однако очевидны и недостатки: как у всех ПЧ со звеном постоянного тока имеет место двойное преобразование энергии (что, учитывая малые потери в тиристорах, не столь существенно), а главное, в цепь питания выпрямителя вводятся три однофазных насыщающихся трансформатора.

Следовательно, решение вопроса о конкурентности ПЧ по сравнению с обычным НПЧ возможно лишь с учетом основных параметров упомянутых коммутирующих трансформаторов, рассчитанных для конкретных нагрузок.

В [1] описаны коммутационные процессы в ПЧ со звеном постоянного тока и сетевой коммутацией, изложена методика расчета основных параметров коммутирующих трансформаторов и определены эти параметры применительно к использованию в качестве нагрузки асинхронных короткозамкнутых двигателей серии «4А», 380 В.

При анализе коммутационных процессов приняты следующие допущения:

1. Индуктивность дросселя в цепи выпрямленного тока $L_d \rightarrow \infty$, а значит и ток в межкоммутационном интервале неизменен.

2. Коммутирующие трансформаторы имеют сердечники с «идеальной» прямоугольной петлей гистерезиса.

Анализ коммутационных процессов показал, что коммутирующие трансформаторы должны быть рас-

считаны на время насыщения большее, чем время коммутации инвертора при максимальной нагрузке.

В электрических градусах указанный временной интервал, то есть угол коммутации γ , определяется из известного трансцендентного уравнения [2]:

$$I = \frac{U_k}{X_\Sigma} [\cos a - \cos(a + \gamma)] \quad (1)$$

где I – ток нагрузки; X_Σ – суммарный реактанс контура коммутации; U_k – амплитуда коммутирующего напряжения:

$$U_k = \frac{U_{\text{лм}}}{K_{\text{ТР}}} \quad (2)$$

($U_{\text{лм}}$ – амплитуда линейного напряжения питающей сети; $K_{\text{ТР}}$ – понижающий коэффициент трансформации).

Важнейший параметр коммутирующих трансформаторов – произведение сечения сердечника S на число витков первичной обмотки W_1 – можно оценить по отношению интегралов:

$$(SW_1)^* \approx \frac{\int_a^{a+\gamma} \sin wt \cdot dt}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin wt \cdot dt} = \frac{1}{2} \int_a^{a+\gamma} \sin wt \cdot dt \quad (3)$$

где $(SW_1)^*$ – относительное значение вольтсекундного интеграла на коммутирующем трансформаторе по отношению к вольтсекундному интегралу сетевого напряжения за один полупериод.

При заданном токе нагрузки приращение магнитного потока $d\Phi$ за время коммутации постоянно и не зависит от a , что позволяет определить $(SW_1)^*$ для любого частного значения a .

Действительно, при $a = 0$ выражение (3) с учетом (1) дает:

$$(SW_1)^* = \frac{1}{2} \int_0^{\arccos(1-A)} \sin wt \cdot dt = \frac{A}{2}, \quad (4)$$

а при $a = \pi/2$

$$(SW_1)^* = \frac{1}{2} \int_{\pi/2}^{\arccos \sqrt{1-A^2}} \sin wt \cdot dt = \frac{A}{2}, \quad (5)$$

$$\text{где } A = (I_n \cdot K_T \cdot 2X_a \cdot K_{\text{ТР}}) : U_{\text{лм}} \quad (6)$$

(I_n – номинальный ток нагрузки; K_T – коэффициент перегрузки по току; X_a – суммарный реактанс одной фазы в контуре коммутации).

Реактансом рассеяния коммутирующего трансформатора можно пренебречь, так как он значительно меньше реактансов фаз двигателей (нагрузки).

В этом случае при известном реактансе нагрузки выражения (5) и (6) позволяют легко рассчитать вольтсекундный интеграл $(SW_1)^*$.

Например, для асинхронных короткозамкнутых двигателей серии «4А», 380 В во всем диапазоне мощностей до 315 кВт расчеты дают следующие результаты: