

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В.В. Алмазов, Л.Н. Кирьян, А.А. Мушлян

*В статье предложены функциональные схемы преобразователей частоты с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками с промежуточным звеном постоянного тока, выполненного с использованием резонансного инвертора, и непосредственного преобразователя частоты, выполненного на реверсивном выпрямителе.*

*Ключевые слова: автономная система электроснабжения, преобразователь частоты, резонансный инвертор, трансформатор с вращающимся магнитным полем, реверсивные выпрямитель.*

Как известно, ПЧ называется электротехническое устройство, преобразующее электроэнергию переменного тока одной частоты в электроэнергию переменного тока другой частоты.

В автономных системах электроснабжения (АСЭ) нашли применение два типа преобразователей частоты (ПЧ) с промежуточным звеном постоянного тока и непосредственные преобразователи частоты (НПЧ), выполненные на базе силовых полупроводниковых приборов. Такие преобразователи, в сравнении с электромашинными, имеют улучшенные эксплуатационно-технические характеристики [1].

ПЧ могут применяться как для повышения, так и для понижения частоты тока генерируемого автономным источником электроэнергии. И в первом и во втором случаях они способны выполнять две функции: стабилизировать напряжение и частоту тока. Кроме того, эти две функции система управления ПЧ выполняет независимо друг от друга [1].

Преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока за счет двойного преобразования электроэнергии (преобразуют переменный ток в постоянный, а затем преобразуют постоянный в переменный ток, требуемой частоты) имеют низкие значения КПД, повышенную массу и габариты в сравнении с НПЧ.

НПЧ осуществляют непосредственную связь питающей сети и цепей нагрузки и в свою очередь подразделяются на НПЧ с естественной коммутацией тиристоров (под воздействием напряжения питающей сети) и НПЧ с искусственной (принудительной) коммутацией тиристоров.

НПЧ состоят главным образом из статических ключей, соединяющих входные и выходные выводы. Управление ключами произ-

водится таким образом, чтобы из отрезков кривой входного напряжения составляется кривая выходного напряжения с желаемой основной гармоникой.

НПЧ, в сравнении с преобразователем с промежуточным звеном постоянного тока, кроме того, имеют следующие преимущества: высокая надежность работы и перегрузочная способность; обладают возможностью независимого плавного регулирования частоты и напряжения, высоким быстродействием, малым временем переходных процессов и обладают способностью пропускать энергию в обоих направлениях.

Однако, основными недостатками двух типов ПЧ являются высокий уровень электромагнитных помех, создаваемых силовыми полупроводниковыми ключами, которые могут приводить к сбоям в работе собственных систем стабилизации параметров электроэнергии и защиты, а также относительно низкие показатели надежности и КПД.

Одно из направлений, позволяющее уменьшить уровень электромагнитных помех и улучшить показатели надежности и КПД ПЧ является уменьшение силовых полупроводниковых приборов. Это может быть достигнуто за счет принципиально новых подходов в структурных решениях таких преобразователей.

Одним из перспективных направлений решения задачи уменьшения уровня электромагнитных помех, а также улучшения технических характеристик ПЧ может быть решено за счет применения в их составе трансформаторов с вращающимся магнитным полем (ТВМП) [2].

В статье предлагаются новые технические решения ПЧ с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками, выполненные на базе резонансных инверторов,

трансформаторов с вращающимся магнитным полем и реверсивных выпрямителей.

На рисунке 1 представлена принципиальная электрическая схема трехфазного преобразователя частоты с промежуточным звеном постоянного тока, где трехфазная система напряжений получается за счет применения однофазно-трехфазного ТВМП. Преобразователь содержит трехфазную мостовую схему неуправляемого выпрямителя *В*, резонансный инвертор *И*, выполненный на транзисторах  $VT_1$  и  $VT_2$ , конденсатор инвертора  $C_1$ , систему управления инвертором *СУ*, однофазно-трехфазный трансформатор с вращающимся магнитным полем *ТВМП*, содержит две первичные обмотки  $W_{11}$  и  $W_{12}$ , фазосдвигающий конденсатор  $C_2$  и три вторичные обмотки  $W_{21} - W_{23}$ . На рисунке 1 показаны выводы  $A_1, B_1$  и  $C_1$  для подключения источника напряжения с частотой  $f_1$  и выводы  $A_2, B_2$  и  $C_2$  для подключения нагрузки с частотой напряжения  $f_2$ .

