

вателя частоты (НПЧ), однако "классический" НПЧ содержит три комплекта реверсивных трехфазных мостов, то есть втрое больше, чем в описанной схеме, что говорит о её беспорных преимуществах.

Более того, описанный принцип коммутации инвертора в составе ПЧ со звеном постоянного тока может быть с успехом применен для "надсинхронных" вентиляльных каскадов, где этот принцип легко решает основную проблему: переход через синхронную скорость.

Действительно, в зоне скольжений, близких к нулю, ЭДС ротора асинхронного двигателя становится недостаточной для естественной коммутации роторного выпрямителя. Требуется принудительная коммутация, которая может быть осуществлена частичным отбором энергии коммутации ведомого ветвью инвертора в соответствии с описанным выше алгоритмом и схемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Магазинник Л.Т. Новый способ коммутации инвертора в преобразователях частоты для питания // Изв. вузов. Электромеханика, № 5. 2004.

Работа представлена на научную международную конференцию «Технологии 2007», г. Кемер (Турция), 21-28 мая 2007 г. Поступила в редакцию 28.05.2007.

ПРЕВЕНТИВНАЯ ЗАЩИТА СВАРОЧНЫХ ИНВЕРТОРОВ

Магазинник Л.Т., Евстифеев И.В.

*Ульяновский государственный технический университет
Ульяновск, Россия*

Однофазные полумостовые инверторы нашли широкое применение в различных вторичных источниках питания, в частности, их применяют в некоторых модификациях сварочных трансформаторов инверторного типа.

Известные схемы таких инверторов содержат в силовой части полумост в виде двух последовательно соединенных транзисторов и двух обратных диодов. Вторая половина моста образована двумя последовательно соединенными конденсаторами, а в диагональ переменного тока моста включена нагрузка.

Диагональ постоянного тока моста подключена к источнику питания через дроссель, шунтированный обратным диодом. Достоинством полумостового инвертора является простота схемы, а также отсутствие постоянной составляющей в диагонали нагрузки, что и позволяет эффективно использовать полумостовой инвертор для трансформаторной нагрузки. Дроссель с обратным диодом является типовым узлом известных инверторов и обеспечивает уменьшение

крутизны нарастания тока транзисторов, что особенно важно при сквозных коротких замыканиях инвертора, то есть при одновременном отпирании транзисторов.

Дроссель, уменьшая крутизну нарастания тока, одновременно уменьшает и полосу пропускания частот инвертора и потому его индуктивность должна быть небольшой, что, в свою очередь, снижает надежность защиты инвертора при сквозных коротких замыканиях. Для устранения этого недостатка в силовую схему предлагается вместо дросселя с обратным диодом ввести дополнительно четырехобмоточный трансформатор с тремя одинаковыми первичными обмотками и одной вторичной обмоткой, соединенной с одним из входов типовой системы управления, причем одна первичная обмотка упомянутого трансформатора включена между одним из полюсов источника питания и одноименным полюсом диагонали постоянного тока моста, а две другие первичные обмотки соединены между собой согласно, но встречно по отношению к первой обмотке [1].

В рабочем режиме инвертора дополнительный трансформатор не вносит реактанс в контур нагрузки, и максимальная частота инвертора ограничена лишь параметрами транзисторов. Поскольку магнитный поток дополнительного трансформатора равен в рабочем режиме инвертора нулю, напряжение на его вторичной обмотке тоже нулевое.

При одновременном открытии транзисторов из-за неисправности в системе управления или, например, из-за увеличения времени восстановления запирающих свойств при разогреве транзистора или по каким-либо иным причинам, происходит сквозное короткое замыкание, и ток проходит, минуя нагрузку (полностью или частично), через все три первичные обмотки дополнительного трансформатора. Возникает нескомпенсированный магнитный поток, появляется напряжение на вторичной обмотке трансформатора. При этом сквозной ток, пока трансформатор не насыщен, равен току намагничивания, т.е. ничтожно мал и не опасен для транзисторов.

