

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОСОБА РАСЧЕТА ПРОЕКЦИЙ ТОКА СТАТОРА
В ВЕКТОРНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Кириллов Р.С.

Научный руководитель - Карякин А.Л.

Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Повышенные требования к качеству переходных процессов, к энергетическим показателям привода, а также доступность технических средств делает экономически целесообразным применение векторной системы управления в приводах самого различного назначения.

Внедрение в проекты векторной системы управления электроприводом сопряжено с определенными трудностями на стадии создания модели электропривода. Основной задачей при создании модели является определение базисных величин проекций тока статора $I_{1\alpha}$, $I_{1\beta}$ на оси α , β и потокосцепления ротора Ψ_2 . Методы расчета основаны на известных соотношениях для полного тока статора и тока холостого хода. В работе нами предложен новый метод расчета и выполнена оценка достоверности известных и предлагаемого методов расчета проекций токов статора.

При ориентации оси α по вектору потокосцепления ротора, ток $I_{1\alpha}$ будет определять величину потокосцепления ротора, т.е. будет равен току намагничивания. Ток намагничивания в асинхронной машине можно определить из уравнения идеального холостого хода двигателя, на основании параметров Т-образной схемы замещения. Известны методы расчета: 1) по относительному амплитудному значению полного тока

$$I_{1\alpha} = \frac{\sqrt{2} \cdot I_1}{\sqrt{1 + (X_m + X_2)^2 \cdot \left(\frac{S_n}{R_2}\right)^2}}, \quad I_{1\beta} = \sqrt{(\sqrt{2} \cdot I_1)^2 - I_{1\alpha}^2}$$

2) метод, основанный на упрощенном уравнении тока холостого хода

$$I_{1\alpha} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_1}{\sqrt{R_1^2 + (X_m + X_1)^2}}, \quad I_{1\beta} = \sqrt{(\sqrt{2} \cdot I_1)^2 - I_{1\alpha}^2}$$

Предлагаемый метод основан на точном расчете в комплексном виде проекций векторов

$$I_{1\alpha} = \sqrt{2} \cdot I_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{-R_1 \cdot \sin \varphi - X_1 \cdot \cos \varphi}{X_m}\right)^2 + \left(\frac{X_1 \cdot \sin \varphi + R_1 \cdot \cos \varphi - \frac{U_1}{I_1}}{X_m}\right)^2}$$

$$I_{1\beta} = \sqrt{2} \cdot I_1 \cdot \sqrt{\left(\cos \varphi - \frac{-R_1 \cdot \sin \varphi - X_1 \cdot \cos \varphi}{X_m}\right)^2 + \left(\sin \varphi - \frac{X_1 \cdot \sin \varphi + R_1 \cdot \cos \varphi - \frac{U_1}{I_1}}{X_m}\right)^2}$$

Общим для всех методов будет выражение для потокосцепления ротора:

$$\Psi_2 = L_m \cdot I_{1\alpha}$$

Электромагнитный момент

$$M_{э.расч.} = \frac{3}{2} \cdot p_{II} \cdot k_2 \cdot \Psi_2 \cdot I_{1\beta}$$

В уравнениях обозначено:

I_1 - ток статора двигателя в номинальном режиме, А;

U_1 - номинальное фазное напряжение на статоре, В;

X_m - индуктивное сопротивление намагничивающего контура, Ом;

X_1 - индуктивное сопротивление рассеяния фазы статора, Ом;

X_2 - индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора, приведенное к статору, Ом;

R_1 - активное сопротивление фазы статора, Ом;

R_2 - активное сопротивление фазы ротора, приведенное к статору, Ом;

S_n - номинальное скольжение;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности двигателя в номинальном режиме;

k_2 - коэффициент электромагнитной связи ротора;

p_{II} - число пар полюсов машины.

По всем методам произведен расчет для девяти типов двигателей. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты расчета проекций токов и модуля потокосцепления

Тип двигателя	P_n , кВт	p_{II}	$M_{ном}$, Нм	B_1			B_2			B_3		
				$I_{1\alpha}$, А	$I_{1\beta}$, А	Ψ_2 , Вб	$I_{1\alpha}$, А	$I_{1\beta}$, А	Ψ_2 , Вб	$I_{1\alpha}$, А	$I_{1\beta}$, А	Ψ_2 , Вб
A132M2	11	1	36.63	12.58	27.71	0.93	13.17	27.44	0.97	12.51	27.69	0.92
A280S2	110	1	354.87	55.42	273.95	1.01	53.65	274.30	0.98	51.89	264.55	0.95
A315M2	200	1	641.32	166.61	479.14	0.99	163.25	480.29	0.97	160.64	464.06	0.95
A132M4	11	2	72.95	13.72	28.78	0.96	13.84	28.73	0.97	13.13	28.12	0.92
A280S4	110	2	714.57	88.41	263.90	0.97	88.85	263.75	0.97	86.47	258.49	0.95
A315M4	200	2	1286.97	318.71	418.80	0.83	363.13	380.93	0.94	366.97	478.65	0.95
АНР160S6	11	3	108.29	17.21	28.20	0.90	18.17	27.59	0.95	17.46	28.70	0.91
A315S6	110	3	1064.26	71.16	267.54	0.97	70.86	267.62	0.97	68.90	260.09	0.94
A355SMB6	200	3	1923.32	191.02	503.97	0.99	184.36	506.45	0.95	179.82	480.31	0.93

Табл. 2. Результаты оценки погрешности расчета электромагнитного момента

Тип двигателя	P_n , кВт	p_{II}	$M_{ном}$, Нм	B_1		B_2		B_3	
				$M_{расч}$, Нм	$\delta M_{э.расч}$, %	$M_{расч}$, Нм	$\delta M_{э.расч}$, %	$M_{расч}$, Нм	$\delta M_{э.расч}$, %
A132M2	11	1	36.63	37.66	-2.82	39.04	-6.58	37.41	-2.14
A280S2	110	1	354.87	408.35	-15.07	395.83	-11.54	369.22	-4.04
A315M2	200	1	641.32	689.29	-7.48	677.03	-5.57	643.67	-0.37
A132M4	11	2	72.95	80.35	-10.15	80.89	-10.89	75.10	-2.95
A280S4	110	2	714.57	746.22	-4.43	749.54	-4.89	714.88	-0.04
A315M4	200	2	1286.97	973.01	24.39	1008.37	21.65	1280.47	0.51
АНР160S6	11	3	108.29	108.46	-0.16	112.05	-3.47	111.95	-3.38
A315S6	110	3	1064.26	1140.33	-7.15	1135.76	-6.72	1073.36	-0.86
A355SMB6	200	3	1923.32	2132.78	-10.89	2068.53	-7.55	1913.48	0.51

В таблице обозначено: В₁ - метод расчета относительно амплитудного значения полного тока, В₂ - метод расчета основанный на упрощенном уравнении тока холостого хода, В₃ - предлагаемый метод.

В качестве критерия оценки результата выбрано условие на соответствие номинального электромагнитного момента двигателя и расчетного электромагнитного момента:

$$\delta M_{\text{э.расч.}} = \frac{M_{\text{э.}} - M_{\text{э.расч.}}}{M_{\text{э.}}} \cdot 100\%.$$

где $M_{\text{э.}} = \frac{P_n}{\omega_p}$

Оценка погрешности расчета электромагнитного момента показывает, что данный метод можно применять для построения математических моделей векторной системы управления электроприводом переменного тока. Метод обеспечивает погрешность по выбранному критерию не хуже 5% для выбранных двигателей.