

4. Школа для электрика - Использование сервоприводов при автоматизации оборудования, URL: <http://electricalschool.info/main/drugoe/226-ispolzovanie-servoprivodov-pri.html> (дата обращения 07.09.17).

Научный руководитель: С.Н. Кладиев, к.т.н., доцент кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБМОТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

О.С. Рукавицын

Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5ГМ71

Актуальность

В настоящее время асинхронные электродвигатели являются наиболее распространенными и востребованными электрическими машинами. В свою очередь увеличение числа эксплуатируемых машин приводит и к увеличению числа повреждений. Наиболее распространенным повреждением короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя (АД) является обрыв его стержней, что приходится на более чем 80 % всех повреждений обмотки ротора [1]. Дефекты обмотки ротора в настоящее время можно выявить только в период капитальных ремонтов. Ущерб при эксплуатации асинхронного двигателя с поврежденными стержнями обмотки ротора выражается в повышенном потреблении электроэнергии, при этом стоимость перерасхода электроэнергии за год работы АД с дефектом в обмотке ротора нередко превышает его стоимость. Из вышесказанного следует, что существует острая потребность в выявлении повреждений обмотки ротора АД без выведения двигателя из эксплуатации.

Оценка ущерба от дефектов асинхронных электродвигателей

В качестве примера в таблице 1 представлены результаты расчетов токов и энергетических показателей асинхронного двигателя АО-31-4 без повреждений и с повреждениями одного или нескольких стержней [2, 3].

Табл. 1. Энергетические показатели АД при повреждении ротора

Режим работы	Ток фазы, А	Перерасход электроэнергии, %	Потребляемая мощность Р, кВт
Без повреждения	5,3577	-	2,927
При повреждении 1 стержня	5,4646	2,46	2,999
При повреждении 2 стержней	5,6617	6,79	3,126
При повреждении 3 стержней	5,8295	10,35	3,230

При повреждении одного, двух и трех стержней ротора фазный ток увеличивается на 2,00 %, 5,67 % и 8,81 %. При этом расход электроэнергии возрастает на 2,46 %, 6,79 % и 10,35 %. Исходя из полученных результатов дополни-

тельные затраты на эксплуатацию АД из-за повышения расхода электроэнергии возрастают на величины, приведенные в таблице 2.

Табл. 2. Затраты на электроэнергию в рублях при повреждении ротора

Тип двигателя	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость двигателя, руб.	Дополнительные затраты на электрическую энергию в рублях при обрыве		
			одного стержня	двух стержней	трех стержней
АО-31-4	2,7	400-800	231,2	437,8	605
AZM 8000/6000	8000	2-3 млн.	122722	852733,4	1290032,6

Расчет показывает, что при эксплуатации двигателя с повреждением даже одного стержня годовые потери электроэнергии будут сопоставимы со стоимостью самого двигателя. Из этого следует, что разработка диагностической системы является актуальной задачей и имеет существенный экономический эффект, определяемый суммой предотвращенного ущерба.

Выявление диагностического признака

Коллективом авторов Томского политехнического университета предложен метод для выявления дефектов в процессе работы электродвигателя путем обработки сигналов с датчиков тока. Последовательность математических операций при обработке данных с токовых датчиков:

1. Вычисление и построение графика модуля результирующего вектора тока статора по данным с датчиков тока.
2. Сборка системы базисных функций на основе обобщенной линейной регрессии общего вида.
3. Вычисление коэффициентов при базисных функциях.
4. Вычисление коэффициента γ (диагностического признака).
5. Интерпретация диагностического признака.

На рисунке 1 представлен график переходного процесса модуля результирующего вектора тока статора при пуске АД на холостом ходу с повреждением одного стержня ротора.

