

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Резник Д.В., ассист., Резник Е.А., ассист., Козяр С.В., студ.

Кременчугский государственный политехнический университет

имени Михаила Остроградского

39600, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20

E-mail: saue@polytech.poltava.ua

Введение. Определение параметров схем замещения асинхронных двигателей (АД) при решении задач управления, идентификации, паспортизации и пр. решаются различными методами с использованием частотных методов, схем замещения или анализа дифференциальных уравнений математических моделей [1-5]. Указанные методы обладают теми или иными достоинствами и недостатками. В большинстве случаев авторы сталкиваются с проблемой решения систем нелинейных уравнений и выбора начальных приближений. Одним из наиболее перспективных методов является метод с использованием энергетического критерия [4-5]. И хотя этот метод также требует решения систем нелинейных алгебраических уравнений, он позволяет получить более точные параметры двигателя. Известно, что решение систем нелинейных уравнений требует корректного задания начальных приближений, а в некоторых случаях это является отдельной задачей.

Цель работы. Определение начальных приближений при определении параметров схемы замещения АД.

Материалы и результаты исследования. На заключительном этапе процесса идентификации параметров АД различные итерационные или поисковые методы решения систем нелинейных уравнений осуществляют их уточнение. Для обеспечения сходимости в процессе поиска начальные приближения параметров схемы замещения должны быть заданы как можно точнее или находиться в диапазоне их реального существования.

Наиболее разумным, по нашему мнению, является использование в качестве начальных приближений каталожных данных двигателя. Однако использование такого подхода вызывает затруднения: с одной стороны, каталожные данные, как правило, не содержат параметров схемы замещения; с другой стороны, особенно когда двигатель долгое время находился в эксплуатации или многократно ремонтировался, – не всегда возможно точно установить его тип. Но во всех случаях известными являются номинальная

мощность АД P_n и его синхронная угловая частота вращения ω_0 .

На основании информации о P_n и ω_0 установим зависимости параметров схемы замещения АД - R_1, R_2, X_1, X_2, X_k - активных и индуктивных сопротивлений статора и ротора, контура намагничивания и основных эксплуатационных параметров: s_n, s_k, M_n, M_k - номинального и критического скольжений, пускового и критического моментов.

Анализ справочных данных [7] позволил получить ряд зависимостей для АД серии 4А с защитой IP4. Зависимости изменения скольжений приведены на рис. 1.

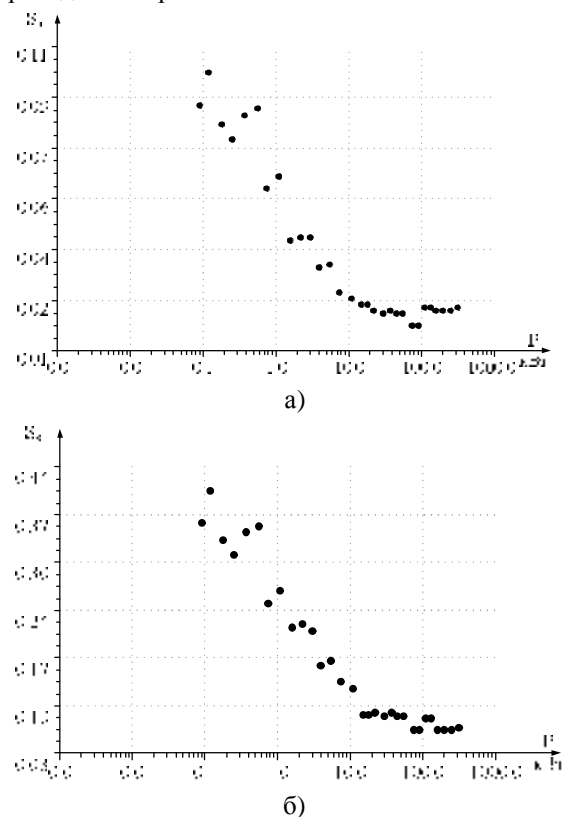


Рисунок 1 – Зависимость номинального (а) и критического (б) скольжений асинхронного двигателя серии 4А от мощности двигателя

Полученные зависимости скольжений от мощности можно аппроксимировать известными методами. Коэффициенты регрессионных моделей найдены с использованием метода наименьших квадратов. Выбор наиболее точной модели производится по статической ошибке и коэффициенту корреляции.

