

УДК 621.316.016.25

О СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

В.В. Дабаров, к.т.н.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Как было сказано в [1] для моделирования асинхронных двигателей необходимы такие параметры [2,3], которые не приводятся в паспортных данных, что затрудняет моделирование систем, включающих в свой состав машины, обмоточные данные которых не приводятся, например, в справочной литературе. В некоторой литературе приводятся методики определения параметров обмоток двигателей из паспортных данных [4-7], однако они применимы для ограниченного диапазона мощностей или подходят только для конкретной линейки двигателей. Кроме того в некоторых из этих методик добавляются различные конструкционные коэффициенты, значение которых подбирается опытным путём, а для некоторых двигателей отсутствуют некоторые из данных, необходимых для расчёта по приведённым методикам.

Также существуют методики идентификации параметров асинхронных машин экспериментальным путём либо в процессе работы [8], либо путём искусственного задания нужных режимов работы [9], таких, как холостой ход, короткое замыкание и т.д. В [1] предлагалось использование генетических алгоритмов для подбора параметров математической модели асинхронного двигателя. Использование генетических алгоритмов для решения этой задачи также приведено, например, в [10] и в [11]. В первом случае данные подбираются под экспериментально полученные зависимости скорости вращения и токов от времени, во втором описывается несколько способов, которые также в своей основе содержат сравнение моделируемых характеристик с экспериментальными. Такие методики позволяют достаточно точно определить параметры, при чём даже с учётом их отличия от заводских в следствии износа и отклонений в следствии погрешностей изготовления. Однако, эти методы неприменимы в случае, например, эксплуатируемой системы, когда проведение экспериментов затруднено или невозможно, а также в случае проектирования системы электроснабжения с электродвигательной нагрузкой, когда требуемых двигателей нет в наличии.

Исходя из вышеизложенного была поставлена задача подбора параметров обмоток асинхронных двигателей из ограниченного набора паспортных данных, не прибегая к экспериментальным исследованиям.

Задача частично решена с использованием программного средства, в основе которого лежит генетический подход. На данный момент подбор параметров производится по следующим паспортным данным: номинальная мощность, к.п.д., номинальная скорость вращения и кратность пускового мо-

мента. В программе выбираются диапазоны и точности для каждого подбираемого параметра, после чего по этим параметрам вычисляется статическая механическая характеристика двигателя, из которой по известной номинальной скорости вращения определяется механический момент, токи, к.п.д., мощность. Эти же параметры определяются при пуске двигателя, т.е. при нулевой скорости вращения ротора. Отклонение этих параметров от паспортных используется для функции приспособленности генетического алгоритма:

$$F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - P_{i0})^2}{P_{i0}^2}}{n}},$$

где P_i и P_{i0} – значение вычисленного и заданного i -го параметра соответственно,

n – количество заданных паспортных данных.

Если параметр не задан, он не используется при вычислении функции приспособленности, подбор производится по имеющимся параметрам. Также необходимо внести обязательные параметры: номинальное напряжение, его частота и число пар полюсов двигателя.

Рассмотрим подбор параметров на примере двигателя ВАО560L4, его параметры:

Номинальное напряжение	6000 В
Номинальная мощность P_n	630 кВт
Номинальная скорость вращения, ω_n	1450 об/мин
Число пар полюсов, p	2
Номинальный к.п.д., %	95,6
Кратность пускового момента, m_k	2
Кратность пускового тока, i_k	6
Номинальный ток, I_n	71 А
Номинальный коэффициент мощности, $\cos\varphi_n$	0,9

При помощи генетического алгоритма подбираются активные и реактивные сопротивления статора и ротора, а также коэффициент связи $k_c = \frac{L_m}{\sqrt{L_s L_r}}$. Выбранные параметры генетического алгоритма:

Максимальное сопротивление	10 Ом
Точность	0,01 Ом
Погрешность ¹	1%

Также задаются такие параметры, как максимальное количество поколений, размер поколения, вероятности скрещивания и мутации. Эти параметры не указаны, т.к. результат решения от них не зависит, а зависит возмож-

1 Максимальное отклонение вычисляемых паспортных данных от исходных

ность получения этого результата, а также насколько быстро он будет получен. Критерием остановки является достижение погрешности заданной величины или достижение максимального количества поколений.

В результате работы программы получена механическая характеристика (рис. 1) и следующие данные:

Активное сопротивление статора, R_s	3,05
Реактивное сопротивление статора, X_s	1,70
Активное сопротивление ротора, R_r	0,87
Реактивное сопротивление ротора, X_r	1,80
Коэффициент связи, k_c	1,00

