

Лабораторна робота 3 Моделювання електро механічних перетворювачів

Узагальнена ЕМ є дво полюсною дво фазною симетричною ідеалізованою машиною, що має по дві пари обмоток на роторі і статорі (рис. 1).

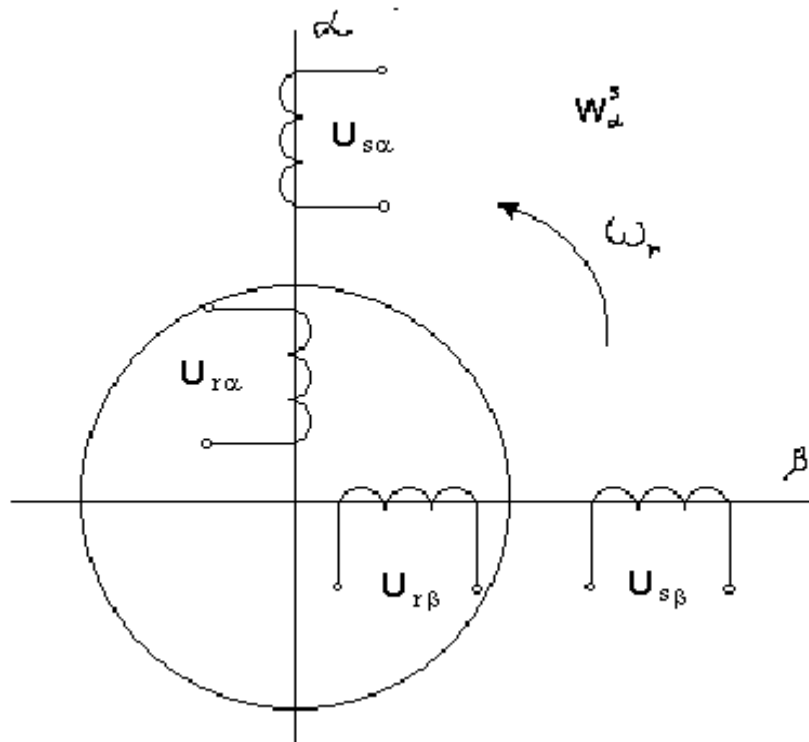


Рис. 1

При зрушенні обмоток у просторі на 90° і при подачі на ці обмотки синусоїдальних напруг з однаковою амплітудою, зрушених у часі на 90° , буде створено магнітне поле, що обертається. Магнітні поля, створені струмами, що протікають в обмотках статора та ротора, нерухомі один щодо одного.

У системі координат α, β осі обмоток статора і ротора збігаються, а ротор нерухомий. Рівняння електричної рівноваги для обмоток статора та ротора мають вигляд:

$u_{s\alpha}$	=	$r_{s\alpha} + \frac{d}{dt} L_{s\alpha}$	$\frac{d}{dt} M$	0	0	x	$i_{s\alpha}$
$u_{r\alpha}$		$\frac{d}{dt} M$	$r_{r\alpha} + \frac{d}{dt} L_{r\alpha}$	$\omega_r L_{r\beta}$	$\omega_r M$		$i_{r\alpha}$
$u_{r\beta}$		$-\omega_r M$	$-\omega_r L_{r\alpha}$	$r_{r\beta} + \frac{d}{dt} L_{r\beta}$	$\frac{d}{dt} M$		$i_{r\beta}$
$u_{s\beta}$		0	0	$\frac{d}{dt} M$	$r_{s\beta} + \frac{d}{dt} L_{s\beta}$		$i_{s\beta}$

У наведеній системі рівнянь $u_{s\alpha}, u_{r\alpha}, u_{r\beta}, u_{s\beta}, i_{s\alpha}, i_{r\alpha}, i_{r\beta}, i_{s\beta}$ – відповідно напруги та струми в обмотках статора та ротора по осях α та β ; $r_{s\alpha}, r_{r\alpha}, r_{r\beta}, r_s$ – активні опори обмоток статора та ротора.

Індуктивності $L_{s\alpha}, L_{r\alpha}, L_{r\beta}, L_{s\beta}$ - власні (повні) індуктивності обмоток ротора і статора, а M - взаємна індуктивність обмоток.

Рух ротора ЕМ описується рівнянням руху:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_s \pm M_c,$$

де M_c - зовнішній момент, прикладений до валу ЕМ (якщо він спрямований назустріч електромагнітному моменту, то в рівнянні слід записати знак "-", у випадку, коли напрямки M_e і M_c збігаються, необхідно підсумовувати ці моменти); J - момент інерції частин ЕМ, що обертаються, і наведений момент інерції пов'язаних з ними тіл; ω_r - частота обертання ротора ЕМ; p – число пар полюсів.

У наведених вище рівняннях є п'ять незалежних змінних (напруги та момент опору) та п'ять невідомих (струми в обмотках та кутова частота). Активні опори, індуктивності, взаємна індуктивність та момент інерції є параметрами та їх значення мають бути відомі під час моделювання.

