

Как видно на рис. 7, а, на угольном слое присутствует напряженность, и чем глубже от токосъемника, тем меньше эта напряженность, что сходится с данными о свойствах двойного электрического слоя.

Далее интересен участок «ионная жидкость – подложка – сепаратор – подложка – ионная жидкость», показанный на рис. 7, б. На этом участке процессы аналогичны процессам на плоском электролитическом конденсаторе, однако на краях подложек не наблюдается таких сильных завихрений, как у оксидной пленки.

Дальнейшие расчеты и моделирование позволят выявить особенности проектирования суперконденсатора, а также то, как различные материалы с разным показателем проницаемости и диэлектрической проводимости скажутся на работе суперконденсатора.

Дальнейшие наработки в этой области планируется использовать как для проектирования, так и для производства опытных образцов на базе ГГТУ им. Сухого и дальнейшей работы над ними для выявления правильности и корректности работы математической модели.

На кафедре «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого были проведены эксперименты с различными методами изготовления суперконденсаторов и различными материалами для их изготовления. Были получены благоприятные результаты, что говорит о необходимости дальнейших углубленных исследований в этой области с последующей систематизацией результатов.

Литература

1. Иванов, А. М. Молекулярные накопители электрической энергии на основе двойного электрического слоя / А. М. Иванов, А. Ф. Герасимов // *Электричество*. – 1991. – № 8. – С. 16–19.
2. Конденсатор с двойным электрическим слоем : пат. 2041518 Рос. Федерация / Богницкий И. Я., Герасимов А. Ф., Ефимов С. Е., Иванов А. М., Фомин А. В., Чижевский С. В. // *Бюл. изобретений ком. Рос. Федерации по пат. и товарным знакам*, 1995.
3. Электрохимический суперконденсатор с электролитом на основе ионной жидкости // М. Ю. Измайлова [и др.] // *Электрохимия*. – 2009. – Т. 405, № 8.
4. Гурьянов, В. В. Прогнозирование параметров микропористой структуры и адсорбционных свойств активных углей / В. В. Гурьянов, Г. А. Петухова, Н. С. Поляков // *Изв. акад. наук, Сер. хим.* – 2001.
5. Denshchikov, K. Problems of quality and reliability of stacked supercapacitors / K. Denshchikov, A. Gerasimov // *3rd European Symposium on Supercapacitors and Applications, Roma, Italy, Nov. 6–7, 2008*.

УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

В. Д. Салтыков, М. С. Герасюкевич

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

Научный руководитель М. Н. Погуляев

В настоящее время повсеместно внедряются энергосберегающие технологии, начиная от бытовой сферы жизни и заканчивая промышленностью. Это связано с тем, что одним из важнейших приоритетов развития человечества является переход к ресурсосберегающей и экологически чистой энергетике. Такая тенденция сопровождается модернизацией предприятий с использованием современного оборудования с низким классом энергопотребления. Также пересматриваются и технологиче-

ские процессы на возможность оптимизации по энергопотреблению.

Однако по сей день остается неэффективным процесс испытания двигателей постоянного тока под нагрузкой. В том числе и тяговых двигателей [1]. Суть этого процесса заключается в том, что вал испытываемого двигателя механически соединяется с валом синхронного генератора или же двигателя постоянного тока, работающего в режиме генератора. Затем подопытный двигатель запускается, а момент сопротивления на его валу достигается электрическим нагружением генератора [2]. Неэффективность такого метода обусловлена тем, что энергия, образующаяся в генераторе, создающем момент нагрузки испытываемого двигателя, расходуется на нагрев нагрузочных резисторов. В итоге это тепло попросту рассеивается в атмосферу. А ведь, когда речь идет об испытаниях тяговых, например, двигателей, мощностью несколько сотен киловатт, то затраты энергии оказываются более чем существенными. Причем такие испытания проводятся относительно часто на предприятиях, специализирующихся на ремонте таких двигателей. Основным критерием успешности ремонта является соответствие снятых на нагрузочном стенде параметров мотора требуемым значениям. Поэтому энергозатраты увеличиваются в разы.

