

УДК 621.313.333

В. Ф. ДЕННИК (канд.техн.наук, доц.)

Государственное высшее учебное заведение
«Донецкий национальный технический университет»
fedorov@skif.net

ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПИТАНИИ ИХ ОТ ИСТОЧНИКА ТОКА

Разработан пакет компьютерных программ, одна из которых позволяет рассчитывать характеристики АД (прежде всего механические) при его питании от источника ЭДС и изменяющейся частоте и величине напряжения источника, а другая предназначена для расчета характеристик АД при питании от источника тока с изменяющейся частотой. Выявлен ряд особенностей характеристик АД при питании их от источника тока.

Асинхронный двигатель, характеристики, частота, источник тока.

В последнее время асинхронные двигатели (АД) все чаще и чаще питаются от преобразователей частоты. В этом случае не исключен вариант, когда источник питания является источником тока и какие при этом будут характеристики АД в литературе практически не освещено. Особый интерес представляют характеристики АД в режиме динамического торможения (ДТ), т.е. при питании двигателя постоянным током. В данной статье поставлена задача осветить указанные выше вопросы.

Цель работы. Автором предпринята попытка исследования характеристик АД при их питании от источника тока, частота которого изменяется в широких пределах, в том числе может быть и нулевой.

Одной из основных отличительных особенностей случая питания АД от источника тока по сравнению с питанием от источника ЭДС является следующая. При питании АД от источника ЭДС магнитный поток двигателя остается примерно постоянным при любых скоростях вращения и нагрузках. При питании же двигателя от источника тока магнитный поток АД изменяется в широких пределах и его характеристики в сильной степени зависят от кривой намагничивания, а точнее от зависимости ЭДС фазы статора в функции намагничивающего тока. Если эту зависимость построить в относительных величинах, то она с удовлетворительной степенью точности может быть принята как универсальная для большинства типов двигателей, а именно для двигателей общего применения длительного режима, в том числе краново-металлургических, рольганговых и даже крупных прокатных двигателей [1,3]. Все эти двигатели выполняются насыщенными с близкими по форме кривыми намагничивания по соотношениям минимального веса.

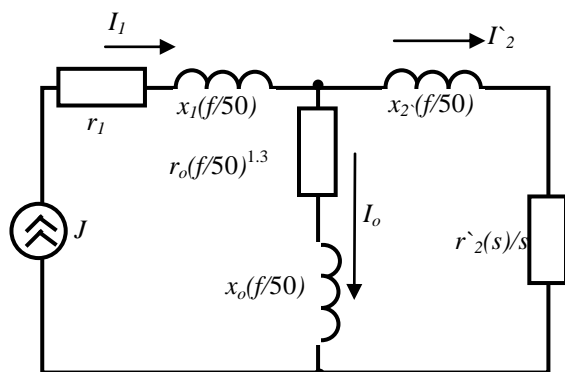


Рисунок 1 - Т-образная схема замещения асинхронного двигателя

В основу предпринятого исследования положена математическая модель асинхронного двигателя, построенная на использовании его Т-образной схемы замещения, трансформированной для случая изменяющейся частоты (рис.1). Параметры этой схемы при номинальной частоте 50 Гц (r_1 , r_2 , r_0 – активные сопротивления фаз статора, ротора и намагничивающей ветви, x_1 , x_2 , x_0 – индуктивные сопротивления рассеяния фаз статора, ротора и намагничивающей ветви) определялись по каталожным данным двигателей и уточнялись по методике, приведенной в [2, с.73-79]. При исследовании были приняты следующие допущения: не учитывались высшие гармонические составляющие напряжений и токов; r_1 не зависит от частоты; r_2 является функцией скольжения; потери в стали и соответственно r_0 пропорциональны частоте в степени 1.3; индуктивные сопротивления x_1 , x_2 и x_0 прямо пропорциональны частоте источника питания, кроме того сопротивления x_2 , x_0 зависят еще и от скольжения.

Для указанной выше математической модели разработан пакет компьютерных программ, одна из которых позволяет рассчитывать характеристики АД (прежде всего механические) при его питании от источника ЭДС и изменяющейся частоте и величине напряжения источника, а другая предназначена для расчета характеристик АД при питании от источника тока с изменяющейся частотой. В алгоритмах вышеуказанных программ в отличие от методики, приведенной в [1,3] учтены потери в стали и зависимости сопротивлений x_2 , x_0 от скольжения.