Для багатофазної та багатополусної ЕМ рівняння електромагнітного моменту можна записати у вигляді:

$$M_s = \frac{mpM}{2} (i_{s\beta} i_{ra} - i_{sa} i_{r\beta}).$$

Завдання

Скласти опис моделі та завдання на моделювання асинхронного електродвигуна у системі координат α, β , взявши значення його параметрів з таблиці 1, а умови моделювання – з табл. 2 для свого варіанта.

Виконати моделювання перехідних процесів в електродвигуні за його розгоні до номінальної частоти обертання.

Таблиця 1.

Параметри електродвигуна, що моделюється.	
Найменування параметрів	Значення
Активні опори:	
обмоток статора, Ом	3.57
обмоток ротора, Ом	3.8
Власні (повні) індуктивності:	
обмоток статора, Гн	0.2787
обмоток ротора, Гн	0.2892
Взаємна індуктивність, Гн	0.2628
Момент інерції двигуна, кгм ²	0.015
Момент інерції навантаження, кгм ²	0.015
Число пар полюсів	3
Число фаз	3
Напруга мережі фазна,	220
Частота живлення, Гц	50

Таблиця 2.

Варіанти завдань на моделювання

№ вар.	Завдання на моделювання
1	Розгін на неодруженому ході, підключити навантаження 20 Нм при $t = 0.3$ с
2	Розгін із навантаженням 0.2 Нм
3	Розгін на неодруженому ході, підключити навантаження 0.2 Нм при $t = 0.5$ с
4	Розгін із навантаженням 20 Нм
5	Розгін із навантаженням 25 Нм, відключити навантаження при $t = 0.5$ с
6	Розгін при навантаженні, що змінюється від 10 Нм при $t = 0$ с до 25 Нм при $t = 0.4$ с
7	Розгін із навантаженням 3 Нм, відключити навантаження при $t = 0.8$ с
8	Розгін при навантаженні, що змінюється від 1 Нм при $t = 0$ с до 2.5 Нм при $t = 0.6$ с

9	Розгін при навантаженні, що змінюється від 25 Нм при t = 0 с до 10 Нм при t = 0.9 с
10	Розгін із навантаженням 1 Нм
11	Розгін із навантаженням 1.5 Нм, відключити навантаження при t = 0.85 с
12	Розгін при навантаженні, що змінюється від 0.30 Нм при t = 0 с до 0.45 Нм при t = 1.4 с
13	Розгін із навантаженням 0.35 Нм, відключити навантаження при t = 1.8 с
14	Розгін при навантаженні, що змінюється від 1 Нм при t = 0 с до 2.5 Нм при t = 2.6 с
15	Розгін при навантаженні, що змінюється від 2.5 Нм при t = 0 с до 1.0 Нм при t = 1.9 с

Представимо систему рівнянь для струмів у вигляді:

$$\begin{aligned}
 u_{as} - i_{as}r_{as} - M \frac{di_{ar}}{dt} &= L_{as} \frac{di_{as}}{dt} \\
 u_{bs} - i_{bs}r_{bs} - M \frac{di_{br}}{dt} &= L_{bs} \frac{di_{bs}}{dt} \\
 u_{ar} - i_{ar}r_{ar} - M \frac{di_{as}}{dt} - L_{br}i_{br}\omega - Mi_{bs}\omega &= L_{ar} \frac{di_{ar}}{dt} \\
 u_{br} - i_{br}r_{br} + Mi_{as}\omega + L_{ra}i_{ra}\omega - M \frac{di_{bs}}{dt} &= L_{br} \frac{di_{br}}{dt}
 \end{aligned}$$

Знайдемо вираз для похідної i_{as} підстановкою, тоді

$$u_{as} - i_{as}r_{as} - M \left(u_{ar} - i_{ar}r_{ar} - M \frac{di_{as}}{dt} - L_{br}i_{br}\omega - Mi_{bs}\omega \right) / L_{ar} = L_{as} \frac{di_{as}}{dt}$$

приймаємо $L_{ar} = L_{br} = L_r$, $L_{as} = L_{bs} = L_s$, $r_{as} = r_{bs} = r_s$, $r_{ar} = r_{br} = r_r$

і вводимо $k_1 = M / L_r$, $k_2 = 1 / (L_s - M^2 / L_r) = 1 / (L_s - Mk_1)$

$$\frac{di_{as}}{dt} = (u_{as} - i_{as}r_s)k_2 - k_1k_2(u_{ar} - i_{ar}r_r - L_r i_{br}\omega - Mi_{bs}\omega)$$

аналогічно для i_{bs} маємо

$$\frac{di_{bs}}{dt} = (u_{bs} - i_{bs}r_s)k_2 - k_1k_2(u_{br} - i_{br}r_r + Mi_{as}\omega + L_r i_{ra}\omega)$$

Для i_{ar} , приймаючи $k_3 = M / L_s$, $k_4 = 1 / (L_r - M^2 / L_s) = 1 / (L_r - Mk_3)$ маємо

$$\frac{di_{ar}}{dt} = (u_{ar} - i_{ar}r_r)k_4 - k_3k_4(u_{as} - i_{as}r_s) - k_4\omega(L_r i_{br} + Mi_{bs})$$

