

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 622.313.33

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РОЯ ЧАСТИЦ

Гаргаев Андрей Николаевич,

кандидат технических наук, старший преподаватель. E-mail: andrei345@yandex.ru

Каширских Вениамин Георгиевич,

доктор технических наук, профессор. E-mail: kvg.ea@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация

Рассмотрен метод роя частиц для динамической идентификации двигателей постоянного тока и приведены результаты компьютерного моделирования, которые позволяют рекомендовать данный метод для мониторинга состояния двигателей в процессе их работы. Результатами мониторинга являются текущие значения параметров двигателя, которые могут быть использованы для управления, защиты и диагностики технического состояния электроприводов постоянного тока.

Ключевые слова: электропривод, диагностика, идентификация, искусственный интеллект, метод роя частиц.

Современный электропривод характеризуется широким применением информационно-вычислительных систем, придающих ему новые возможности.

Одной из них является динамическая идентификация электродвигателей, предназначенная для определения текущих значений параметров и переменных состояния электродвигателя в процессе его работы. Данная информация может быть использована как для мониторинга и диагностики технического состояния электропривода, так и для эффективного управления. Ниже рассмотрен ме-

тод динамической идентификации двигателей постоянного тока (ДПТ) методом роя частиц (англ. particle swarm optimization, PSO).

Метод роя частиц относится к методам искусственного интеллекта (artificial intelligence). Он позволяет имитировать коллективное поведение элементов децентрализованной самоорганизующейся системы, и применим для поиска приближенных численных решений сложных задач оптимизации [1-3].

