

МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПО ДАННЫМ КАТАЛОГА

И.Г. Топольская, В.И. Смолин, Д.В. Топольский

Существуют различные модели трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Одна из таких основана на общеизвестной Т-образной схеме замещения фазы двигателя. Практическая реализация такой модели требует настройки имитационной модели под конкретный тип двигателя, т. е. выбора параметров в соответствии с паспортными данными.

Существующие методики настройки относятся к простейшим описаниям механических характеристик двигателей, рассчитанным и построенным по формуле электромагнитного момента M асинхронной машины [2, с. 174] или по упрощенной формуле (формуле Клосса) [2, с. 180].

Методики определения параметров математических моделей с более сложным описанием электромагнитных процессов не получили пока достаточного развития. В представленной работе задача настройки сложной математической модели, полученной на базе Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя, решается следующим образом:

– составляется система дифференциальных уравнений трех фаз асинхронного двигателя на базе Т-образной схемы замещения одной фазы;

- разрабатывается модель общей механической нагрузки двигателя с учетом статического момента сопротивления и момента инерции нагрузки;
- разрабатываются алгоритмы расчета полученной математической модели.

Полная схема замещения трехфазного асинхронного двигателя приведена на рис. 1.

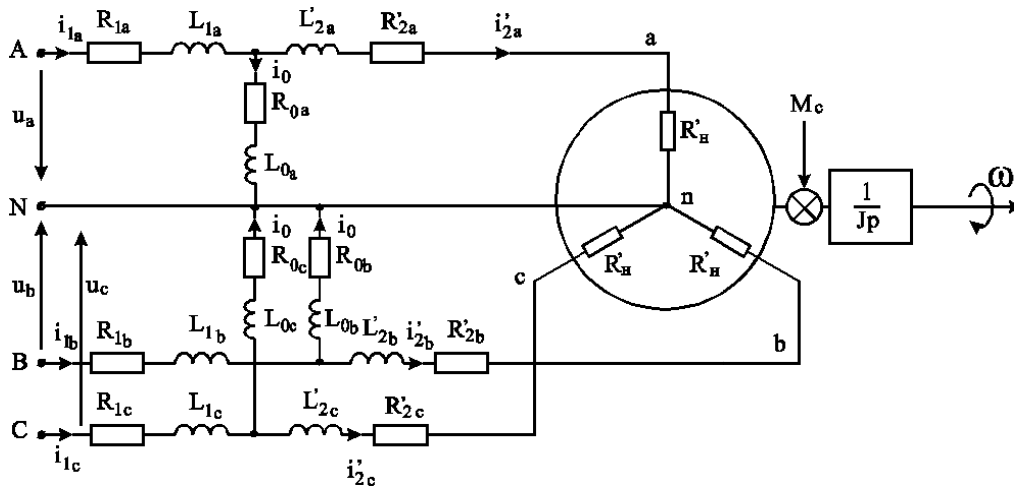


Рис. 1. Т-образная схема замещения трехфазного асинхронного двигателя

Система дифференциальных уравнений, соответствующая данной модели, имеет вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{di_{1a}}{dt} &= \frac{u_a - i_{1a} \cdot (R_{1a} + R_{0a}) + i_{2a} \cdot R_{0a} + L_{0a} \cdot \frac{di_{2a}}{dt}}{L_{1a} + L_{0a}}; \\ \frac{di_{2a}}{dt} &= \frac{i_{1a} \cdot R_{0a} + \frac{di_{1a}}{dt} \cdot L_{0a} - i_{2a} \cdot \left(R_{0a} + R'_{2a} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)}{L_{2a} + L_{0a}}; \\ \frac{di_{1b}}{dt} &= \frac{u_b - i_{1b} \cdot (R_{1b} + R_{0b}) + i_{2b} \cdot R_{0b} + L_{0b} \cdot \frac{di_{2b}}{dt}}{L_{1b} + L_{0b}}; \\ \frac{di_{2b}}{dt} &= \frac{i_{1b} \cdot R_{0b} + \frac{di_{1b}}{dt} \cdot L_{0b} - i_{2b} \cdot \left(R_{0b} + R'_{2b} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)}{L_{2b} + L_{0b}}; \\ \frac{di_{1c}}{dt} &= \frac{u_c - i_{1c} \cdot (R_{1c} + R_{0c}) + i_{2c} \cdot R_{0c} + L_{0c} \cdot \frac{di_{2c}}{dt}}{L_{1c} + L_{0c}}; \\ \frac{di_{2c}}{dt} &= \frac{i_{1c} \cdot R_{0c} + \frac{di_{1c}}{dt} \cdot L_{0c} - i_{2c} \cdot \left(R_{0c} + R'_{2c} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega} \right)}{L_{2c} + L_{0c}}; \\ \frac{d\omega}{dt} &= \left(\frac{R'_2 \cdot (i_{2a}^2 + i_{2b}^2 + i_{2c}^2)}{\omega_0 - \omega} - M_c \right) / J. \end{aligned} \right.$$