Но существует технология, позволяющая в несколько раз сократить затраты электроэнергии при проверке двигателей постоянного тока, – испытания методом взаимной нагрузки (рис. 1).

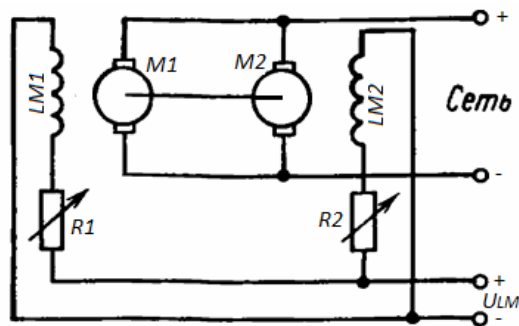


Рис. 1. Испытания электродвигателей по технологии взаимной нагрузки

Суть метода такова – вал испытываемого двигателя постоянного тока $M1$ с независимым возбуждением механически соединяется валом с аналогичного ведомо рабочего двигателя $M2$, например, посредством муфты. При этом якорные цепи этих двигателей соединяются параллельно с общим регулируемым выпрямителем. А обмотки возбуждения двигателей подключаются к независимым регуляторам напряжения, позволяющим управлять магнитным потоком возбуждения на каждом из двигателей независимо друг от друга. Такое решение дает возможность управлять режимами работы двигателей, вводить их в двигательный или генераторный режим [3]. Таким образом, основной поток энергии во время испытаний циркулирует между якорными цепями двигателей. В среднем КПД таких двигателей составляет около 80 %, что, несомненно, приводит к истощению потока энергии в общей якорной цепи. Для компенсации этих потерь и служит регулятор напряжения, общий для двух якорных обмоток. В результате получается, что при испытаниях методом взаимной нагрузки энергия тратится только на создание потоков возбуждения двигателей и на компенсацию потерь энергии в двигателях, которые, как правило, носят электрический и магнитный характер. Поэтому потребление электроэнергии в сравнении с ранее рас-

22 Секция IV. Радиоэлектроника, автоматика, телекоммуникации и связь

смотренным методом, при котором энергия генератора разогревала нагрузочные реостаты, получается в разы меньше.

Для ознакомления со способом нагружения двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки разрабатывается учебно-ознакомительный стенд, который на практике позволит убедиться в перспективности использования данной технологии и разобраться в способе ее реализации.

В основе конструирования стенда со взаимной нагрузкой электродвигателей лежали следующие принципы: ремонтпригодность, использование доступной элементной базы и блочно-модульный принцип конструкции. Принципиальная электрическая схема стенда изображена на рис. 2.

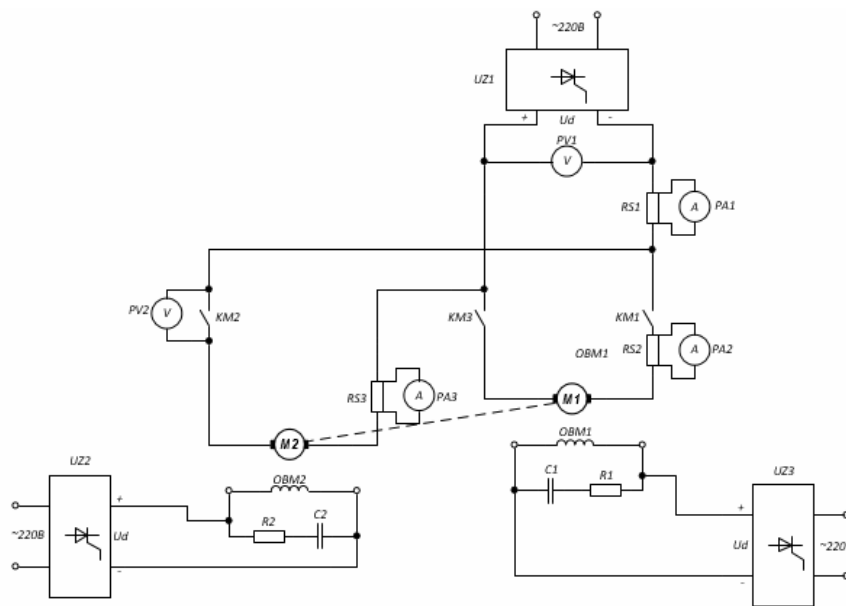


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема стенда со взаимной нагрузкой

