

энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2017. – №1. – С. 41–53.

2. Колпахчян, П.Г. Применение синхронных тяговых двигателем с постоянными магнитами на роторе в электроподвижном составе железных дорог / П.Г. Колпахчян, М.С. Подберезная, О.В. Непомнящая // Труды РГУПС. Выпуск 5/2016. – С. 54–56.

3. Мирзаянов, Р.Р. Способы пуска синхронных двигателей с постоянными магнитами [Электронный ресурс] / Р.Р. Мирзаянов, В.Е. Вавилов // Электротехнические комплексы и системы: материалы международной научно-практической конференции / Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ) ; редколл: Ф.Р. Исмагилов (отв. ред.) [и др.]. – Уфа, 2016. – С. 31–34.

УДК 621.8

## **ПОВЫШЕНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

Васильев С.В.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Для электроприводов (ЭП) в составе опасных производственных объектов целесообразно применение отказоустойчивого управления с обеспечением свойства «живучести». Аварийный выход из строя таких электроприводов может привести к нарушению безопасной эксплуатации оборудования с риском для персонала с большими экономическими потерями.

Свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при наличии дефектов или повреждений определенного вида, а также при отказе некоторых компонентов определяется термином «живучесть». Для вышеперечисленных областей применения асинхронного двигателя (АД) задача обеспечения отказоустойчивости со свойством живучести становится определяющей [1].

В промышленности нашли широкое применение электроприводы с преобразователями частоты (ПЧ) и асинхронными двигателями. Однако в некоторых аварийных ситуациях при срыве работы ПЧ требуется немедленное отключение его от питающей сети. Это снижает технологическую надежность электропривода и делает невозможным его применение в тех механизмах и установках, которые не допускают останова во время технологического процесса. В качестве примера можно привести электроприводы в металлургической промышленности, применяемые при разливке стали и т.д.

Многофазные частотные электроприводы находят применение в медицинской и бытовой технике, в электромобилестроении, в системах электродвижения судов. Перспективно их использование в специальных вентиляционных системах и комплексах, где требуется повышенная надежность двигателя при низком уровне шума и вибрации. В многофазных асинхронных двигателях наблюдается снижение пульсаций момента и скорости на валу двигателя, повышение надежности при уменьшенных уровнях шума и вибрации. Дробление электрической мощности по фазам делает регулировочные характеристики АД менее критичными к асимметрии по амплитуде и фазе питающего напряжения, что с увеличением числа фаз  $m$ , в конечном итоге, упрощает систему управления и повышает надежность

Известны частотные электроприводы с АД, имеющими две трёхфазные обмотки, смещенные в расточке статора друг относительно друга на некоторый угол  $\theta$ . Каждая обмотка питается от своего ПЧ, причём две трёхфазные системы напряжений, подаваемые на обмотки АД, также сдвинуты во времени на некоторый угол  $\gamma$ . При равенстве модулей этих углов будет минимальное значение коэффициента нелинейного искажения намагничивающей силы статора и максимальное использование габаритной мощности АД.

В кривой МДС такой шестифазной обмотки АД полностью отсутствуют пятая и седьмая гармоники, что является одним из важных преимуществ перед обычной трехфазной обмоткой. Устранение наиболее вредных для электрических машин пятой и

седьмой гармоник уменьшает дополнительные потери, шум и вибрацию, устраняет провалы в кривой электромагнитного момента, увеличивает пусковой момент АД.

Для обеспечения отказоустойчивости электропривода возможно применение АД с двумя трехфазными статорными обмотками без смещения в расточке статора относительно друг друга.

Целью следующего изобретения является упрощение устройства и повышение технологической надежности электропривода путем обеспечения возможности работы двигателя на двух статорных обмотках с аварийным отключением одной выходной фазы преобразователя. Цель достигается тем, что данное устройство защиты электропривода переменного тока снабжено электродвигателем переменного тока с  $m$ -фазной обмоткой статора, двумя преобразователями частоты, и содержит датчики тока и компараторы по числу выходных фаз преобразователей, блок задания тока уставки, шесть элементов 2И и шесть элементов ЗАПРЕТ [2]. Из технической литературы известно, что в случае применения в электроприводе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с двумя обмотками на статоре возможна длительная работа двигателя с одной отключенной фазой, то есть в отличие от обычных двигателей обрыв фазы статора не требует немедленного отключения для двигателя с двумя самостоятельными обмотками [3].

Целью другого изобретения является упрощение устройства и повышение технологической надежности электропривода путем обеспечения возможности работы двигателя на одной трехфазной статорной обмотке при аварийном отключении одного из преобразователей частоты, питающего другую трехфазную статорную обмотку. Цель достигается тем, что данное устройство защиты электропривода переменного тока снабжено электродвигателем переменного тока с  $m$ -фазной обмоткой статора, двумя преобразователями частоты, и содержит датчики тока и компараторы по числу выходных фаз преобразователей, блок задания тока уставки, шесть элементов 2И, два элемента 3ИЛИ-НЕ [4]. Как следует из экспериментальных данных, двигатель может длительно развивать на валу нагрузку  $M_c = 0,45M_n$  при работе на

одной обмотке. При работе двигателя на одной трехфазной обмотке двигатель может в течение 39 с нести номинальную нагрузку на валу и ток статора при этом составляет 2,2 номинального тока одной параллельной ветви [3].

### *Литература*

1. Однокопылов Г.И. Отказоустойчивый многофазный электропривод с несинусоидальными токами. – Известия Томского политехнического университета, 2013, т. 322, №4.
2. Васильев С.В. Устройство защиты электропривода переменного тока. Описание изобретения к патенту РФ № 2012972.
3. Церазов А.Л., Кузьмичев А.И. Исследование режимов работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с двумя обмотками на статоре. – В сб. «Электроснабжение и автоматизация промышленных предприятий. – Чебоксары, 1978, вып. 7».
4. Васильев С.В. Устройство защиты электропривода переменного тока. Описание изобретения к патенту РФ № 2012973.

УДК 620.92

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Вельченко А.А., Мирончук В.И.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Для проектирования и строительства энергоэффективных зданий на сегодняшний день необходимо знание точной оценки глобальных данных солнечной радиации и солнечных системы преобразования энергии (фотоэлектрические модули или гелеоколлекторы). Оценка поступающей солнечной радиации для сельскохозяйственной отрасли также важна при создании приложений для оценки суммарного испарения, прогнозирования урожая, создания моделей о накоплении биомассы. В метрологии