Расчет системы дифференциальных уравнений 7 порядка выполняется численными методами. В основу метода расчета положен метод Рунге–Кутты [3]. Исходными данными математической модели являются числен-

ноаналитическое описание трехфазного напряжения, формируемого преобразователем частоты, электрические параметры схемы замещения, взятые из каталожных данных для конкретного двигателя, момент сил сопротивления и момент инерции нагрузки, варьируемые в широких пределах. Искомыми величинами приняты электрические токи, частота вращения ротора и вращающий момент, получаемые численно в виде функции времени. Полученная модель позволяет исследовать статические (по установившимся значениям величин) и динамические (по мгновенным значениям величин) характеристики асинхронного двигателя.

В качестве базовой характеристики для настройки математической модели принята статическая механическая характеристика асинхронного двигателя, заданная в данных каталога в виде параметров контрольных точек. Настройка математической модели осуществляется путем приближения параметров расчетных точек механической характеристики (частоты вращения ротора, вращающего момента) к аналогичным параметрам, заданным в каталоге. На рис. 2 показаны механические характеристики асинхронного двигателя 4A90L2Y3 [1]: одна (в виде точек) построена по данным каталога, другая (сплошная линия) – по данным расчета ненастроенной математической модели. Существенное отличие этих характеристик объясняется тем, что активное сопротивление r_2' и индуктивность ротора L_2' оставались в процессе машинного эксперимента постоянными. В реальном асинхронном двигателе эти величины существенно меняются вследствие особой конструкции ротора (двигатели с глубокими пазами и двойной клеткой) [5].

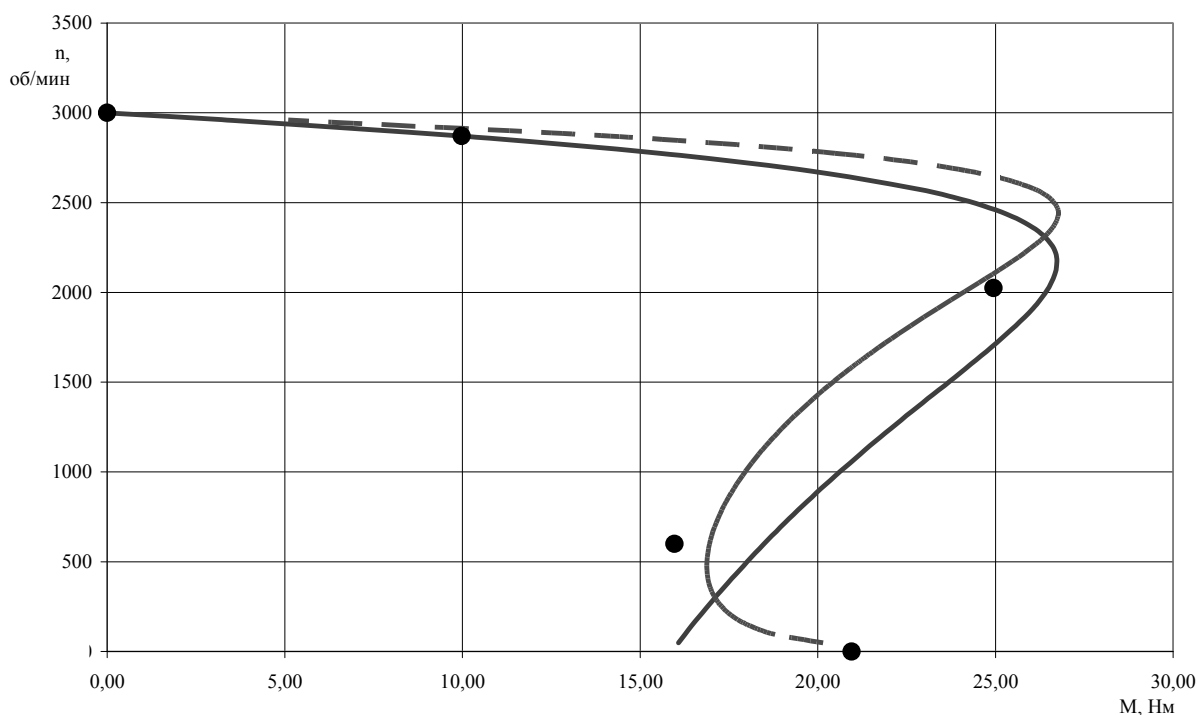


Рис. 2. Статические механические характеристики трехфазного асинхронного двигателя 4A90L2Y3

