

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНВАРИАНТНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СТЕНДОВ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

В. С. ЗАХАРЕНКО, И. В. ДОРОЩЕНКО

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

В данной работе рассматривается современное состояние и перспективы развития инвариантных электромеханических стендов с рекуперацией энергии.

Цель работы

Целью данной работы является анализ современного состояния и перспектив развития инвариантных электромеханических стендов с рекуперацией энергии.

Общие положения

Современные стенды для испытания трансмиссий и двигателей внутреннего сгорания должны обеспечивать инвариантность скорости и момента относительно друг друга при больших диапазонах регулирования. Современные стенды должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к управляемости, энергосбережению и ресурсосбережению. После анализа ряда стендов представим те, которые наиболее полно удовлетворяют заданным требованиям.

Если нагружающее устройство (НУ) создается на базе электромашинного генератора, то затруднительно использование генератора постоянного тока, так как необходима сеть постоянного тока, либо дополнительная пара электрических машин: двигатель постоянного тока (ДПТ) и генератор переменного тока для согласования с сетью рода тока. Управление допустимо только по цепи возбуждения, что сказывается на быстродействии. При построении на базе электрической машины (ЭМ) переменного тока возникают проблемы с регулированием момента. Анализ синхронных машин показывает, что для синхронной машины возможно изменение момента путем поворота статора, применения специальных машин – фазорегулятора или машины продольно-поперечного возбуждения (имеет две взаимно перпендикулярные обмотки возбуждения) либо введением дополнительной пары ЭМ постоянного тока – генератора и двигателя [1]. При использовании асинхронной ЭМ ситуация аналогична, и управление возможно при введении дополнительной пары ЭМ постоянного тока или введением сопротивлений в цепь ротора. Кроме случаев регулирования при применении специальной синхронной ЭМ или поворотом статора возрастает количество ЭМ в НУ и, следовательно, возрастают потери электроэнергии и снижается экономичность стенда. Автоматическое управление возможно только в двух случаях: использование пары машин постоянного тока или фазорегулятора. При отсутствии промежуточной передачи электроэнергии на постоянном токе накладываются ограничения на частоту вращения: для синхронной ЭМ возможны испытания только при синхронной скорости, для асинхронной – при скорости, выше синхронной (для генератора).

При использовании для рекуперации энергии неуправляемого преобразователя наиболее удобно строить НУ на основе генератора постоянного тока. В этом случае

автоматическое регулирование момента осуществляется по цепи возбуждения при питании якорной цепи от источника тока [1].

Для случая построения НУ на основе генератора с управляемым преобразователем характерна наилучшая управляемость. При использовании постоянного тока используется тиристорный преобразователь в инверторном режиме (рис. 1, а). Управление производится по каналу якоря при постоянном потоке. Применение ЭМ переменного тока (рис. 1, б) требует более дорогого инвертора или преобразователя частоты [1].

Для реализации НУ с использованием машины двойного питания требуется два преобразователя, что сильно увеличивает стоимость стенда.

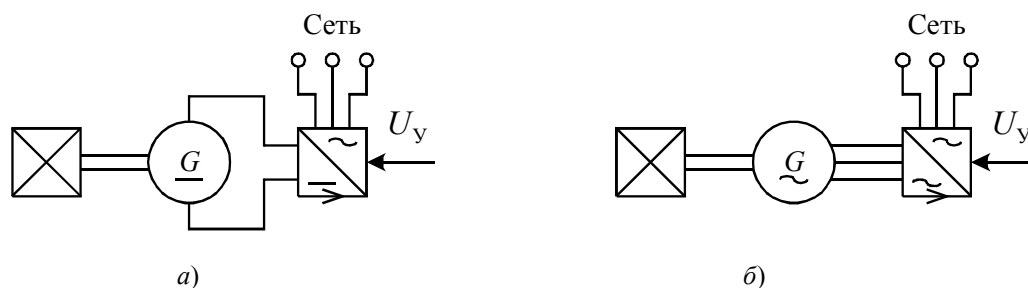


Рис. 1. Обобщенные схемы нагружающих устройств по принципу «генератор – управляемый преобразователь»: а – на основе генератора постоянного тока и тиристорного преобразователя в инверторном режиме; б – на основе генератора переменного тока и двухквadrантного преобразователя частоты; U_y – напряжение управления инвертором для регулирования момента нагрузки

При использовании вентильного двигателя также необходим дорогостоящий преобразователь частоты.

