

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 62-79

Исследование возможности управления температурным режимом частотно-управляемого электропривода при помощи искусственной нейронной сети

А.А. Цветков, М.Н. Филимонов

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Аннотация. Рассмотрена возможность использования искусственной нейронной сети (ИНС) для улучшения эксплуатационных характеристик и надежности частотно-управляемого электропривода (ЧУЭП) на базе асинхронного двигателя (АД). Предложен способ управления, основанный на алгоритмах ИНС. Такой подход позволит улучшить управление температурой нагрева АД, повышая тем самым эффективность работы ЧУЭП. Ожидаемые результаты от реализации такого решения:

- обеспечение более точного регулирования температуры в ЧУЭП по сравнению с традиционными методами управления,
- возможности адаптации ЧУЭП к изменяющимся условиям эксплуатации.

Ключевые слова: частотно-управляемый электропривод, ЧУЭП, асинхронный двигатель, АД, температурный режим, искусственная нейронная сеть, ИНС.

Studies of the Possibility of Controlling the Temperature Regime of a Frequency-Controlled Electric Drive Using an Artificial Neural Network

Aleksandr A Tsvetkov, Maksim N Filimonov

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Abstract. The paper considers the possibility of using an artificial neural network (ANN) to improve the performance and reliability of a frequency-controlled electric drive (FCED) based on an asynchronous motor (AM). A control method based on ANN algorithms is proposed. This approach will improve the control of the AM heating temperature, thereby increasing the efficiency of FCED. The expected results from the implementation of such a solution:

- more accurate temperature control in FCED compared to traditional control methods,
- possibility of FCED adaptation to changing operating conditions.

Введение. Тепловое состояние изоляции обмоток асинхронного двигателя (АД) — важнейший фактор, определяющий надежность его эксплуатации. Узлы АД являются источниками потерь тепла, величина которых в значительной степени зависит от колебания напряжения [1].

АД — это самый распространенный тип электродвигателя в промышленности. Их часто применяют там, где требуется регулирование скорости работы. В таких условиях меняются температура, технологическое напряжение и угол нагрузки. Поэтому в процессе эксплуатации частотно-управляемого электропривода (ЧУЭП) с АД могут возникать такие проблемы, как перегревы обмоток двигателя, снижение эффективности его работы, повреждение и сокращение срока эксплуатации.

В последние годы все больше внимания уделяется разработке систем управления, которые позволяли бы контролировать температурный режим ЧУЭП. Один из перспективных методов — использование искусственных нейронных сетей (ИНС). ИНС может улучшить режимы работы АД. ИНС обучаются на данных о работе двигателей в различных условиях. Основываясь на такой информации, нейросети способны управлять работой двигателя для повышения его производительности.

Оптимизация температурного режима АД повысит эффективность его работы и ЧУЭП в целом. Например, нейронная сеть может управлять скоростью вращения двигателя или системой принудительного охлаждения. К тому же ИНС по измеренным переменным способна обнаруживать неисправности в работе электродвигателя, что позволяет своевременно принимать меры по предотвращению повреждений. Цель исследования — выявить возможности улучшения эксплуатационных характеристик и надежности частотно-управляемого

электропривода на базе асинхронного двигателя, обеспечив управление температурным режимом с помощью искусственной нейросети.

Основная часть. Рассмотрим ситуацию, когда исполнительный механизм движется на малой скорости. Это характерно для приводов промышленных роботов и других производственных механизмов. В данном случае увеличится выделение теплоты от токов в обмотках статора, близких к постоянным (около нулевой частоты). К тому же из-за низкой скорости вращения ротора упадет эффективность охлаждения за счет самовентилиации. Все это значит, что АД нагреется [2, 3], и при совершенствовании ЧУЭП нужно учитывать эти процессы.

Для исследования возможности управления температурным режимом ЧУЭП с помощью ИНС авторы планируют провести ряд экспериментов.

Во-первых, проанализируют тепловую модель для выявления переменных, которые определяют температуру нагрева различных частей АД. Значения этих переменных используют как входные данные для ИНС, а соответствующие им температуры частей АД — как выходные данные при ее обучении.

Во-вторых, с помощью установленных на АД датчиков температуры зафиксируют реальные значения температуры нагрева частей АД, сравнят их со значениями, полученными на модели, и при необходимости скорректируют параметры тепловой модели АД, чтобы расхождение экспериментальных и модельных данных не превышало 5 %.

В-третьих, выберут структуру ИНС, обучат ее и испытают на экспериментальном стенде. Речь идет о серии опытов в режимах пуска, движения с малой скоростью и торможения АД при разных значениях температуры окружающей среды и нагрузки на исполнительный механизм.

Цель экспериментов — подтверждение эффективности предложенного способа управления температурным режимом работы АД.

В итоге авторы ожидают получить следующие результаты:

- улучшение качества управления температурой нагрева АД;
- минимизация ошибок, возможных при ручном управлении;
- автономность искусственной нейронной сети (то есть работа без участия человека), что позволяет сократить затраты на персонал;
- быстрое реагирование на изменения в окружающей среде, что помогает сократить время на подгонку параметров двигателя;
- сокращение энергопотребления, поскольку ИНС может точнее настроить параметры, что обеспечит наименьший расход энергии при достижении требуемой производительности.

Заключение. Моделирование температурного режима частотно-управляемого электропривода позволит с требуемой точностью определить изменение температуры с учетом режима работы привода и условий окружающей среды. Кроме того, ИНС можно обучить на основе данных о работе электропривода в различных условиях.

Применение системы охлаждения АД с управлением от ИНС дает возможность избежать перегрева ЧУЭП и повреждения его компонентов. Это увеличивает надежность и срок службы оборудования. ИНС как основной элемент системы управления может учесть множество факторов, влияющих на температуру в электроприводе:

- скорость вращения ротора,
- величина нагрузки,
- температура окружающей среды.

Таким образом, ИНС применима не только для управления температурным режимом, но и для других задач, например, для управления скоростью вращения ротора АД или минимизации потерь [3]. Следовательно, ИНС можно задействовать для управления промышленным оборудованием в условиях повышенной нагрузки и интенсивных работ.

Библиографический список

1. Борисенко А.И., Котиков О.Н., Жадан А.И. *Охлаждение промышленных электрических машин*. Москва: Энергоатомиздат; 1983. 296 с.
2. Карнаухов Н.Ф., Прус В.А., Филимонов М.Н. *Энергетические показатели электропривода при частотном способе управления асинхронным двигателем*. В: Труды VIII Международной конференции по динамике технологических систем. Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет. 2007;3:24–30.
3. Осташевский Н.А., Иваненко В.Н., Петренко А.Н. Потери частотно-управляемого асинхронного двигателя при различных законах регулирования и типах преобразователей частоты. *Электротехника и электромеханика*. 2009;3:37–41.

Об авторах

Цветков Александр Александрович, студент кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), zaa20004@yandex.ru

Филимонов Максим Николаевич, доцент кафедры «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), maxfil2006@yandex.ru

About the Authors:

Aleksandr A Tsvetkov, student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), zaa20004@yandex.ru

Maksim N Filimonov, associate professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), maxfil2006@yandex.ru