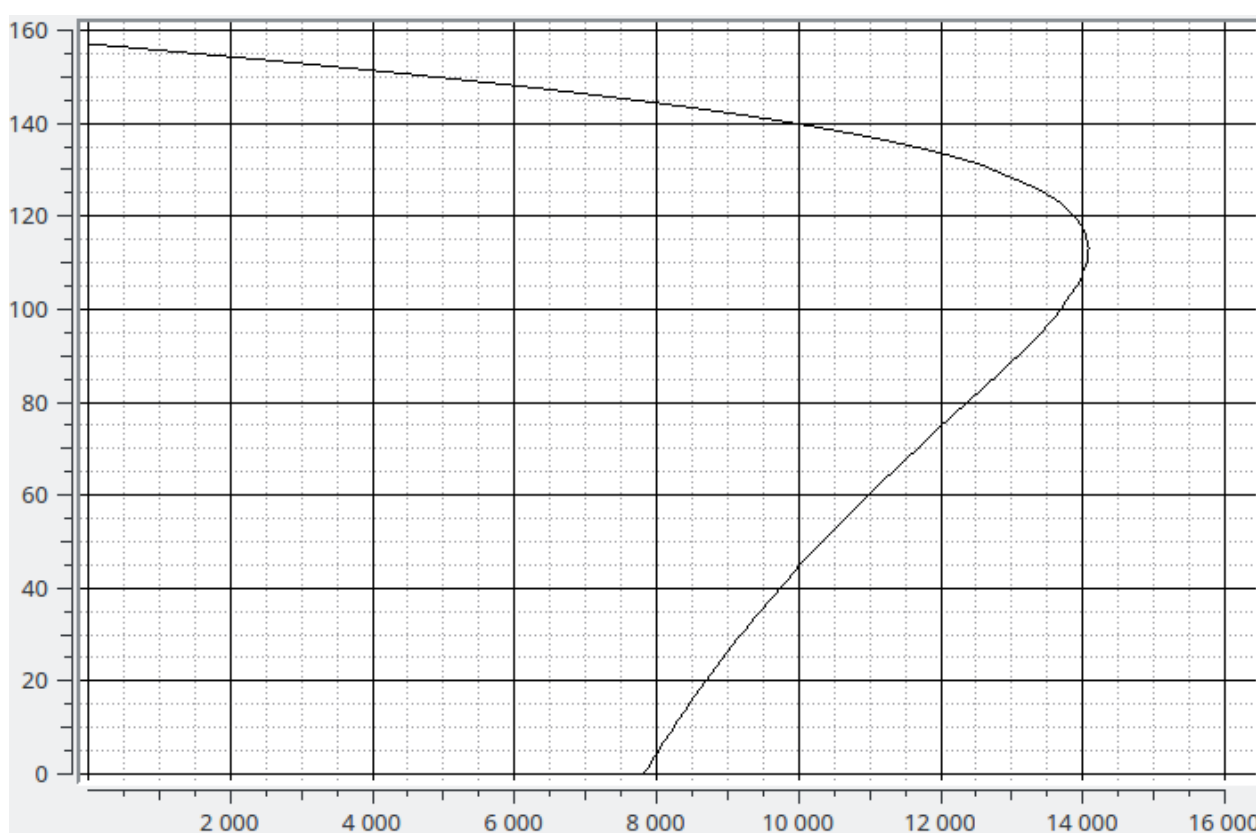


Рис. 1. Механическая характеристика (ось ординат – механический момент M , Н·м; ось абсцисс – скорость ω , рад/с)

$$\text{Номинальная скорость вращения } \omega_n = 2 \frac{\pi \cdot 1450}{60} = 151,8 \text{ рад/с.}$$

$$\text{Номинальный момент } M_n = \frac{P_n \cdot \eta}{\omega_n} = \frac{6,3 \times 10^5 \cdot 0,956}{151,8} = 3966 \text{ Н·м.}$$

$$\text{Пусковой момент } M_p = m_k \cdot M_n = 2 \cdot 3966 = 7932 \text{ Н·м.}$$

Из полученной характеристики видно, что она соответствует исходным данным в пределах заданной погрешности.

Разработанное программное обеспечение позволяет достаточно быстро получить обмоточные данные двигателя исходя из ограниченного набора паспортных данных. Полученные данные можно использовать для моделиро-

вания процессов в асинхронных двигателях, например, с помощью программного средства [12], при этом, чем больше будет исходных данных и их точность, тем точнее будут результаты моделирования. При недостатке исходных данных, моделирование будет менее точным, но из известных способов только вышеизложенный позволит получить обмоточные данные, необходимые для моделирования асинхронных двигателей.

Список литературы:

1. Дабаров В. В. Генетический подход к определению параметров математической модели асинхронного двигателя // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Энергетика и энергосбережение: теория и практика». 2014.

2. Ключев В. И. Теория электропривода. 2 изд. М. : Энергоатомиздат, 2001. 704 с.

3. Семёнов А. С. Моделирование режимов работы асинхронного двигателя в пакете программ MatLab // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2014. №1 С.51-59.

4. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. – М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008. – 288 с., ил.

5. Фираго Б. И., Павлячик Л.И. Регулируемые электроприводы переменного тока. Мн. : Техноперспектива, 2006. 363 с.

6. Кравчик А. Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А. Асинхронные двигатели серии 4А : Справочник. М. : Энергоиздат, 1982. 504 с.

7. Терёхин В. Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 292 с.

8. Heath Hofmann, Seth R. Sanders. Speed-Sensorless Vector Torque Control of Induction Machines Using a Two-Time-Scale Approach. IEEE transactions on industry applications, vol. 34, No. 1, January/February, 1998.

9. Sinisa Jurkovic. Induction Motor Parameters Extraction [Electronic resource] url : <http://web.mit.edu/kirtley/binlustuff/literature/electric%20machine/motor-parameters.pdf> (online; accessed: 30.03.2017).

10. Želmíra Ferková, Ladislav Zboray. Contribution To Parameter Identification Of An Induction Motor By Genetic Algorithms // Acta Electrotechnica Et Informatica No. 2, Vol. 5, 2005.

11. Mayank Pratap Singh. Parameter Estimation Of Three Phase Induction Motor: An Innovative Approach. – Dayalbagh : Department Of Electrical Engineering, Faculty Of Engineering, Dayalbagh Educational Institute, 2013. 58 p.

12. Дабаров В. В. Система моделирования и оптимизации процесса компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения с электродвигательной нагрузкой. / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012618437. 2012.