В отличие от системы «электромашинный генератор», НУ на основе системы «генератор – управляемый преобразователь», машины двойного питания, вентильного двигателя реализуются всегда на одной ЭМ и позволяют повысить экономичность и осуществлять более точное регулирование, в том числе, автоматическое.

Широко применяется в практике создания испытательных стендов принцип взаимной нагрузки ЭМ [1]. При данном способе энергия из НУ рекуперирована в привод, а не в сеть, что позволяет исключить преобразователь, согласующий параметры электроэнергии генератора с параметрами электроэнергии сети. Метод взаимной нагрузки возможен в том случае, когда привод – электромеханический и в приводе и НУ используются электрические машины одного рода тока. Данный подход к реализации НУ предполагает электрическое соединение двух ЭМ, соединенных механически непосредственно или через испытываемую трансмиссию. Одна из этих машин работает в двигательном режиме, вторая – в генераторном. Восполнение потерь в ИС возможно электрическим или механическим путем [1]. В первом случае каскад машин подключен к одному преобразователю (рис. 2, а и 2, б), а во втором для вращения системы ЭМ и трансмиссии используется отдельный электродвигатель (рис. 2, в и 2, г).

Первый вариант наиболее экономичен, так как в состав силовой части стенда входит один преобразователь и две ЭМ. При применении ЭМ постоянного тока скорость регулируется напряжением тиристорного преобразователя, а момент нагрузки – возбуждением ЭМ, работающей в генераторном режиме. При применении ЭМ переменного тока возникают проблемы с регулированием момента. Для синхронных машин возможно регулирование момента путем поворота статора генератора или при применении фазорегулятора [1]. Применение асинхронной ЭМ в качестве генератора нежелательно, так как из сети потребляется значительная реактивная мощность и регулирование момента возможно только введением добавочного сопротивления в цепь ротора.

При восполнении потерь механическим путем частота вращения задается приводным двигателем, в качестве которого можно применять любую ЭМ. При использовании машин

постоянного тока регулирование момента возможно управлением возбуждения обеих машин. Для случая использования машин переменного тока возникают те же проблемы с регулированием момента, что и для других принципов построения НУ с ЭМ переменного тока.

