

УДК 621.313.33

А. М. Галиновский, канд. техн. наук,
 А. С. Вишневский

СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННЫХ МАШИН С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Аннотация. Приведена уточненная схема замещения асинхронной машины с переменными параметрами, учитывающими насыщение основной магнитной цепи, коронок зубцов статора и ротора, эффект вытеснения тока в обмотке ротора. Сопоставлены пусковые характеристики асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, рассчитанные в статических и динамических режимах с учетом и без учета изменения параметров.

О. М. Галиновський, канд. техн. наук,
 О. О. Вишневський

СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННИХ МАШИН З ПЕРЕМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Анотація. Наведено уточнену заступну схему асинхронної машини зі змінними параметрами, які враховують насиченість основного магнітного кола, коронок зубців статора та ротора, ефект витіснення струму в обмотці ротора. Зіставлені пускові характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, які розраховані в статичних та динамічних режимах з врахуванням та без врахування зміни параметрів.

A. M. Galinovskiy, PhD,
 A. S. Vishneskij

STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS ASYNCHRONOUS MACHINES WITH VARIABLE PARAMETERS

Abstract. Improved substitution scheme of an asynchronous machine with variable parameters that take into account the saturation of main magnetic circuit, edges of the cogs of stator and rotor, the skin effect in rotor winding is given. Starting characteristics are compared with the asynchronous motor squirrel cage, designed for static and dynamic conditions with and without the parameters changes.

Введение

При проектировании асинхронных машин (АМ) в основном расчет рабочих характеристик проводят при постоянных параметрах, определенных по номинальному режиму работы, а изменение параметров обязательно учитывается при пуске асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором [3].

Вместе с тем в асинхронных машинах с фазным ротором, входящих в состав асинхронизированного комплекса [1,4,6], с изменением скорости вращения могут существенно изменяться величины основных, поверхностных и пульсационных потерь в стали. При изменении режима работы (двигатель, генератор) нагрузки изменяется насыщение магнитной цепи машины. Изменение параметров АМ может существенно повлиять на результирующие и локальные потери, поэтому учет изменения параметров обязателен.

Учет изменения параметров необходим при расчете АМ с к.з. ротором, работающим в режиме генератора со статорным возбуждением при изменении скорости вращения.

Применение распространенных компьютерных программ (Mathcad, MATLAB и др.) позволяет создавать простые методики автоматизированного проектирования АМ, которые целесообразно внедрять при расчете статических и динамических характеристик. В работах [4,5] приводятся совершенствованные

схемы замещения АМ с учетом изменения параметров. Схемы замещения разработаны отдельно для АМ с фазным и к.з. ротором, однако там не учтены изменения некоторых параметров.

В работах отсутствуют сопоставления статических и динамических характеристик АМ, рассчитанных при переменных параметрах.

Учитывая вышесказанное, актуальным является дальнейшее совершенствование методик расчета АМ.

Цель работы: совершенствование методик автоматизированного расчета характеристик асинхронных машин в статических и динамических режимах с учетом изменения параметров.

Обобщенная схема замещения АМ приведена на рис.1.

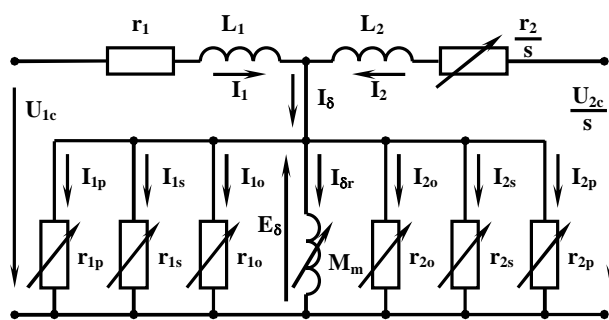


Рис.1. Схема замещения АМ

На схеме: U_{1C}, U_{2C}, I_1, I_2 – напряжения и токи первичной и вторичной сети; E_δ – ЭДС воздушного зазора; r_1, L_1, r_2, L_2 – активные сопротивления и индуктивности рассеяния обмоток; M_m – взаимоиндуктивность. В обозначениях активных сопротивлений намагничивающего контура первые нижние индексы соответствуют величинам статора («1») и ротора («2»), вторые – потерям в стали: «o» – основные; «s» – поверхностные; «p» – пульсационные. Величины сопротивлений:

$$\begin{aligned} r_{1o} &= r_{1o50} \cdot (50/f_1)^\beta, & r_{2o} &= r_{2o50} \cdot (50/f_2)^\beta, \\ r_{1s} &= r_{1s50} \cdot (50/f_b)^{1,5}, & r_{2s} &= r_{2s50} \cdot (50/f_b)^{1,5}, \\ r_{1p} &= r_{1p50} \cdot (50/f_b)^2, & r_{2p} &= r_{2p50} \cdot (50/f_b)^2, \end{aligned}$$

где $r_{1o50}, r_{2o50}, r_{1s50}, r_{2s50}, r_{1p50}, r_{2p50}$ – сопротивления намагничивающего контура при частотах $f_1 = f_2 = 50$ Гц, f_b – частота вращения вала АМ.