Объем данной статьи не позволяет осветить все результаты предпринятого исследования. Приведем только наиболее интересные на наш взгляд результаты. Для анализа полученных результатов в качестве © Денник В.Ф., 2011

базовых приняты параметры двигателя в стандартном режиме, т.е. при его питании от источника ЭДС с номинальным напряжением частотой 50 Гц (каталожные данные). На рис.2 приведена механическая характеристика рассматриваемого двигателя в стандартном режиме. В качестве иллюстрации результатов, полученных при исследовании характеристик АД при его питании от источника тока на рис.3 приведены механические характеристики (зависимость относительного момента $m=M/M_{ном}$ от скольжения s) двигателя 4A250S-4У3 при частоте питания 50 Гц и токах источника $J=I_{ном}$, $J=2I_{ном}$ и $J=3I_{ном}$, где $I_{ном}$ - номинальный ток двигателя в стандартном режиме, а на рис.4 приведены механические характеристики этого же двигателя при $J=I_{ном}$ и частотах питания 60 Гц, 50 Гц, 25 Гц, 10 Гц, а также в режиме динамического торможения.

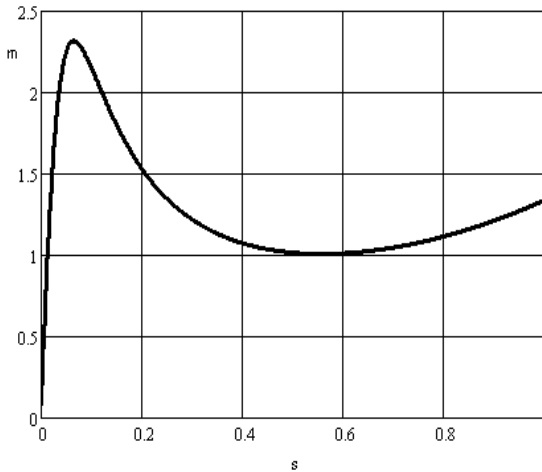


Рисунок 2 – Механические характеристики двигателя 4A250S-У3 в стандартном режиме

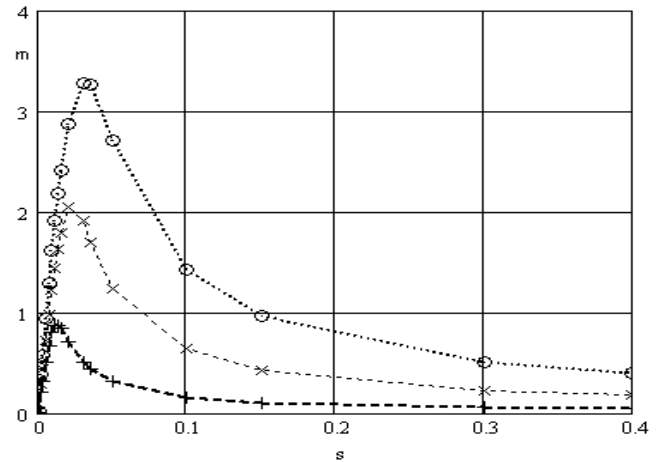


Рисунок 3 – Механические характеристики двигателя 4A250S-У3 при питании от источника тока: + - при $J=I_{ном}$; × - при $J=2I_{ном}$; о - при $J=3I_{ном}$