Преобразователь частоты работает следующим образом.

Трехфазное напряжение источника электроэнергии повышенной частоты  $f_1$  выпрямителем *В* преобразуется в напряжение постоянного тока, которое затем поступает на вход резонансного инвертора *И*. Инвертор *И* преобразует постоянный ток в переменный следующим образом. К примеру, в исходном состоянии конденсатор инвертора  $C_1$  разряжен. Для формирования положительной полуволны напряжения в первичных обмотках  $W_{11}$  и  $W_{12}$  трансформатора с вращающимся магнитным полем *ТВМП* система управления инвертором *СУ* подает управляющие импуль-

сы на транзистор  $VT_1$ , он открывается, и конденсатор инвертора  $C_1$  начинает заряжаться таким образом, что его выводы будут иметь потенциалы, указанные знаками на рисунке 1.

Ток заряда конденсатора инвертора  $C_1$  будет протекать через первичные обмотки  $W_{11}$  и  $W_{12}$  трансформатора с вращающимся магнитным полем *ТВМП* и фазосдвигающий конденсатор  $C_2$ . Для формирования отрицательной полуволны напряжения в первичных обмотках трансформатора система управления инвертором *СУ* закрывает транзистор  $VT_1$  и открывает транзистор  $VT_2$ . В этом случае конденсатор резонансного инвертора *И* является источником питания для нагрузки, и его ток разряда будет протекать по первичным обмоткам трансформатора *ТВМП* и фазосдвигающий конденсатор  $C_2$  в обратном направлении. Таким образом, по первичным обмоткам  $W_{11}$  и  $W_{12}$  трансформатора протекает переменный ток, что приводит к появлению переменного магнитного потока в тороидальной части магнитопровода трансформатора. Поскольку первая  $W_{11}$  и вторая  $W_{12}$  первичные обмотки трансформатора смещены в пространстве одна относительно другой на угол  $90^\circ$  и подключены между собой через фазосдвигающий конденсатор  $C_2$ , то в магнитопроводе трансформатора образуется вращающееся магнитное поле, вызывающее действие ЭДС во вторичных обмотках. Вторичные обмотки  $W_{21} - W_{23}$  трансформатора сдвинуты одна относительно другой на угол  $120^\circ$ , поэтому на выводах  $A_2, B_2$  и  $C_2$  преобразователя формируется симметричная трехфазная система напряжений переменного тока [2].

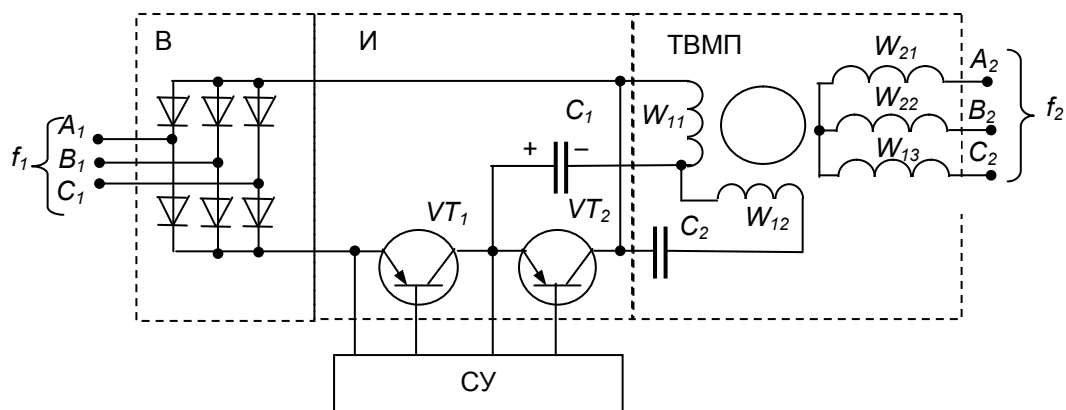


Рисунок 1 – Функциональная схема преобразователя частоты с промежуточным звеном постоянного тока, выполненного на резонансном инверторе и однофазно-трехфазном трансформаторе с вращающимся магнитным полем