В качестве регуляторов напряжения используются мостовые тиристорные преобразователи (рис. 3).

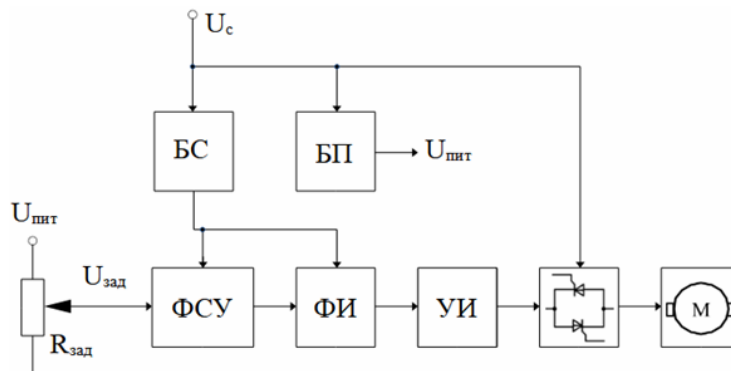


Рис. 3. Функциональная схема системы управления одного из преобразователей стенда со взаимной нагрузкой

Система импульсно-фазового управления спроектирована так, чтобы управляющие импульсы были достаточной длительности, и тиристорный выпрямитель мог работать с нагрузкой с большой индуктивностью, например, с обмоткой возбуждения. В стенде используются три таких преобразователя: два служат для раздельной регулировки потоков возбуждения двигателей, а третий подключен к якорным цепям двигателей. С его помощью в начале испытаний двигатель разгоняют до необходимой скорости, затем этот преобразователь выполняет роль звена, компенсирующего электрические, механические и электромагнитные потери в системе. Для контроля тока возбуждения, направления движения энергии и величин тока и напряжения в якорном контуре, также для определения потребляемой от сети мощности стенд снабжается соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой.

Данный стенд позволяет на практике ознакомиться с перспективной технологией испытаний электродвигателей методом взаимной нагрузки. Его основными достоинствами являются повторяемость, ремонтпригодность за счет простоты конструкции и использования распространенной элементной базы.

Литература

1. Захарченко, Д. Д. Тяговые электрические машины и трансформаторы / Д. Д. Захарченко, Н. А. Ротанов, Е. В. Горчаков – М. : Транспорт, 1979. – 303 с.
2. Жерве, Г. К. Промышленные испытания электрических машин / Г. К. Жерве. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – 408 с.
3. Афанасов, А. М. Энергетические принципы обеспечения взаимной нагрузки электрических машин постоянного тока / А. М. Афанасов // Вісн Дн. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна : зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 26. – С. 34–38.

АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С НЕСКОЛЬКИМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ НЕ СВЯЗАННЫМИ ОБМОТКАМИ СТАТОРА

И. Н. Бураченко

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

Научный руководитель В. В. Тодарев

В электроприводах механизмов и машин часто встречаются режимы с переменной нагрузкой, причем переменная составляющая невелика по отношению к полной величине нагрузки.

При необходимости учета этой переменной составляющей нагрузки применяется регулируемый электропривод, причем мощность регулятора-преобразователя выбирается исходя из полной мощности нагрузки, а это экономически невыгодно.

Такой вариант нагрузки можно представить в виде суммы составляющих (рис. 1):

$$M_H = M + M_~$$

где M – постоянная составляющая нагрузки, Н · м; $M_~$ – переменная составляющая нагрузки, Н · м.