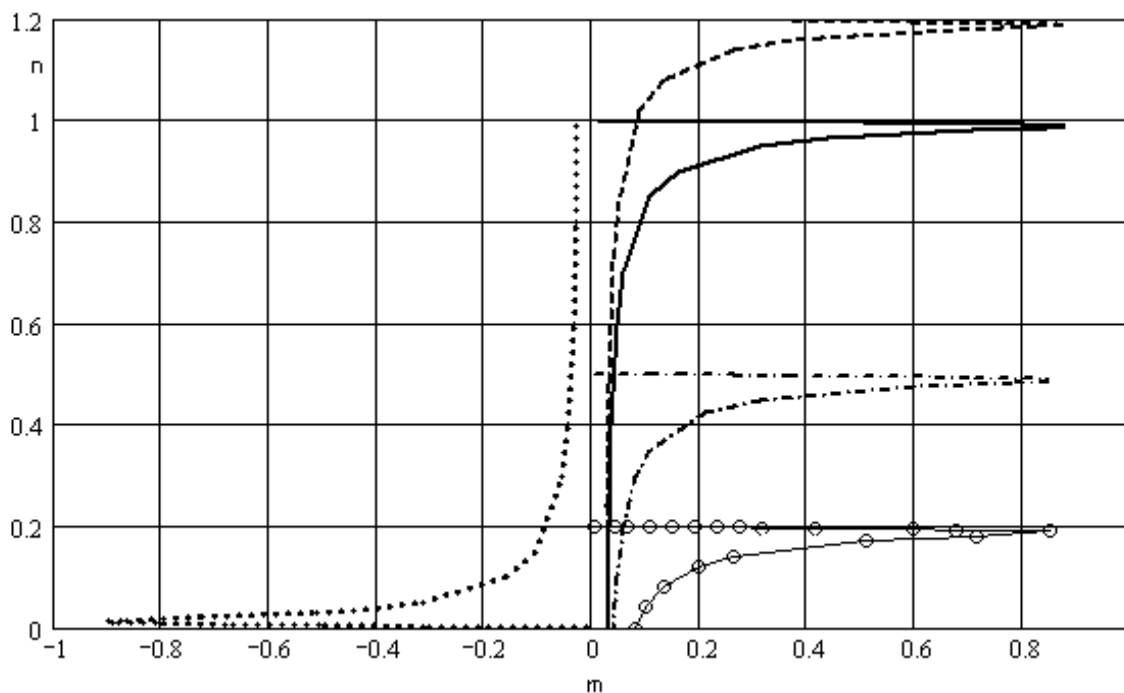


Рисунок 4 - Механические характеристики двигателя 4A250S-У3 при питании от источника тока $J=I_{ном}$: - - при $f=60$ Гц; - · - при $f=50$ Гц; · · · - при $f=25$ Гц; о при $f=10$ Гц; ··· в режиме динамического торможения

Сравнивая характеристики рис. 2-4, можно сделать некоторые выводы. Предварительные замечания: двигатель 4A250S-4У3 является короткозамкнутым и глубокопазым, поэтому в стандартном режиме его пусковой момент достаточно высокий ($m=1.3$) за счет вытеснения тока в роторной обмотке. При питании же от источника тока эффект вытеснения тока в роторе практически пропадает, хотя в компьютерной программе он учтен. В связи с этим на рис.2 характеристики показаны только до $s=0.4$. На рис.4 приведены зависимости относительной частоты вращения ротора $n=N/N_c$, где N - фактическая частота вращения, а N_c - синхронная частота вращения в стандартном режиме, от относительного момента m . Следует иметь в виду, что в режиме

динамического торможения под J понимается переменный ток, эквивалентный по намагничивающей силе току ДТ.

Результаты исследования. Анализируя характеристики рис.2-4 приходим к заключению, что при питании АД от источника тока при $J=I_{\text{НОМ}}$ сильно падают критический момент m_k и критическое скольжение s_k по сравнению со стандартным режимом. Подробнее это отражено в табл.1.

Таблица 1 – Зависимость критического момента m_k и критического скольжения s_k двигателя 4A250S-4У3 от режима его работы

Режим работы												
Стандартный	$f=50 \text{ Гц}$			$f=25 \text{ Гц}$			$f=10 \text{ Гц}$			ДТ		
	$J=I_{\text{НОМ}}$	$J=2I_{\text{НОМ}}$	$J=3I_{\text{НОМ}}$	$J=I_{\text{НОМ}}$	$J=2I_{\text{НОМ}}$	$J=3I_{\text{НОМ}}$	$J=I_{\text{НОМ}}$	$J=2I_{\text{НОМ}}$	$J=3I_{\text{НОМ}}$	$J=I_{\text{НОМ}}$	$J=2I_{\text{НОМ}}$	$J=3I_{\text{НОМ}}$
m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k	m_k
2.3	0.875	2.1	3.28	0.845	2.1	3.2	0.849	2.07	3.29	0.91	2.12	3.2
s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k	s_k
0.095	0.013	0.02	0.028	0.025	0.05	0.05	0.05	0.11	0.15	0.012	0.025	0.025

Анализируя полученные данные можно сделать ряд выводов.