Зависимости скольжений от мощности наиболее точно описываются сигмоидальными моделями, в частности, ММФ моделью в виде:

$$s_{n,k} = \frac{ab + cP^d}{b + P^d}, \quad (1)$$

где P – мощность двигателя; a, b, c, d – коэффициенты регрессионной модели.

Коэффициенты модели, статическая ошибка и коэффициент корреляции для номинального и критического скольжений приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Коэффициенты модели (1) для номинального и критического скольжений

Типоразмер двигателя	Синхронная скорость, об/мин	S_n						S_k					
		Коэффициенты интерполяционных выражений				Статическая ошибка	Коэффициент корреляции	Коэффициенты интерполяционных выражений				Статическая ошибка	Коэффициент корреляции
		a	b	c	d			a	b	c	d		
4А с защитой IP4	3000	0,092	1,435	0,018	1,204	0,005	0,985	0,393	1,581	0,065	0,9	0,019	0,986
	1500	0,089	2,375	0,011	0,966	0,005	0,987	0,376	2,555	0,032	0,788	0,021	0,984
	1000	0,007	1,755	18,56	-0,6	0,004	0,996	0,567	1,146	0,049	0,799	0,021	0,989
	750	-0,002	11,5	0,922	-0,363	0,008	0,969	0,271	12624	0,073	6,44	0,037	0,941
	600	0,017	8,39	0,017	0,281	0,001	0,7	0,058	12,98	0,058	-0,17	0,005	0,391
	500	0,021	14,67	0,02	-0,5	0	1	0,069	14,96	0,067	-0,56	0	1

Характер изменения индуктивных сопротивлений статора (X_1), ротора (X_2), короткого замыкания (X_K) и активных сопротивлений статора (R_1) и ротора (R_2) в зависимости от мощности двигателя аналогичен изменению скольжения – с увеличением мощности они уменьшаются. Поэтому зависимость параметров схемы замещения также запишем в виде сигмоидальной модели (1):

$$R_{1,2} = \frac{ef + cP^h}{f + P^h}, \quad (2)$$

$$X_{1,2,k} = \frac{nm + kP^l}{m + P^l}, \quad (3)$$

где P – мощность двигателя; e, f, g, h, n, m, k, l – коэффициенты модели.

Значения коэффициентов для R_1, R_2, X_1, X_2, X_k приведены в табл. 2-4. Зависимости изменения параметров схемы замещения от мощности приведены на рис. 2-6.

В отличие от рассмотренных ранее параметров критический (M_K) и пусковой (M_{II}) моменты увеличиваются с увеличением мощности асинхронного двигателя. Для описания зависимости моментов от

мощности также возможно использование модели (1):

$$M_{n,k} = \frac{qs + zP^y}{s + P^y}, \quad (4)$$

где P – мощность двигателя; q, s, z, y – коэффициенты модели.

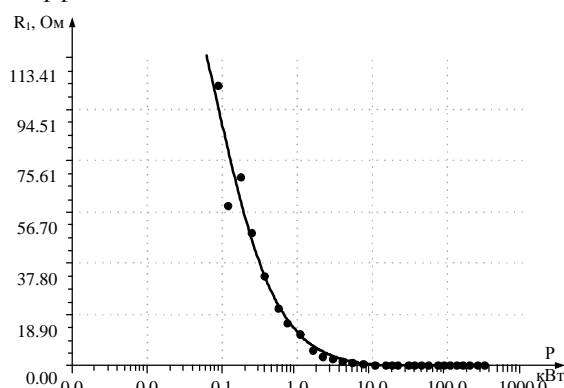


Рисунок 2 – Зависимость R_1 от мощности АД

Коэффициенты интерполяционного выражения для моментов сведены в таблицу 5, а зависимости изменения моментов приведены на рис. 7 – 8.