Проведем расчет статических и динамических характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АД) типа 4А200М4У3 при учете насыщения основной магнитной цепи, коронок зубцов статора и ротора, а также эффекта вытеснения тока в обмотке ротора.

Параметры АД: $P_H = 37$ кВт, $U_H = 380$ В – номинальные мощность и напряжение; $p=2$ – число пар полюсов; $r_1 = 0,123$ Ом, $L_1 = 1,02$ мГн, $r_2 = 0,0545$ Ом, $L_2 = 1,45$ мГн – активные сопротивления и индуктивности рассеивания фазных обмоток статора и ротора (параметры ротора приведены к статору); $M_m = 39,7$ Н·м; $J = 0,35$ кг·м² – момент инерции; $M_c = 25$ Н·м – статический момент нагрузки.

На рис.1 приведены зависимости: а – $L_1 = f(I_1)$, б – $R_2 = f(s)$, в – $L_2 = f(I_2)$, г – $L_2 = f(s)$, которые получены из электромагнитного расчета АД.

Индуктивность L_2 одновременно изменяется в зависимости от двух величин: тока I_2 и скольжения s . Поэтому при электромагнитном расчете строится семейство кривых $L_2 = f(I_2)$ и $L_2 = f(s)$, по которым определяется истинная величина L_2 .

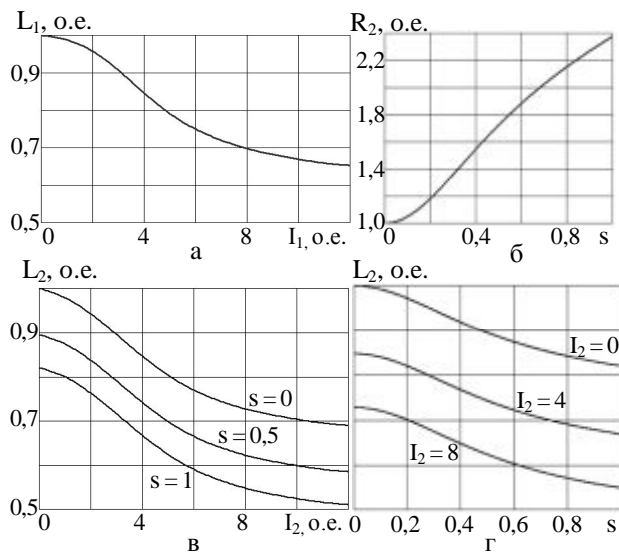


Рис.2. Параметры АД в зависимости от токов и скольжения

Алгоритм расчета пусковых характеристик в статике приведен на рис.3

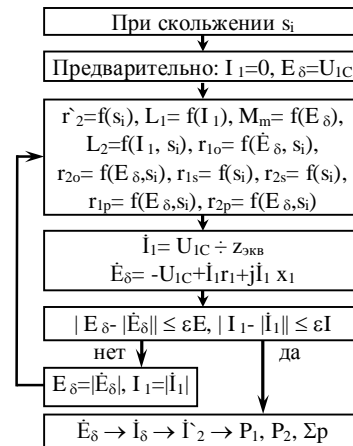


Рис.3. Алгоритм расчета пусковых характеристик

На рис.4 показаны пусковые характеристики АД, рассчитанные по схеме замещения, для а – постоянных параметров; б – насыщения основной магнитной цепи; в – вытеснения тока и насыщения основной магнитной цепи; г – эффекта вытеснения тока, насыщения основной магнитной цепи и зубцовой зоны.

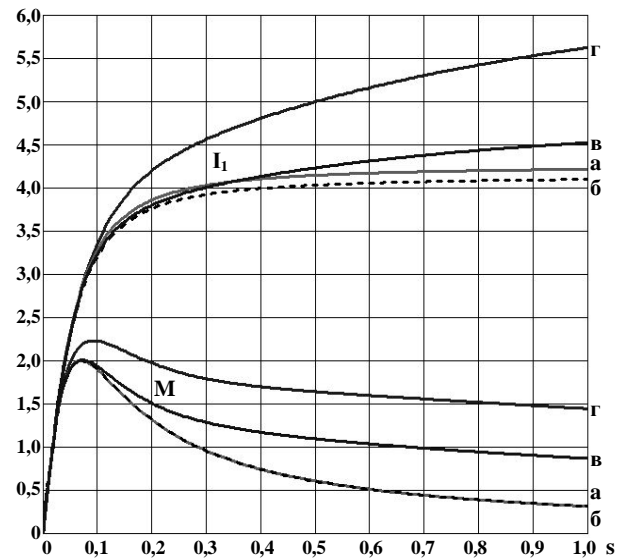


Рис.4. Пусковые характеристики АД

На рисунках 5 и 6 приведены временные диаграммы пуска АД при постоянных и переменных параметрах.