1. Во всех исследованных режимах, в том числе и в режиме ДТ критический момент достигает значения, имеющего место в стандартном режиме, только при $J>2I_{\text{НОМ}}$.

2. При одном и том же J и изменении частоты от 0 до 60 Гц критический момент меняется незначительно.

3. При $f=50 \text{ Гц}$ и в режиме ДТ критическое скольжение растет с увеличением J , однако оно существенно меньше его значения в стандартном режиме даже при $J=5I_{\text{НОМ}}$.

4. При снижении частоты критическое скольжение возрастает и при $f=10 \text{ Гц}$ и $J=2I_{\text{НОМ}}$ уже превышает значение, имеющее место в стандартном режиме.

5. Не смотря на то, что при уменьшении частоты критическое скольжение падает, жесткость механических характеристик на рабочем участке при $f>10 \text{ Гц}$ выше, чем в стандартном режиме.

Значительный интерес представляет зависимость пускового момента двигателя от величины J . Эта зависимость определена с помощью разработанной компьютерной программы и представлена данными табл.2.

Таблица 2– Зависимость пускового момента m_p двигателя 4A250S-4У3 от величины тока источника питания

m_p	$f, \text{ Гц}$	Ток источника питания $J/I_{\text{НОМ}}$						
		1	2	3	4	5	6	7
	50	0.028	0.113	0.254	0.453	0.709	1.021	1.39
	25	0.037	0.151	0.34	0.606	0.946	1.359	1.843
	10	0.081	0.328	0.74	1.31	2.04	2.9	3.86

Из данных табл.2 следует, что пусковой момент:

- при $f=50 \text{ Гц}$ достигает такого же значения, как и в стандартном режиме только при $J=6.8I_{\text{НОМ}}$;

- при снижении частоты возрастает и при $f=25 \text{ Гц}$ и $f=10 \text{ Гц}$ достигает такого же значения, как и в стандартном режиме при $J=5.9I_{\text{НОМ}}$ и $J=4I_{\text{НОМ}}$ соответственно.

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что при питании АД от источника тока для обеспечения приемлемого пускового момента J должен быть достаточно высоким ($J/I_{\text{НОМ}}=4\div 6.8$), а для работы в длительном режиме – существенно меньшим ($J\approx I_{\text{НОМ}}$). Это должно быть предусмотрено в системе управления преобразователем частоты.

Вывод. Разработанный автором пакет компьютерных программ позволил при изменяющейся частоте исследовать характеристики АД как при питании их от источника ЭДС, так и от источника тока. В последнем случае выявлен ряд особенностей, из которых наиболее интересными являются зависимости критического скольжения, а также критического и пускового моментов от частоты источника питания и от величины тока источника J .

ЛИТЕРАТУРА

1. Радин В.И. Электрические машины: Асинхронные машины / Радин В.И., Брускин Д.Э., Зорохович А.Е. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.

2. Вареник Е.А. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по каталожным данным / Вареник Е.А., Фёдоров М.М., Денник В.Ф. // Взрывозащищенное электрооборудование: Сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2006. – с. 304.

3. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе / Вешеневский С.Н. – М.: «Энергия», 1977. – 482 с.

Надійшла до редколегії 15.03.2011

Рецензент: М.М.Федоров

В.Ф. ДЕННИК

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

Характеристики асинхронних двигунів при живленні їх від джерела струму. Розроблено пакет комп'ютерних програм, одна з яких дозволяє розраховувати характеристики АД (на сам перед механічні) при його живленні від джерела ЕРС та змінній частоті і величині напруги джерела, а друга призначена для розрахунку характеристик АД при живленні від джерела струму із змінною частотою. Виявлено ряд властивостей характеристик АД при живленні їх від джерела струму.

Асинхронний двигун, характеристики, частота, джерело струму.

V.DENNIK

State Institution of Higher Education
«Donetsk National Technical University»

Characteristics of Induction Motors Powered from Current Power Supply. The package of computer software is developed, one of programs allows to compute characteristics of the induction motors (mostly mechanical ones) while feeding from a e.m.f. source with changing frequency and voltage, and the second one is intended for the calculation of characteristics of the induction motors while feeding from a current source with changing frequency. The number of the induction motors characteristics features while feeding from a current source is found.

Induction motor, characteristics, frequency, current power supply.