

В.А. Савельев,
к.т.н., доцент



В.В. Тодарев,
к.т.н., доцент



УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С РАЗДЕЛЕННЫМИ ОБМОТКАМИ СТАТОРА

УДК.621.313.33

Аннотация

В статье рассмотрен способ снижения стоимости испытательного стенда за счет использования асинхронной машины с разделенными обмотками статора. Приведена функциональная схема нагружающего устройства, его статические механические характеристики, показаны результаты математического моделирования работы устройства. Предложенная конструкция имеет меньшую стоимость, по сравнению с существующими аналогами.

Annotation

The article discusses a way to reduce the cost of a test bench through the use of an asynchronous machine with separated stator windings. The functional diagram of the loading device, its static mechanical characteristics are given, the results of mathematical modeling of the device operation are shown. The proposed design has a lower cost compared to existing counterparts.

Введение

Альтернативой натурным испытаниям новой гражданской, в том числе сельскохозяйственной, и военной техники могут служить испытания на комплексном испытательном стенде [1-4]. Под комплексным испытательным стендом будем понимать стенд, предназначенный для испытаний механических приводных устройств, например, двигателей внутреннего сгорания, как отдельно, так и в составе ходовой части транспортного средства, имеющий в своем составе одно или несколько (по числу ведущих колес) нагружающих устройств, и информационно-измерительную часть. Возможность проведения круглогодичных испытаний, снижение затрат, постоянный контроль за ходом испытаний, снижение сроков ввода машин в производство – вот самые заметные преимущества такого варианта испытаний.

В [1-4] перечислены основные требования, предъявляемые к комплексным испытательным стендам: энергоэффективность, универсальность, низкая стоимость, небольшие эксплуатационные расходы. Отдельно следует указать на необходимость

получения высокой степени реалистичности имитируемой нагрузки, как в статике, так и в динамике, а также на возможность создания экстремальных зон нагрузки для оценки износа деталей и узлов. В наибольшей мере таким требованиям удовлетворяют электромеханические испытательные стенды на основе асинхронных машин.

Одним из обязательных элементов в составе комплексных испытательных стендов выступает управляемый преобразователь электрической энергии. Управляемый преобразователь используется для связи источника электроэнергии с электродвигателем нагружающего устройства.

При этом именно преобразователь позволяет реализовать необходимый закон нагружения в нагружающем устройстве стенда. С другой же стороны, преобразователь является одним из самых дорогостоящих элементов испытательного стенда. При этом стоимость преобразователя зависит от его мощности. При увеличении мощности преобразователя от 1,5 кВт до 15 кВт его цена возрастает примерно в 6,7 раза [5].

Накопленный нами опыт показывает, что в ряде случаев характерной особенностью работы испытуемой техники, например, самоходных зерно- и кормоуборочных машин, является практически постоянная скорость вращения (движения) основных узлов, при периодически изменяющейся в малых пределах нагрузке. В таких случаях управляемые преобразователи нагружающих устройств используются неэффективно, поскольку через них передается вся мощность нагрузки. В то же время, переменная составляющая нагрузки, для воспроизведения которой и требуется управляемый преобразователь, составляет лишь 10-20% от передаваемой через него мощности.

В связи с этим, целью настоящей статьи является поиск путей снижения мощности управляемого преобразователя нагружающего устройства испытательного стенда, что приведет к снижению стоимости испытательного стенда в целом.

Основная часть

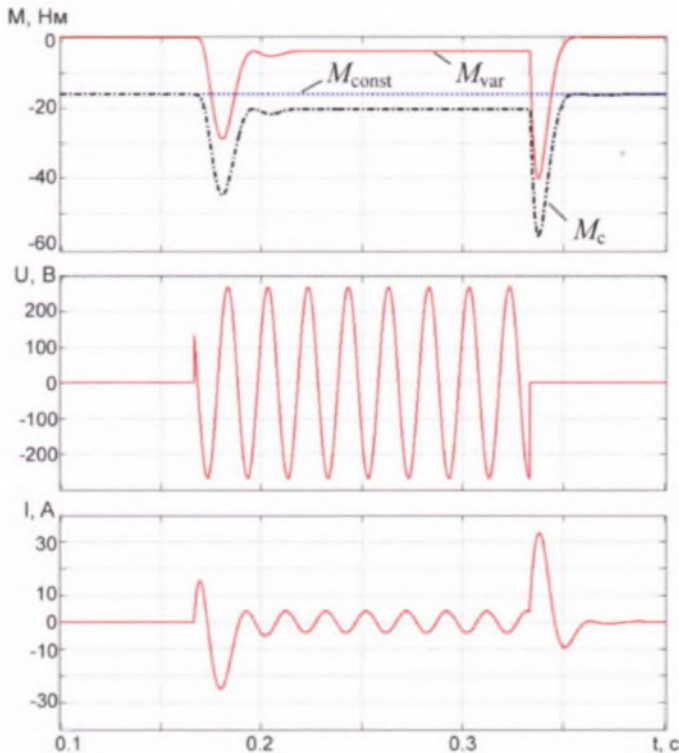
Для описанного выше режима работы испытуемой техники, момент сопротивления M_c , создава-

емый нагружающим устройством, можно представить в виде суммы постоянной M_{const} и переменной M_{var} составляющих, то есть $M_c = M_{const} + M_{var}$ (рисунок 1).