Суть метода заключается в минимизации целевой функции

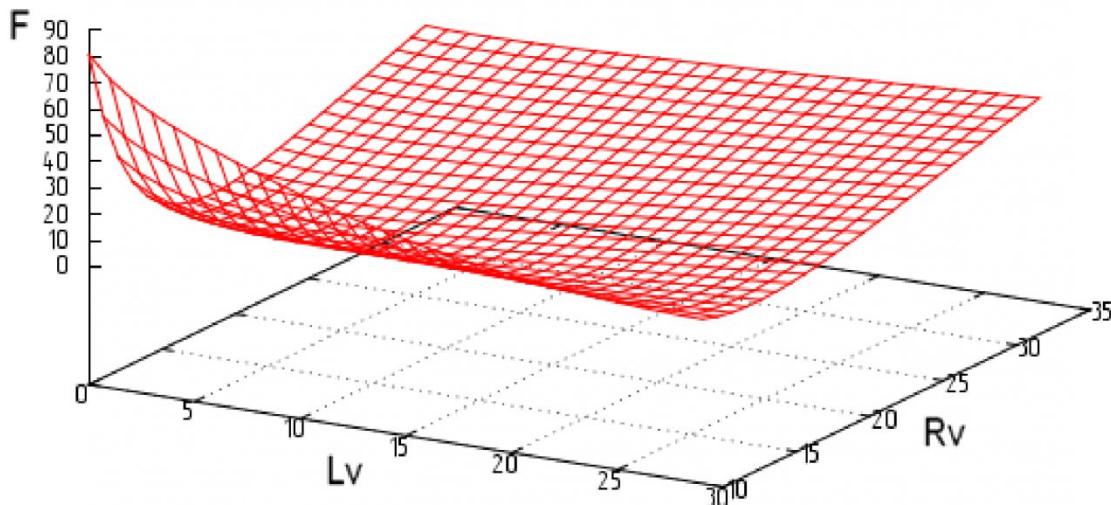


Рис. 1. Вид целевой функции для обмотки возбуждения ДПТ

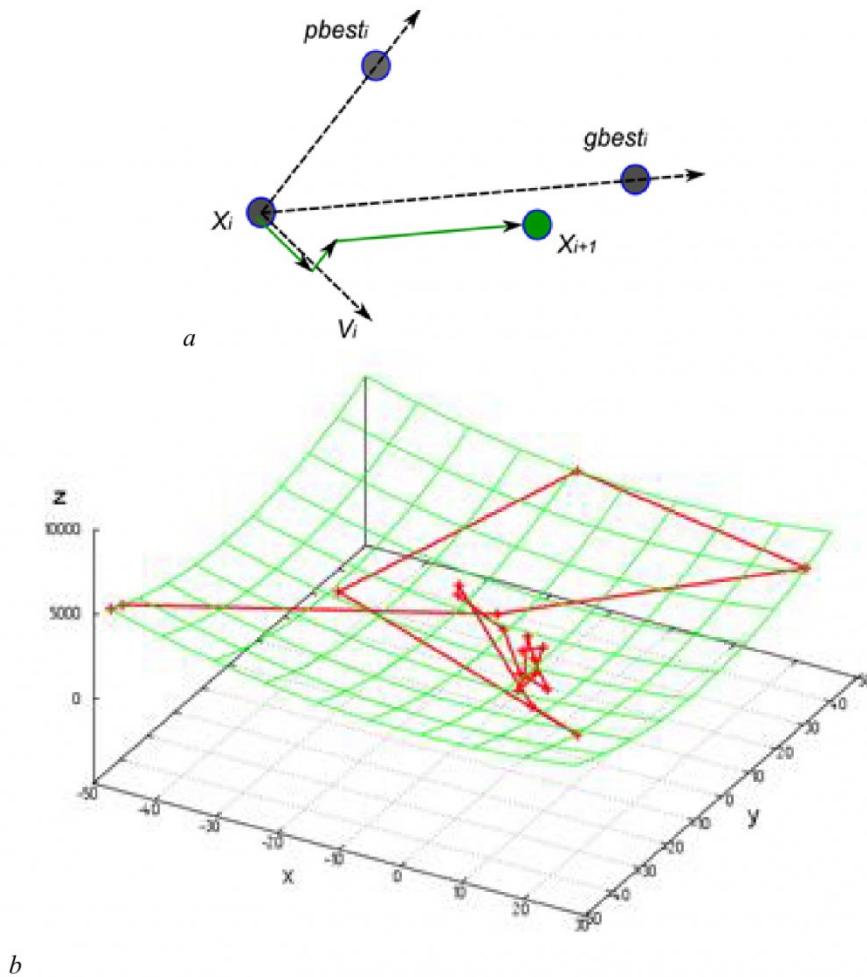


Рис. 2. Пояснение алгоритма поиска: а) пример вычисления новой позиции; б) пример движения отдельной частицы по определенной функции

$$F(\bar{\beta}) = \sum_{k=0}^N (I_{[k]} - I_{M[k]})^2$$

с помощью взаимодействующих друг с другом элементов, так называемых частиц. Здесь $\bar{\beta}$ – вектор параметров, N – объем выборки измеренных данных, I – измеренный ток обмотки якоря (возбуждения), I_M – смоделированный ток обмотки якоря (возбуждения), получаемый из математической модели ДПТ, представленной системой уравнений, полученных на основе теории обобщенной электрической машины.

В роли частиц в данной задаче выступают некоторые абстрактные элементы, характеризующие возможные значения параметров и переменных состояния ДПТ, которые в процессе поиска минимума целевой функции будут определенным образом изменяться. В результате, чем меньшим будет значение целевой функции, тем ближе будут оцененные параметры к реальным.

На рис.1 показаны результаты компьютерного моделирования – зависимость целевой функции F от значений активного сопротивления (R_v) и ин-

дуктивности (L_v) обмотки возбуждения двигателя.

Таким образом, поиск экстремума целевой функции производится путем целенаправленного перемещения частиц по пространству искомых параметров к оптимальным решениям.

Текущее состояние каждой частицы характеризуется координатами в пространстве решений, а также вектором скорости перемещения, имеющего направление к новой, предположительно лучшей, позиции.

Оба этих параметра выбираются случайным образом на этапе инициализации. Частицы обмениваются информацией друг с другом, при этом каждая частица хранит координаты лучшего из найденных ею решений ($pbest$), а также лучшее из найденных всеми частицами роя решений ($gbest$) (рис. 2).