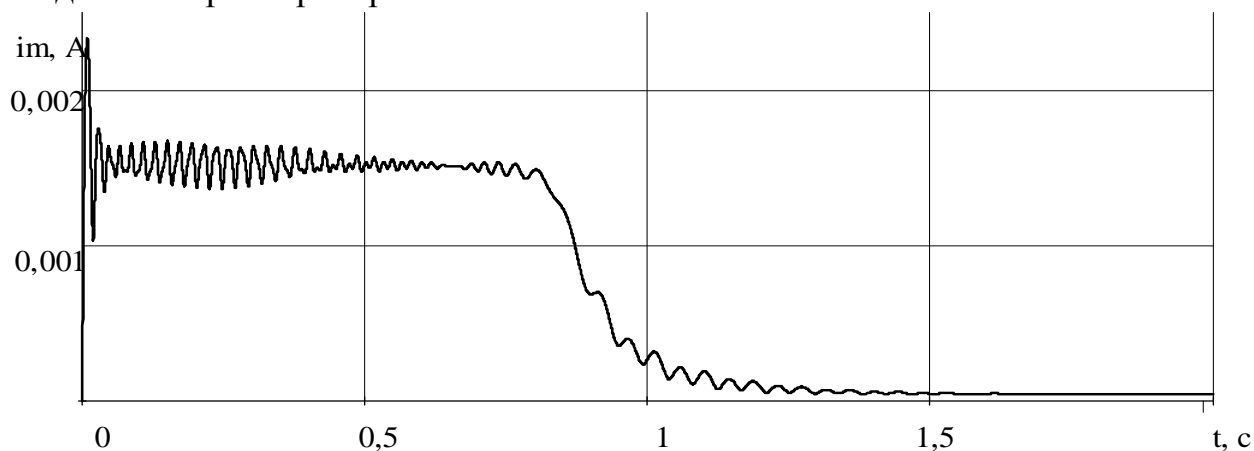


Рис. 1. График переходного процесса модуля результирующего вектора тока статора при пуске АД на холостом ходу с повреждением одного стержня ротора

В качестве базиса выбираем базис Фурье. Далее производим вычисление коэффициентов при базисных функциях и строим спектрограмму (рисунок 2).

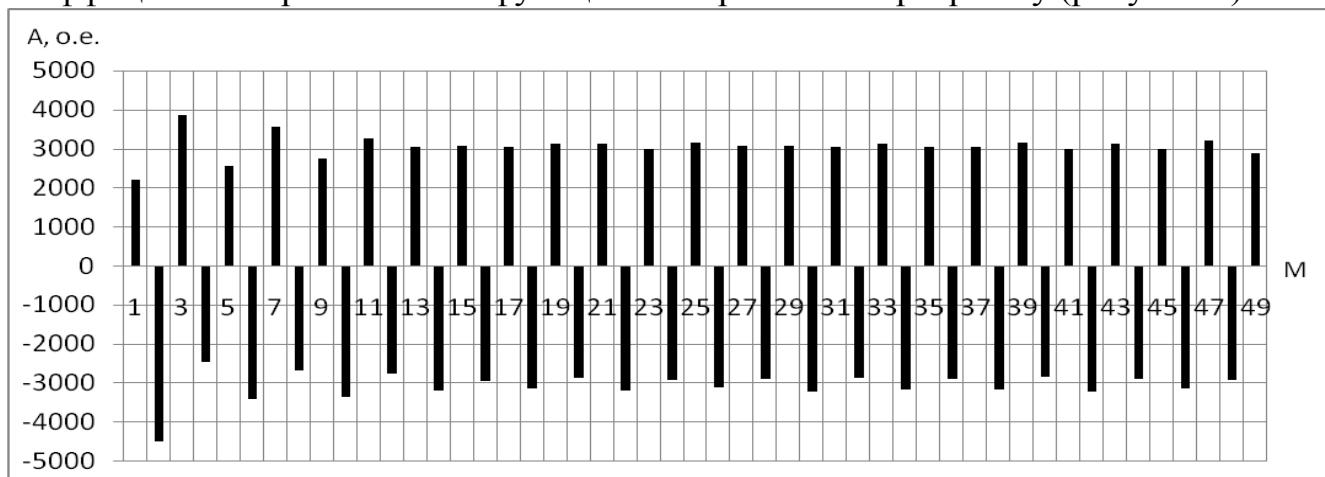


Рис. 2. Спектрограмма с обрывом 1 стержня

В качестве диагностического признака была выбрана зависимость коэффициента γ , характеризующего максимальное расхождение векторов в пространстве по конкретному ортогональному базису между векторами, отождествляющими поврежденное и неповрежденное состояние машины, в зависимости от размерности пространства. Произведем построение данных зависимостей для выбранных базисов.