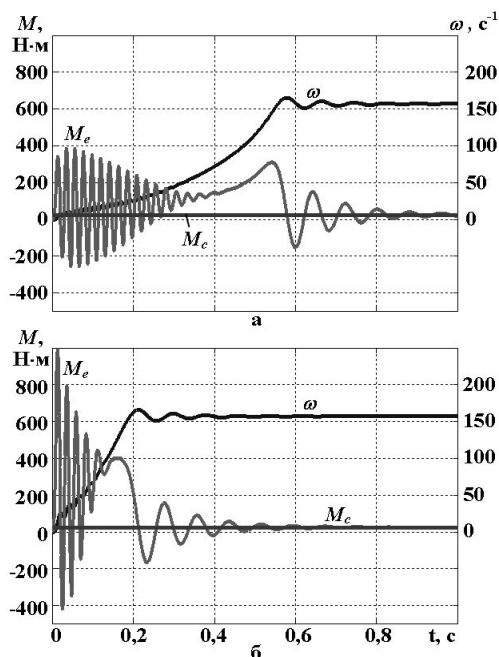


Рис.5. Временные диаграммы пуска
 а – $M_e, \omega = f(t)$ при постоянных параметрах,
 б – $M_e, \omega = f(t)$ при переменных параметрах

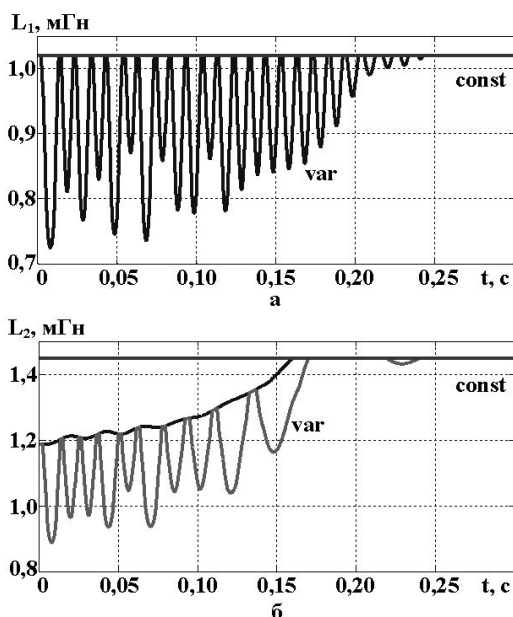


Рис.6. Изменение индуктивностей АД в процессе пуска : а – зависимость $L_1 = f(t)$ фазы А статора,
 б – зависимость $L_2 = f(t)$ фазы а ротора

Заключение

1. Разработана уточненная схема замещения обобщенной асинхронной машины с переменными параметрами, учитывающими насыщение основной магнитной цепи, коронок зубцов статора и ротора, эффект вытеснения тока в обмотке ротора.

2. При разработке асинхронизированного комплекса (АСК) расчеты асинхронной машины по уточненной схеме замещения с учетом изменения нагрузки и законов автоматического регулирования позволяют определять локальные изменения потерь, своевременно внести изменения в конструкцию машины.

3. Расчет статических и динамических пусковых характеристик с одинаковыми законами изменения параметров АД с к.з. ротором позволяет всесторонне оценить технические показатели машины, определить влияние отдельных параметров на эти показатели, внести корректировку в расчет при проектировании.

4. Целесообразна разработка уточненных схем замещения асинхронных машин АСК с учетом изменения параметров при питании ротора от преобразователя частоты, при пуске по методу противовключения обмоток и др.

Список использованной литературы

1. Галиновский А.М. Пуск бесконтактного асинхронизированного двигателя по методу противовключения обмоток ротора / А.М. Галиновский, Н.Г. Анпилогов, Е.А. Ленская // Сб. науч.трудов ДонГТУ, Алчевск: – 2006. – С. 260-270.
2. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин / И.П. Копылов – М.: Высш. шк, 2001. – 327 с.
3. Копылов И.П. Проектирование электрических машин / И.П. Копылов – М.: Высш. шк, 2002. – 757 с.
4. Особенности проектирования асинхронизированных машин: / А.М. Галиновский, В.А. Бобер, А.Н. Давыдов, А.С. Вишневский // Проблемы энергоресурсосбережения в электрохимич. системах. Кременчук: КНУ. – 2011 (1). – С. 252-253.
5. Совершенствование методики расчета рабочих и пусковых характеристик асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором / А.М. Галиновский, В.А. Бобер, А.Н. Давыдов, А.С. Вишневский // Проблемы энергоресурсосбережения в электрохимич. системах. Кременчук: КНУ, – 2011 (1). – С. 276-277.
6. Шакарян Ю.Г. Асинхронизированные синхронные машины / Ю.Г. Шакарян – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 192 с.

Получено 12.07.2011



Галиновский
 Александр Михайлович,
 канд. техн. наук, доц.
 каф. электрохимии
 Нац. техн. ун-та Украины
 «КПИ», г. Киев, пр. Победы,
 37, тел.068 3579026
 e-mail: alga40@mail.ru



Вишневский
 Александр Станиславович,
 студент Нац. техн. ун-та
 Украины «КПИ», г. Киев, пр.
 Победы, 37, тел. 093-709-57-
 99