аналогічно отримуємо вираз для i_{br}

$$\frac{di_{br}}{dt} = (u_{br} - i_{br}r_r)k_4 - k_3k_4(u_{bs} - i_{bs}r_s) + k_4\omega(Mi_{as} + L_r i_{ra})$$

У результаті маємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned}
 \frac{di_{as}}{dt} &= (u_{as} - i_{as}r_s)k_2 - k_1k_2(u_{ar} - i_{ar}r_r) + k_1k_2\omega(L_r i_{br} + Mi_{bs}) \\
 \frac{di_{bs}}{dt} &= (u_{bs} - i_{bs}r_s)k_2 - k_1k_2(u_{br} - i_{br}r_r) - k_1k_2\omega(Mi_{as} + L_r i_{ra}) \\
 \frac{di_{ar}}{dt} &= (u_{ar} - i_{ar}r_r)k_4 - k_3k_4(u_{as} - i_{as}r_s) - k_4\omega(L_r i_{br} + Mi_{bs})
 \end{aligned}$$

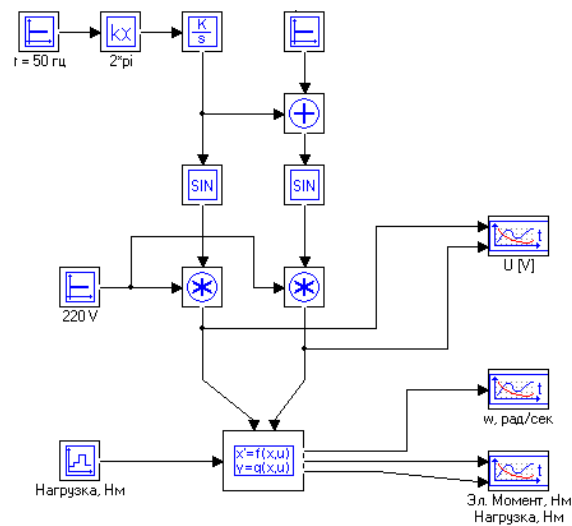
$$\frac{d\boldsymbol{i}_{br}}{dt}=\left(\boldsymbol{u}_{br}-\boldsymbol{i}_{br}\boldsymbol{r}_r\right)\boldsymbol{k}_4-\boldsymbol{k}_3\boldsymbol{k}_4\left(\boldsymbol{u}_{bs}-\boldsymbol{i}_{bs}\boldsymbol{r}_s\right)+\boldsymbol{k}_4\boldsymbol{\omega}\left(\boldsymbol{M}\boldsymbol{i}_{as}+\boldsymbol{L}_r\boldsymbol{i}_{ra}\right)$$

$$J\frac{d\omega}{dt}=M_{\mathfrak{z}}\pm M_{\mathfrak{c}}$$

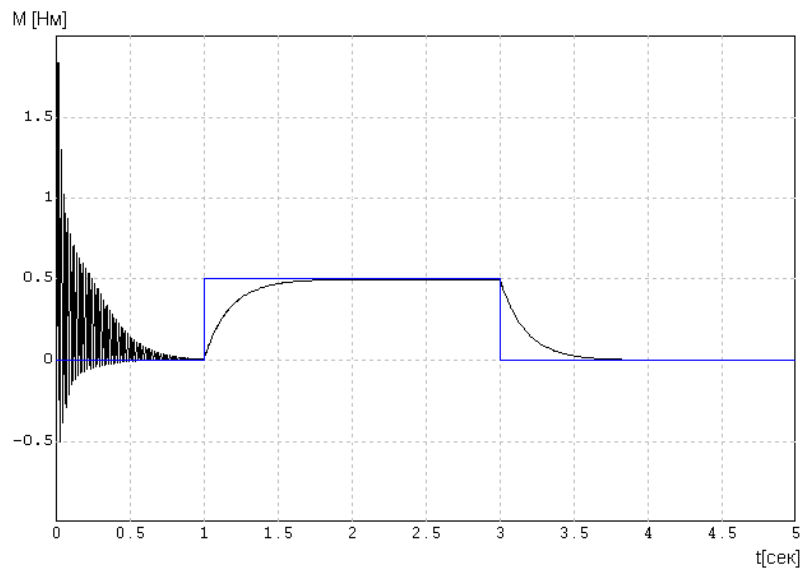
{Момент інерції двигуна}
 $J=0.015$;
 {момент інерції навантаження}
 $J_n = 0.015$;
 {число фаз та полюсів}
 $m=3$; $p=3$;
 { $M=0.2628$ }
 $M = 0.2628$;
 $R_c=3.57$;
 $R_r = 3.8$;
 $L_c=0.2728$;
 $L_r = 0.2892$;
 $w'=Me/J-Mc/J_n$;

output w , Me , Mc ;

{output w , w' , Me , Mc , isa , isb , ira , irb ; }



Электромагнитный момент и нагрузка



Угловая Частота