На рисунке 3 представлен график зависимости коэффициента γ от размерности пространства при использовании базиса Фурье.

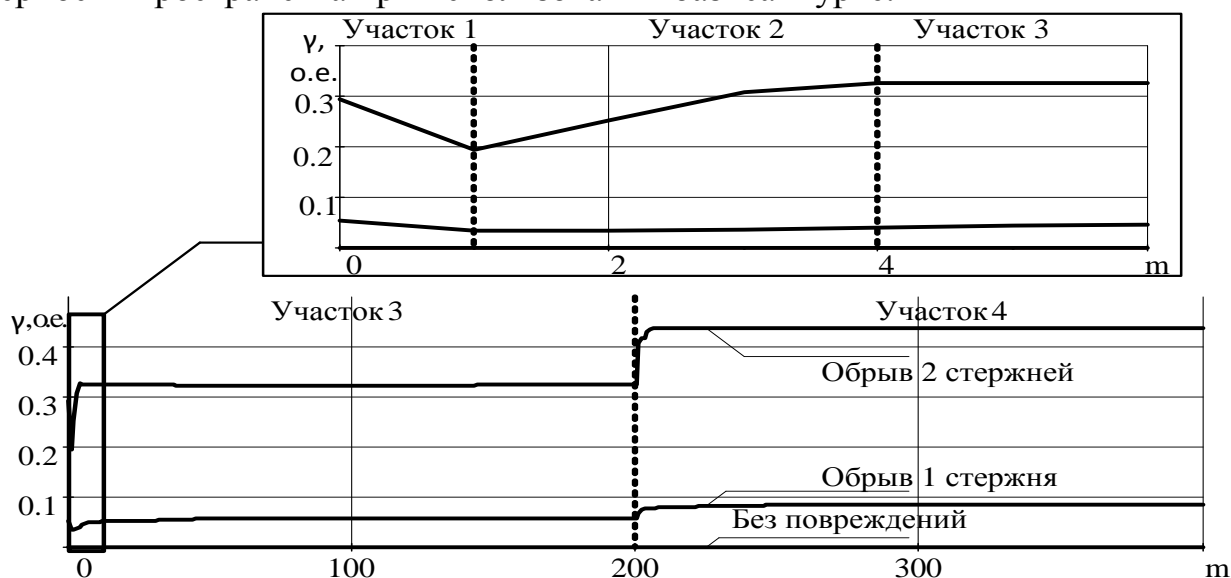


Рис. 3. График зависимости коэффициента γ от размерности пространства при использовании базиса Фурье

Из рисунка 3 можно увидеть, что на участке 1 графики коэффициента γ , характеризующие обрыв 1 и 2 стержней ротора, носят убывающий характер. Это можно объяснить наличием некомпенсированных составляющих регрессионной модели, которые на участке 2 компенсируются вводимыми функциями базиса. На участке 3 графики принимают стабильное значение, которое на участке 4 сменяется другим постоянным значением.

Из полученных графиков видно, что зависимость коэффициента γ от размерности пространства может быть использована в качестве диагностического признака повреждения стержней ротора асинхронного двигателя.

Интерпретация диагностического признака

Значительно повысить степень оценки состояния машины может автоматизированная система диагностики, основанная на правилах нечетких множеств. Эта система предоставляет в помощь эксперту своего рода «искусственный интеллект», который может автоматически проводить диагностику машины на основе данных мониторинга.

В нечёткой логике стратегия управления подобна процессу ассоциативного мышления человека. Именно поэтому системы с элементами нечёткой логики принято относить к искусственно-интеллектуальным [4].