Задача настройки математической модели заключается, прежде всего, в определении численноаналитических зависимостей r_2' и L_2' от частоты вращения ротора, позволяющих совместить расчетную механическую характеристику с паспортной. Эта задача решается в рамках выбранной модели методом исключения интервалов [4]. Результаты решения этой задачи применительно к конкретному двигателю показаны на рис. 2 (пунктирная линия). На рис. 3 приведены расчетная и аппроксимированная в виде степенной функции зависимости активного сопротивления от частоты вращения ротора. Аналогичные алгоритмы настройки осуществляются по индуктивности ротора L_2' .

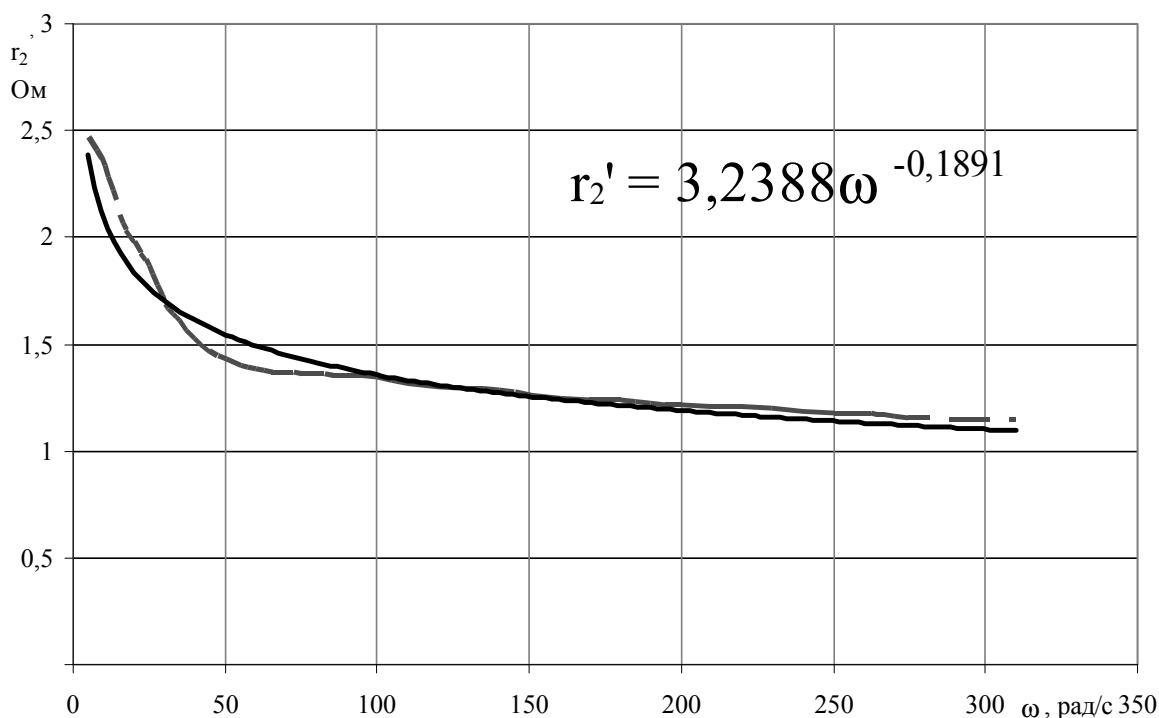


Рис. 3. Расчетная зависимость активного сопротивления ротора (пунктирная линия) и аппроксимированная линия расчетной зависимости в виде степенной функции (сплошная линия) с указанием уравнения

Полученные численноаналитические зависимости активного сопротивления и индуктивности от частоты вращения ротора вводятся в модель асинхронного двигателя. Уточненная математическая модель после этого считается настроенной.

Библиографический список

1. Асинхронные двигатели серии 4А: справ. / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
2. Кацман, М.М. Электрические машины: учеб. / М.М. Кацман. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Издательский центр Академия, 2006. – 496 с.
3. Мудров, А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль / А.Е. Мудров. – Томск: МП «РАСКО», 1991. – 272 с.

4. Реклейтис, Г. Оптимизация в технике: в 2 кн. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел; пер. с англ. В.Я. Алтаева, В.И. Моторина. – М.: Мир, 1986. – Кн. 1. – 349 с.

5. Электротехника: учеб. пособие: в 3 кн. Кн. 2: Электрические машины. Промышленная электроника. Теория автоматического управления / под ред. П.А. Бутырина, Р.Х. Гафиятуллина, А.Л. Шестакова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 711 с.