На каждой итерации в основном цикле обработки сначала обновляется текущая скорость каждой частицы, одновременно учитываясь ее скорость на предыдущем шаге, индивидуальная информация частицы и глобальная информация роя. Затем позиция каждой частицы обновляется с использованием значения новой скорости этой ча-

стицы:

$$\begin{aligned} \bar{v}_{i+1} &= w \cdot \bar{v}_i + c1 \cdot r1 \cdot (pbest_i - x_i) + \\ &+ c2 \cdot r2 \cdot (gbest_i - x_i); \\ x_{i+1} &= \bar{x}_i + \bar{v}_{i+1}, \end{aligned}$$

где \bar{v}_i – вектор текущей скорости; \bar{v}_{i+1} – вектор скорости на следующей итерации; \bar{x}_i – текущая многокоординатная позиция частицы; x_{i+1} – многокоординатная позиция частицы на следующей итерации; w – весовой коэффициент, определяющий инерционные свойства частицы; $c1$ – весовой коэффициент, определяющий персональные (когнитивные) свойства частицы; $c2$ – весовой коэффициент, определяющий социальные свойства частицы; $r1, r2$ – случайные переменные в диапазоне [0,1].

Скорость частицы является векторной величиной, размерность которой определяется размерностью пространства поиска. В нашем примере пространство поиска является двухмерным. Настройка параметров алгоритма роя частиц производится эмпирически.

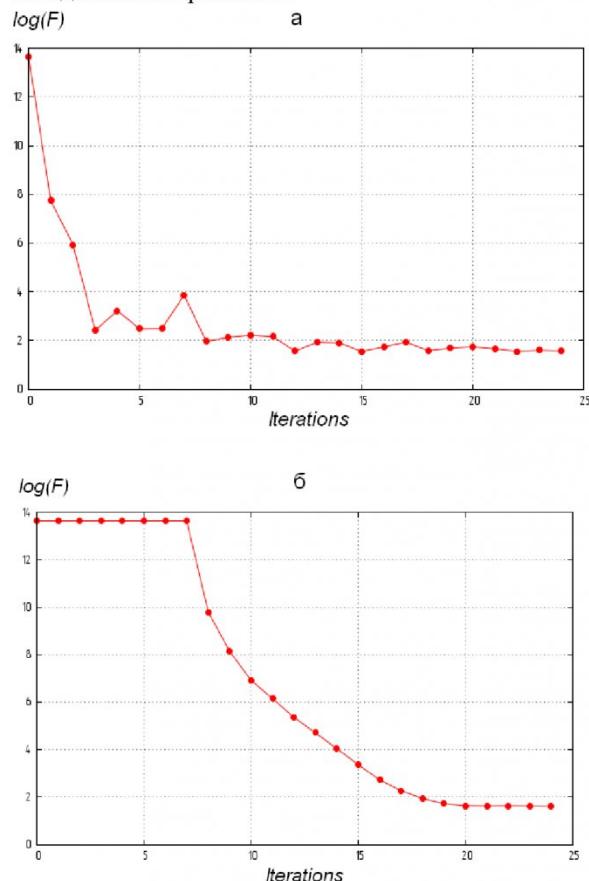


Рис. 3. Зависимость сходимости алгоритма от числа итераций вычисления:

a) $c1=0.1, c2=1.5$; б) $c1=1.5, c2=0.1$.

На рисунке 3 представлены зависимости сходимости алгоритма при разных соотношениях индивидуальных и социальных весовых коэффициентов при оценивании параметров обмотки возбуждения.

В случае преобладания индивидуальных свойств частицы над социальными сходимость алгоритма имеет более плавный характер, однако при этом требуется большее число итераций, и следовательно, времени вычислений.

Нами была проведена проверка возможности оценивания значений параметров ДПТ с помощью метода роя частиц.

Искомыми координатами, в пространстве которых велся поиск, являлись значения электрических параметров ДПТ – активные и индуктивные сопротивления обмоток якоря и возбуждения. С целью повышения производительности вычислений поиск параметров обмоток якоря и возбуждения осуществлялся раздельно.