Схема данного процесса такова: – восприятие исходных условий; – принятие решения с использованием знаний, хранящихся в памяти [4].

Основное преимущество разрабатываемой в ТПУ системы функциональной диагностики с применением нечеткой логики в том, что она более полно отражает состояние диагностируемого объекта. И на основании результатов анализа человек-оператор может принять решение о дальнейшей эксплуатации асинхронного электродвигателя.

Выводы

1. В качестве диагностического признака была выбрана зависимость коэффициента γ , характеризующего максимальное расхождение векторов в пространстве по конкретному ортогональному базису между векторами, отождествляющими поврежденное и неповрежденное состояние машины, в зависимости от размерности пространства.
2. В результате вычислений выявлено, что зависимость коэффициента γ от размерности пространства может быть использована в качестве нового диагностического признака обрыва стержней ротора асинхронного двигателя.
3. Основное преимущество системы функциональной диагностики с применением нечеткой логики в том, что она более полно отражает состояние диагностируемого объекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Глазырина Т.А. Совершенствование функциональной диагностики повреждений короткозамкнутой обмотки асинхронных двигателей собственных нужд электростанций: Дис. канд. тех. наук: 05.14.02. – ТПУ, 2012. – 120 с.
2. Новожилов А.Н., Кислов А.П., Андреева О.А. Метод численного моделирования работы асинхронного двигателя с обрывом стержней в короткозамкнутом роторе // Электричество. – 2004. – № 11. – С. 41-45.
3. Новожилов А.Н., Андреева О.А., Кислов А.П. Энергопотребление асинхронного двигателя при обрыве стержней и эксцентриситете короткозамкнутого ротора // Вестник ПГУ. – 2004. – № 1. – С. 204-217.

4. Глазырина Т.А. Динамика электропривода с нечетким регулятором / Т.А.Глазырина [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – т. 316. – № 4. – С. 168–173.

Научный руководитель: О.С. Качин, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСИЛИЯ В САМОТОРМОЗЯЩИХСЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

В.Е. Королев¹, С.Н. Кладиев², Н.В. Гусев²
Томский политехнический университет^{1,2}
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5АМ6Л¹

Нормальная эксплуатация грузоподъемных машин и механизмов и станков с числовым программным управлением (ЧПУ) невозможна без электродвигателей снабженных надежно действующими тормозными устройствами. Как показывает обзор современной патентной отечественной литературы и промышленно развитых зарубежных стран (Англия, Германия, Италия, США, Франция и т.д.), что до настоящего времени не удалось создать идеальных электродвигателей с тормозными устройствами [1, 2, 3].

Кроме этого технологические процессы грузоподъемных машин и механизмов и станков с ЧПУ на разных этапах работы требуют движение рабочего органа с различной скоростью, что обеспечивается в современных электроприводах путем электрического регулирования скорости и момента электродвигателя. Для решения этой задачи, как известно, применяют два основных метода частотного управления, а именно: скалярное управление и векторное управление [4].

Поэтому проблема создания компактных двигателей с тормозом и электрических схем торможения, позволяющих обеспечить с наименьшими затратами быстрый и точный останов и фиксацию вала механизма, остается актуальной, а исследования процессов в таких электродвигателях при частотном управлении имеют практическую ценность.

В настоящее время из всех известных конструкций наиболее перспективным для решения отмеченной проблемы является самотормозящийся асинхронный двигатель (СЭД) с электромагнитной вставкой на роторе [1,4], который получил наибольшее распространение в силу своих конструктивных преимуществ.

Особенностью процессов в самотормозящихся электродвигателях является их многоэтапность, которая сопровождается коммутацией статорных цепей и срабатыванием тормозного устройства. Поэтому разработанная математическая модель асинхронных самотормозящихся электродвигателей охватывает следующие режимы: включение вперед, разрыв обмотки статора перед механическим торможением тормозным устройством, а так же отражать моменты, связанные с условиями размыкания и замыкания тормоза.