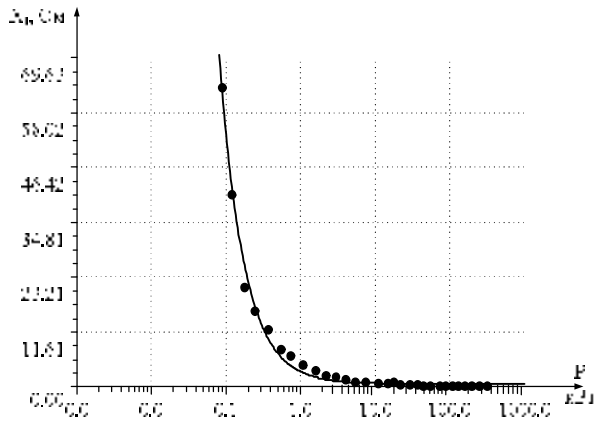


Рисунок 3 – Зависимость X_1 от мощности АД

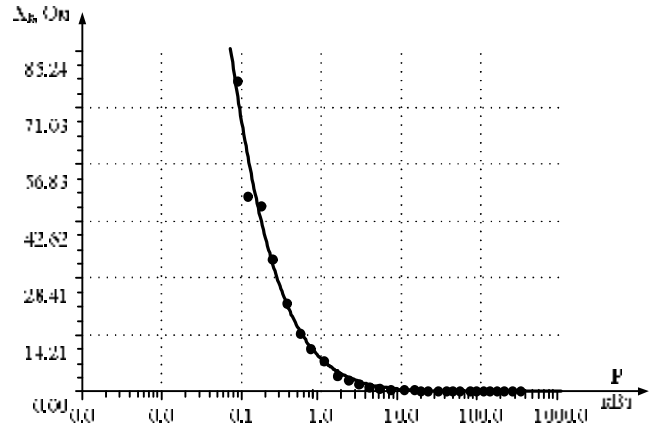


Рисунок 6 – Зависимость X_k от мощности АД

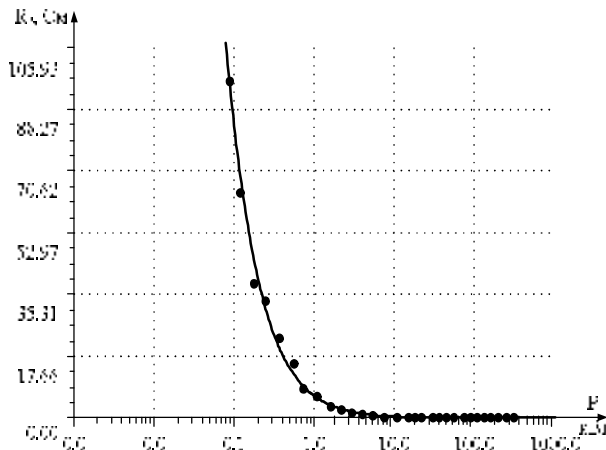


Рисунок 4 – Зависимость R_2 от мощности АД

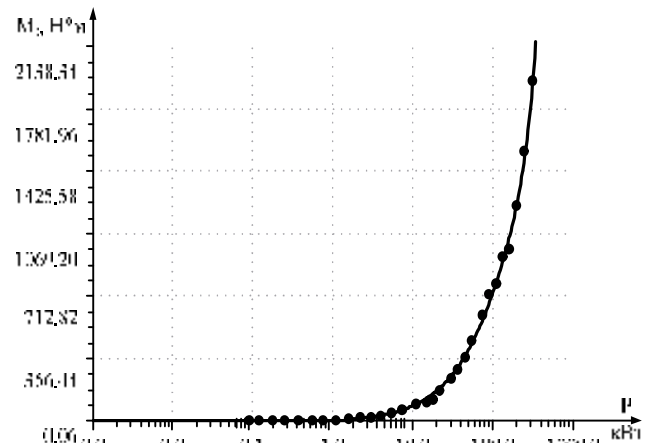


Рисунок 7 – Зависимость M_k от мощности АД

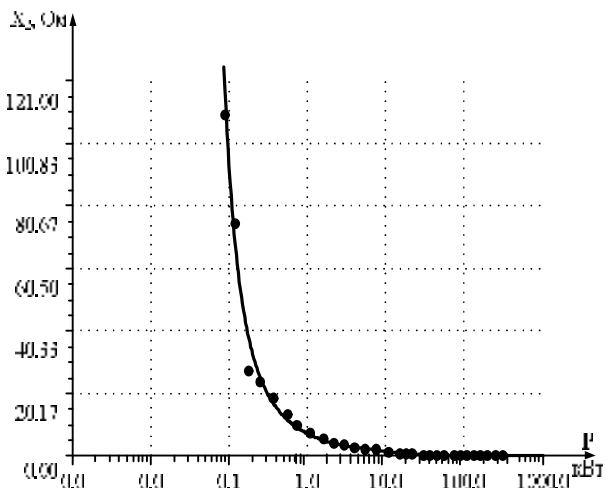


Рисунок 5 – Зависимость X_2 от мощности АД

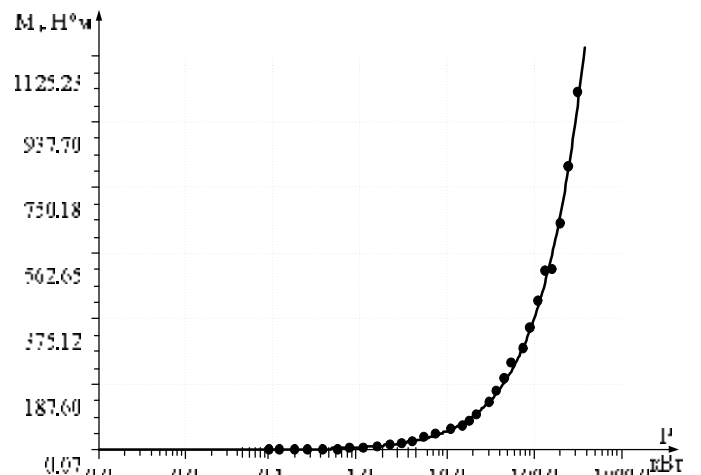


Рисунок 8 – Зависимость M_{II} от мощности АД

Таблица 2 – Коэффициенты модели (2) для параметров схемы замещения АД

Типоразмер двигателя	Синхронная скорость, об/мин	R ₁						R ₂					
		Коэффициенты модели				Статическая ошибка	Коэфф. корреляции	Коэффициенты модели				Статическая ошибка	Коэфф. корреляции
		<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>			<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>		
4А с защитой IP4	3000	197,9	0,069	-0,486	1,071	4,81	0,984	779,8	0,008	0,073	1,169	1,91	0,997
	1500	169,5	0,064	-0,145	0,195	5,27	0,986	-0,479	-1*10 ⁷	-9*10 ⁷	-1,035	1,53	0,999
	1000	473,5	0,018	0,275	1,244	2,04	0,994	176,3	0,048	0,016	1,4	0,096	1
	750	175,9	0,052	0,122	1,39	0,14	1	354,9	0,018	0,277	1,564	0,836	0,998