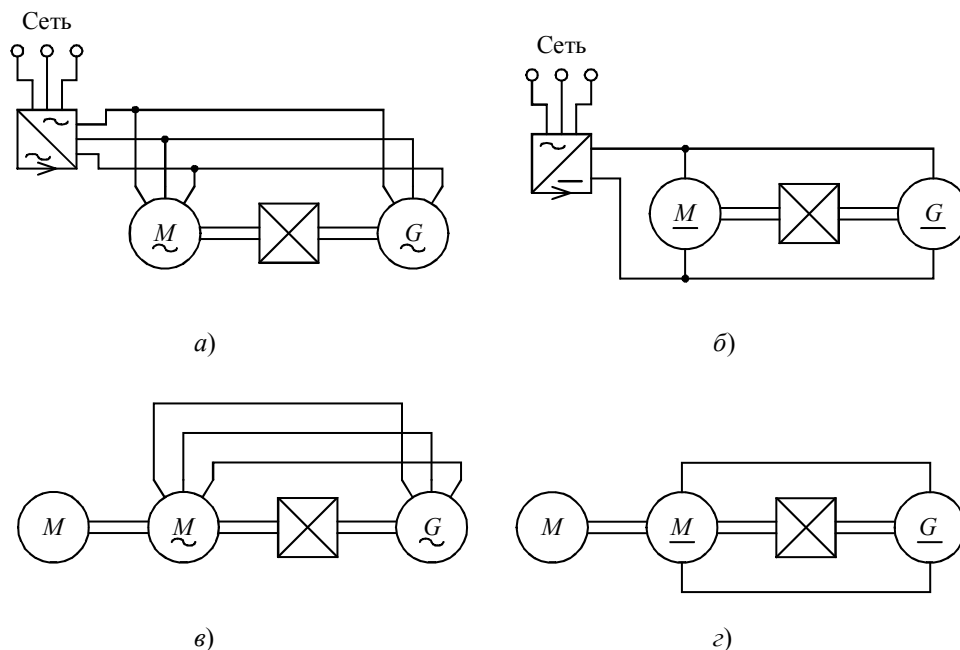


Рис. 2. Схемы стендов по принципу взаимной нагрузки: а, б – с электрическим восполнением потерь; в, г – с механическим восполнением потерь

В традиционных схемах асинхронно-вентильного каскада (АВК) используется нерегулируемый мостовой выпрямитель, подключенный к обмоткам ротора асинхронного двигателя, и регулируемый инвертор [2]. Принципиальная схема представлена на рис. 3 и включает в себя асинхронную машину, работающую в генераторном режиме (G), вентильный преобразователь (UZ, UF), согласующий трансформатор (T).

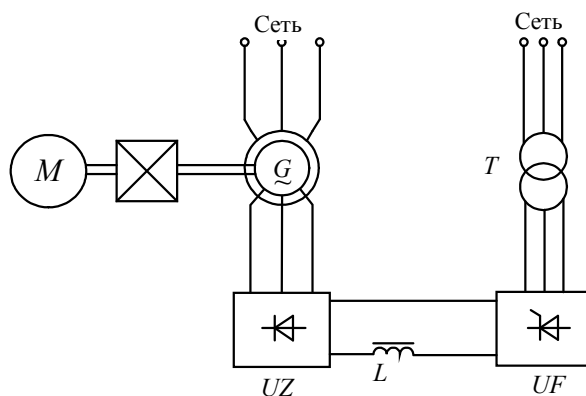


Рис. 3. Принципиальная схема асинхронно-вентильного нагружающего устройства

Недостатком таких систем является ограничение минимального значения частоты вращения испытуемой машины (M) значением синхронной частоты вращения асинхронного генератора (G). Диапазон рабочих частот вращения данного стенда не достаточно широкий от 50 % скорости испытуемой машины до ее номинального значения. Свободным от данного недостатка является НУ на базе АВК с блоком динамического рекуперативного торможения.

В дальнейшем будут возрастать требования к стендам по энергосбережению. Как видно из приведенного выше обзора принципов построения испытательных стендов

наибольшее энергосбережение обеспечивают стенды, построенные на принципе взаимной нагрузки ЭМ, а также на базе асинхронной машины с фазным ротором построенные по схеме АВК.

За последние годы увеличивается тенденция к комплексной автоматизации испытаний, в частности, на базе персональных компьютеров. В связи с этим растут требования к испытательным стендам по их управляемости и возможности автоматического регулирования скорости инвариантно моменту и момента инвариантно скорости.

Литература

1. Захаренко, В. С. Инвариантный электромеханический стенд с рекуперацией энергии для испытания механических трансмиссий: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / В. С. Захаренко. – Гомель, 2000. – 123 с.
2. Мещеряков, В. Н. Асинхронный вентиляльный каскад с улучшенными энергетическими показателями / В. Н. Мещеряков // Электрооборудование пром. установок; Нижегород. гос. техн. ун-т. – Нижний Новгород, 1995. – С. 109–111.
3. Устройство для управления системой нагружения испытательного стенда: пат. 5370 ВУ, МПК7 Н02Р 5/00, Н04R 29/00 / В. И. Луковников, С. И. Захаренко, В. А. Савельев. – № 19990246; заявл. 17.03.99; опубл. 30.09.03 // Афіцыйны бюл. / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 2003. – № 3. – С. 50.
4. Устройство для управления системой нагружения испытательного стенда: пат. 5694 ВУ, МПК7 Н02Р 5/00, Н04R 29/00. / В. И. Луковников, С. И. Захаренко, В. А. Савельев. – № 19990325; заявл. 06.04.99; опубл. 30.12. 03 // Афіцыйны бюл. / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 2003. – № 4.

Получено 31.08.2007 г.