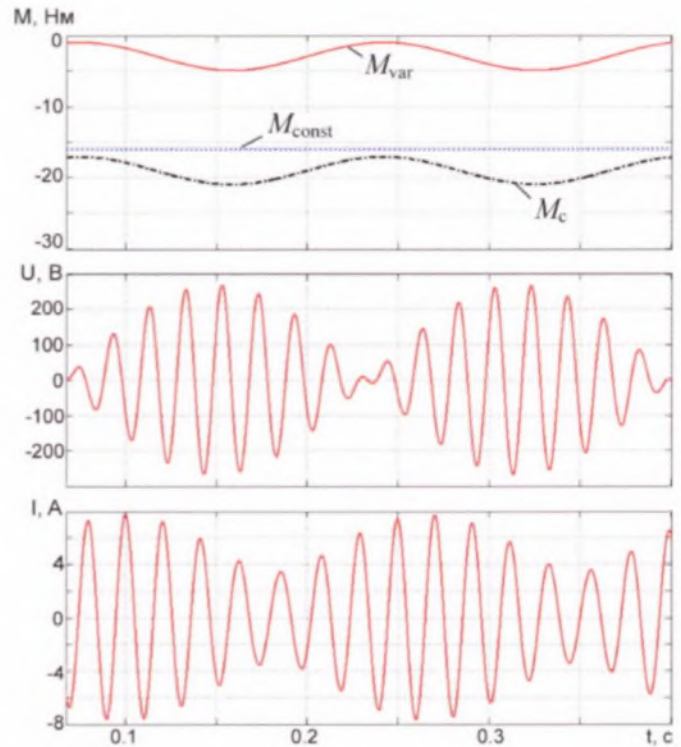
Таким образом, становится возможным снизить мощность, передаваемую управляемым преобразователем электродвигателю нагружающего устройства, если передавать только мощность переменной составляющей нагрузки. При этом возникает задача, как передать значительную часть мощности, соответствующей постоянной составляющей нагрузки, на электродвигатель в обход управляемого преобразователя.

По нашему мнению, решением данной задачи может стать использование в качестве электродвигателя нагружающего устройства недорогой в изготовлении асинхронной машины с короткозамкнутым ротором и электрически не связанными полюсными обмотками статора.

Авторами получен патент [6] на полезную модель, реализующую такую конструкцию двигателя. Суть решения состоит в том, что полюсные обмотки статора асинхронной машины делятся на две электрически не свя-



◆ Рис. 4. Динамические характеристики нагружающего устройства при прямоугольной форме переменной составляющей нагрузки



◆ Рис. 5. Динамические характеристики нагружающего устройства при синусоидальной форме переменной составляющей нагрузки

фазы обмотки асинхронной машины, подключенной к сети через управляемый преобразователь.

В частности, на рисунке 4 показаны диаграммы работы нагружающего устройства при моделировании переменной составляющей нагрузки прямоугольной формы.

Как следует из диаграмм, в исходном состоянии на одну из полюсных обмоток подано неизменное напряжение (на диаграммах не показано), при этом на вторую полюсную обмотку подано нулевое напряжение. В результате сформирована неизменная по времени составляющая момента нагрузки M_{const} , переменная составляющая момента M_{var} равна нулю.

Затем на вторую полюсную обмотку подается синусоидальное напряжение, в результате чего формируется отличная от нуля переменная составляющая момента нагрузки M_{var} . В результате формируется суммарный момент M_c по форме близкий к прямоугольному. Этот момент имеет отрицательный знак, что соответствует генераторному режиму работы нагрузочной машины.

На рисунке 5 показаны диаграммы работы нагружающего устройства при моделировании переменной составляющей нагрузки синусоидальной формы.

В отличие от предыдущего режима, питающее напряжение второй полюсной обмотки формируется путем модуляции сетевого напряжения синусоидальным сигналом с помощью управляемого преобразователя. В результате имеем синусоидальную форму моментов сопротивления M_{var} и M_c .

Заключение

Предлагаемое нагружающее устройство при прочих равных параметрах имеет меньшую стоимость за счет снижения установленной мощности управляемого преобразователя. Оно с достаточной точностью воспроизводит задаваемую периодическую нагрузку.

Разработанная математическая модель требует дальнейшего уточнения в отношении учета краевого эффекта и взаимоиндукции между полюсными обмотками.

Литература

1. Дорощенко И.В. Энергоэффективные испытательные стенды / И.В. Дорощенко, М.Н. Погуляев, В.А. Савельев, В.В. Тодарев // Энергоэффективность – 2018. – №8. – С.46–56.
2. Дорощенко И.В. Ресурсосберегающие электрохимические стенды для испытаний сложной техники на предприятиях транспортного машиностроения / И.В. Дорощенко, М.Н. Погуляев, В.Б. Попов, В.А. Савельев, В.В. Тодарев // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2018. – № 8 (69). – С.36–45.
3. Тодарев В.В., Савельев В.А. Опыт разработки и модернизации стендов для испытания сложной техники // 8-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения (Минск, 16–17 мая 2019 г.): сборник научных статей. В 5 ч. Ч. 1 / Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь. – Минск: Лаборатория интеллекта, 2019. С.84–87.
4. Тодарев В.В., Погуляев М.Н., Савельев В.А. Энергоэффективные электрохимические стенды для испытаний военной техники // 8-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения (Минск, 16–17 мая 2019 г.): сборник научных статей. В 5 ч. Ч. 1 / Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь. – Минск: Лаборатория интеллекта, 2019. С.87–90.
5. Инверторы Omron 3G3MX2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.proenergo.ru/motion-and-drives/omron-preobrazovateli-chastoty/inventory-omron-3g3mx2>. Дата доступа: 16.05.2022.
6. Патент РБ №12022 на полезную модель. Асинхронный электродвигатель / Тодарев В.В., Савельев В.А., Беликова А.И., Мигдаленок А.А. // Опубликовано 30.06.2019. ■

Статья поступила в редакцию 28.07.2022 г.