Таблица 3 – Коэффициенты модели (3) для параметров схемы замещения АД

Типоразмер двигателя	Синхронная скорость, об/мин	X ₁						X ₂					
		Коэффициенты модели				Статическая ошибка	Коэфф. корреляции	Коэффициенты модели				Статическая ошибка	Коэфф. корреляции
		<i>n</i>	<i>m</i>	<i>k</i>	<i>l</i>			<i>n</i>	<i>m</i>	<i>k</i>	<i>l</i>		
4А с защитой IP4	3000	0,731	1879	4695	-1,326	1,3	0,995	0,174	-0,28	-0,021	-0,939	0,31	1
	1500	0,069	-1*10 ⁷	-8*10 ⁷	-1,084	1,15	0,999	365,9	0,039	-0,23	0,903	1,36	0,999
	1000	259,3	0,031	0,128	1,025	0,75	0,998	139	0,112	-0,175	0,957	1,34	0,996
	750	170	0,059	0,22	1,14	0,36	0,999	127,2	0,172	0,013	1,166	0,97	0,998
Типоразмер двигателя	Синхронная скорость, об/мин	X _k						Статическая ошибка	Коэффициент корреляции				
		Коэффициенты модели											
4А с защитой IP4	3000	0,028	0,031	-0,277	1	2,3	0,993						
	1500	-0,487	-2*10 ⁷	-1,6*10 ⁸	-0,84	1,84	0,995						
	1000	68,76	0,071	0,047	1,283	0,066	1						
	750	73,48	0,055	0,062	1,317	0,1	1						

Таблица 4 – Коэффициенты модели (4) для пускового и критического моментов АД

Типоразмер двигателя	Синхронная скорость, об/мин	M _п						M _к					
		Коэффициенты модели				Статическая ошибка	Коэфф. корреляции	Коэффициенты модели				Статическая ошибка	Коэфф. корреляции
		<i>q</i>	<i>s</i>	<i>z</i>	<i>y</i>			<i>q</i>	<i>s</i>	<i>z</i>	<i>y</i>		
4А с защитой IP4	3000	0,58	1,3*10 ⁴	1*10 ⁵	0,847	15,37	0,998	-5,99	9,6	-0,027	5*10 ⁻⁵	21,3	0,999
	1500	20,28	2544	2*10 ⁴	1,036	35	0,999	-2,125	4415	9*10 ⁴	0,933	56	0,999
	1000	56,35	2*10 ⁴	7*10 ⁴	1,23	80,3	0,995	11,28	3318	6*10 ⁴	1,042	28,3	1
	750	21,66	5*10 ³	6*10 ⁴	1,043	27,6	0,999	53,74	1600	13*10 ⁴	1,336	126	0,996

Выводы. Выполненные исследования позволили получить универсальную модель зависимости параметров схемы замещения и эксплуатационных параметров двигателя от его мощности. Использование моделей позволяет определить начальные условия для решения задач идентификации параметров схемы замещения АД. Предложенный подход может быть легко применен для других типов электрических машин – АД с фазным ротором, синхронных двигателей, а также машин постоянного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И., Калинов А.П., Ромашихин Ю.В. Развитие частотных методов оценки параметров двигателей переменного тока // Вісник КДПУ. Наукові праці КДПУ. – Вип. 5 (34). – Кременчук: КДПУ, 2005. – С. 43-46.
 2. Родькин Д.И., Здор И.В. Современные методы определения параметров асинхронных двигателей после их ремонта // Вестник КГПУ. Труды КГПИ. – 2000, Вып. 1. – С. 76-81.
 3. Рогозин Г.Г. Визначення електромагнітних параметрів машин змінного струму. – К.: Техніка, 1992. – 168 с.
 4. Калинов А.П., Резник Д.В., Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Определение электромагнитных параметров асинхронных двигателей при питании напряжением низких частот // Вісник КДПУ. Наукові праці КДПУ. – Вип. 4. – Частина 1(39). – Кременчук: КДПУ. – 2006. – С. 117 - 121.
 5. Родькин Д.И., Калинов А.П., Ромашихин Ю.В. Эффективность метода энергодиагностики параметров двигателей переменного тока // Электроприводы переменного тока: Труды междунар. четырнадцатой науч.-техн. конф. – Екатеринбург. – 2007. – С. 273 - 277.
 6. Резник Д.В., Родькин Д.И., Калинов А.П. Повышение точности определения электромагнитных параметров асинхронных двигателей при использовании низкочастотного испытательного напряжения // Вісник КДПУ. Наукові праці КДПУ. – Вип. 3. – Частина 2(44). – Кременчук: КДПУ. – 2007. – С. 144 - 149.
- Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболевская Е.А. Справочник. Асинхронные двигатели серии 4А. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.