Таким образом, защита от сквозных коротких замыканий действует превентивно, т.е. не дает возрасти току на время насыщения дополнительного трансформатора до опасных величин. Это время может быть выбрано при расчете дополнительного трансформатора большим, чем время срабатывания защиты на отключение сигнала с вторичной обмотки. Более того, отпадает необходимость завышать запас по времени восстановления запирающих свойств транзисторов, так как при кратковременном «перекрытии» сквозной ток ничтожен, а кратковременные импульсы на выходе вторичной обмотки можно блокировать селектором длительности, не отключая инвертор. Относительную установленную мощность трансформатора по отношению к сило-

вому трансформатору, т.е. к нагрузке, можно приближенно оценить из следующих соображений: время выключения и восстановления запирающих свойств у современных силовых транзисторов, например, типа IGBT серии IRG4 не превышает 0,5-0,6 мкс. Примем время насыщения трансформатора с двойным запасом $t_1 = 1, 2$ мкс. В рабочем режиме инвертора потери в железе трансформатора вообще отсутствуют, поэтому его сердечник может быть выполнен на магнитомягком железе с индукцией в (3-5) раз больше, чем индукция сердечника силового трансформатора, выполняемого обычно на феррите. Тогда для частоты 50 кГц

$$\frac{P_1^*}{P_2} \approx \frac{(B_2 \cdot t_1)}{B_1 \cdot t_2} = \frac{(0,2 \div 0,4) \cdot 1,2}{(1 \div 1,5) \cdot 10}, \quad (1)$$

где P_1^* – относительная установленная мощность дополнительного трансформатора, P_2^* – мощность силового трансформатора, B_1 – индукция сердечника силового трансформатора, t_2 – полупериод при частоте 50 кГц, t_1 – время насыщения сердечника дополнительного трансформатора, B_2 – индукция в сердечнике дополнительного трансформатора.

Из расчета по (1) $P_1^* / P_2^* = 0,024 \div 0,032$.

Масса силового трансформатора, при частоте (50 ÷ 100) кГц (0,5 ÷ 0,7) кг/кВт, откуда очевидно, что массо-габаритные показатели введенного в устройство дополнительного трансформатора ничтожно малы, масса не превышает 0,07 кг. Заметим, что масса исключенных из устройства дросселя и обратного диода значительно больше.

Таким образом, построение превентивной защиты от сквозных коротких замыканий транзисторов позволило значительно повысить надежность инвертора в целом, расширить полосу пропускания частот инвертора и использовать для электронных сварочных аппаратов наиболее эффективную полумостовую схему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Патент РФ № 2291550. однофазный полумостовой инвертор. Оpubл. 10.01.2007. Бюл. № 1. Авторы: Магазинник Л.Т., Магазинник Г.Г.

Работа представлена на научную международную конференцию «Наука, технологии, инновации», Сейшелы, 10-17 мая 2007 г. Поступила в редакцию 28.05.2007.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ОДНОФАЗНЫХ НАГРУЗОК

Магазинник Л.Т.

Ульяновский государственный технический университет
Ульяновск, Россия

Преобразователи частоты средней и большой мощности выполняются обычно на тиристорах и имеют две разновидности: непосредственные преобразователи и преобразователи со звеном постоянного тока.

Достоинство непосредственных преобразователей частоты – возможность естественной коммутации тиристором. Недостатки: сложность силовой схемы и небольшой частотный диапазон. Расширить частотный диапазон удастся применением искусственной коммутации, но искусственная коммутация существенно усложняет непосредственный преобразователь частоты.

Преобразователи со звеном постоянного тока имеют широкий частотный диапазон и более простую силовую схему, содержащую обычно выпрямитель в виде «m»-фазного тиристорного моста, инвертор в виде такого же «m»-фазного или однофазного моста, сглаживающий дроссель и цепи возврата реактивной мощности в виде обратного диодного моста и конденсатора, включенных параллельно выходу выпрямителя.

Однако преобразователи со звеном постоянного тока требуют искусственной коммутации инвертора, либо выполнения его на запираемых ключах (транзисторах или двухоперационных тиристорах). Искусственная коммутация усложняет схему, а применение силовых транзисторов лимитирует мощность преобразователя. Двухоперационные тиристоры сравнительно дороги, потери в них существенно выше, чем в однооперационных, а схемы управления сложнее.

Известен преобразователь частоты со звеном постоянного тока, в котором коммутация инвертора осуществлена частичным отбором энергии из контура коммутации выпрямителя с помощью введения в схему однофазных насыщающихся трансформаторов по числу фаз питающей сети [1].

К недостаткам этого преобразователя и других известных схем преобразователей частоты на тиристорах без искусственной коммутации относится то, что максимальная частота на выходе этих устройств не превосходит частоты питающей сети, что ограничивает функциональные возможности преобразователя частоты.

Максимальная частота f_2 на выходе инвертора [1] равна частоте f_1 питающей сети, а весь спектр выходных частот определяется из выражения:

$$f_2 = f_1 / mk + 1 \quad (1)$$

где m – пульсность выпрямителя, $k = 0, 1, 2, \dots$