Результаты компьютерного моделирования ДПТ и работы алгоритма оценивания параметров приведены в табл. 1, табл. 2.

Таблица 1

Параметры	Заданные параметры	Оцененные параметры		
		Число итераций		
		100	500	1000
Rv, Ом	185	332	185	185
Lv, Гн	50	2	50.1	50.1
Ra Σ , Ом	3,5	3.32	3.49	3.49
La Σ , Гн	0,02	0.086	0.021	0.021

Таблица 2

Параметры	Заданные параметры	Оцененные параметры		
		Число частиц роя		
		50	100	200
Rv, Ом	185	332	185	185
Lv, Гн	50	2	50.1	50.1
Ra Σ , Ом	3,5	3.32	3.346	3.491
La Σ , Гн	0,02	0.086	0.016	0.021

Значения параметров двигателя в табл. 1 получены для трех вариантов числа итераций при числе частиц роя равном 100, а в табл. 2 – для трех вариантов роя с числом итераций равном 500.

Так как уравнение, описывающее электромагнитные процессы в обмотке возбуждения значительно проще уравнения описывающего процессы в обмотке якоря, то и время вычисления параметров обмотки возбуждения меньше относительно времени вычисления параметров обмотки якоря.

Точность определения и время вычисления параметров ДПТ зависит от настроек алгоритма, объема выборки измеряемых данных и диапазона поиска. При этом диапазон поиска может динамически изменяться: на первых этапах он максимальен, в дальнейшем может быть существенно сокращен, тем самым будет уменьшено время вычисления.

В нашем случае, при размере популяции в 100 частиц и 100 итераций, время расчета не превышало одной секунды, что доказывает возможность использования данного метода для оперативной оценки параметров ДПТ.

Анализ результатов исследования показывает

возможность использования метода роя частиц для оценивания параметров ДПТ с допустимой для практического использования погрешностью и подтверждает его работоспособность и эффективность. На основе данного метода можно проводить мониторинг и получать в реальном времени информацию о параметрах электродвигателя, которые могут изменяться в зависимости от режима работы и технического состояния электродвигателя. Результаты мониторинга могут быть использованы в электроприводе постоянного тока для диагностики, защиты и управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hassan M. Emara, Wesam Elshamy, A. Bahgat. Parameter Identification of Induction Motor Using Modified Particle Swarm Optimization Algorithm [текст]: EEE International Symposium on Industrial Electronics Jul 2008, Cambridge, UK.
2. J. Kennedy and R. C. Eberhart, "Particle swarm optimization," in Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks, vol. 4, Perth, Australia, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1995, pp. 1942–1948/
3. James McCaffrey Artificial Intelligence: Particle Swarm Optimization MSDN Magazine August 2011

Поступило в редакцию 10.05.2015

PARAMETER IDENTIFICATION BASED ON PARTICLE SWARM OPTIMIZATION APPLIED TO DC MOTOR

Gargaev Andrey N.,

C.Sc. (Engineering), senior lecture. E-mail: andrei345@yandex.ru

Kaširskih Benjamin G.,

D.Sc. (Engineering), Professor. E-mail: kvg.ea@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Abstract

Particle swarm optimization for online parameters identification of DC Motors is considered and results of computer modeling which allow to recommend this method for on-line condition monitoring of motors are given. Results of monitoring are the parameter values of a motor which can be used for control, protection and diagnostics of technical state direct-current drives.

Keywords: power, diagnostics, identification, artificial intelligence, Particle Swarm Optimization

REFERENCES

1. Hassan M. Emara, Wesam Elshamy, A. Bahgat. Parameter Identification of Induction Motor Using Modified Particle Swarm Optimization Algorithm [текст]: EEE International Symposium on Industrial Electronics Jul 2008, Cambridge, UK.
2. J. Kennedy and R. C. Eberhart, "Particle swarm optimization," in Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks, vol. 4, Perth, Australia, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1995, pp. 1942–1948/
3. James McCaffrey Artificial Intelligence: Particle Swarm Optimization MSDN Magazine August 2011

Received 10.05.2015