

УДК 621.313.33

В.В. Лишук, Й.Р.Селепина

Луцький національний технічний університет, Україна

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМАХ САМОЗАПУСКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

V.V. Lyshuk, J.R.Selepyna, Ph.D.

ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN THE SYSTEMS OF START OF ELECTRIC MASHINE

Одна з типових задач електромеханіки – розрахунок режимів самозапуску електричних машин [1, 2]. Розрахунок самозапуску електричних машин зводиться до розрахунку перехідних процесів в системі утвореній групою паралельно працюючих машин, що живляться від спільного трансформатора.

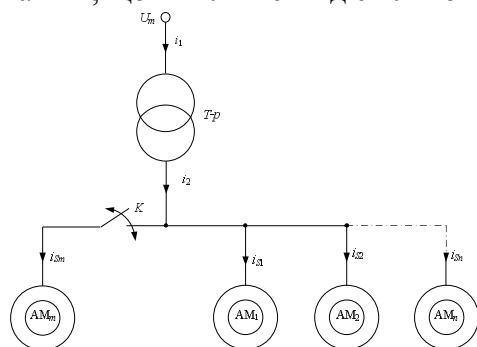


Рис. 1. Структурна схема електромеханічної системи.

Така система умовно зображена на рис.1, де коло містить один груповий вузол.

У процесі самозапуску можна виділити два основні етапи.

а) Вибіг електричних машин (одиничний чи груповий). Одиничний вибіг – це вибіг одного двигуна від’єданого від мережі. У груповому вибігу приймають участь декілька двигунів, які утворюють спільне електричне коло, де спостерігається обмін електроенергією між окремими машинами.

б) Розгін і відновлення робочого режиму.

Вибіг електричних машин. Для ілюстрації узагальнених законів комутації розглянемо комутаційний процес у конкретній системі вибігу групи паралельно сполучених електричних машин, що живилися від спільного трансформатора.

$$\frac{di_S}{dt} = S_S u_S + T_S u_R + E_S, \quad (1)$$

де $S_S = A_S$; $T_S = A_{SR}$; $E_S = -A_S R_S I_S - A_{SR} R_R I_R + A_{S0}$.

Запишемо структурні рівняння схеми рис.1 на підставі першого та другого законів Кірхгофа до комутації (моменту розмикання комутатора K).

$$\sum_{i=1}^n i_{Si}^{(-0)} = 0, \quad u_2 = u_{Si} = V, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Диференціюючи перший вираз (2) і підставляючи його (1), одержимо

$$\left[\sum_{i=1}^n S_{Si} \right] u_S = \sum_{i=1}^n (T_{Si} u_{Ri} + E_{Si}). \quad (3)$$

Напруги u_R відомі. У випадку асинхронної машини $u_R = 0$, для синхронної – це напруга обмотки збудження ротора. При розмиканні комутатора K у новоскомутуваному колі виникає явище стрибкоподібного перерозподілу струмів в обмотках електричних машин. Без його врахування груповий вибіг розрахувати неможливо.

Після комутації:

$$\sum_{i=1}^n i_{Si}^{(+0)} = 0, \quad (4)$$

де i_S – струм фази статора; $i_2 = 0$ – струм тої ж фази вторинної обмотки трансформатора; $i = 1, \dots, n$ – кількість моторів, під’єднаних до вузла.

Потокозчеплення роторів до комутації і після комутації не змінюються, оскільки обмотка ротора не належить вузлу $\Psi_{Ri}^{(+0)} = \Psi_{Ri}^{(-0)}$.

Тоді вираз (4) видозміниться

$$\sum_{i=1}^n A'_{Si} \Psi_{Si}^{(+0)} = -\sum_{i=1}^n B'_{Si} \Psi_{Ri}^{(-0)}. \quad (5)$$

Тут A'_S, B'_S – матриці коефіцієнтів (обернені індуктивності розсіяння обмоток статора й обмоток ротора α_S, α_R й основна обернена індуктивність машини α_m

$$A'_S = \alpha_S \left(1 - \frac{\alpha_S}{\alpha_S + \alpha_R + \alpha_m} \right); \quad B'_S = -\frac{\alpha_S \alpha_R}{\alpha_S + \alpha_R + \alpha_m}. \quad (6)$$

Для $n-1$ незалежного головного контуру системи можна записати $n-1$ рівняння неперервності потокозчеплень обмоток статорів. Вибравши за опорний багатополісник n -й двигун, отримаємо

$$\Psi_{Sn}^{(+0)} - \Psi_{Si}^{(+0)} = \Psi_{Sn}^{(-0)} - \Psi_{Si}^{(-0)}. \quad (7)$$

Виразу (7) надамо іншого вигляду

$$\Delta \Psi_{Sn} = \Delta \Psi_{Si}, \quad i = 1, 2, \dots, n-1. \quad (8)$$

Тобто всі двигуни отримують однаковий приріст потокозчеплень обмоток статорів. Розв'язуючи (7) відносно $\Psi_{Si}^{(+0)}$ і підставляючи результат у (6), отримаємо

$$\left(\sum_{i=1}^n A'_{Si} \right) \Delta \Psi_{Sn} = -\sum_{i=1}^n i_{Si}^{(-0)}. \quad (9)$$

Отже, приріст потокозчеплень обмоток статорів електричних машин зумовлений виключно некомпенсованими в момент комутації струмами.

Прирости струмів отримуємо згідно (5), (6)

$$\Delta i_{Si} = A'_{Si} \Delta \Psi_{Sn}; \quad \Delta i_{Ri} = B'_{Ri} \Delta \Psi_{Sn}. \quad (10)$$

Розгін машин. Відновлення живлення здійснюється замиканням комутатора K внаслідок чого група двигунів, що приймала участь у груповому вибігу отримує живлення від трансформатора, який в свою чергу живив m двигунів. У цьому випадку рівняння (2) дещо змінюються.

$$i_2 + \sum_{i=1}^{n+m} i_{Si} = 0, \quad u_2 = u_{S_2} = V, \quad i = 1, 2, \dots, n+m. \quad (11)$$

Це зумовлює зміну рівняння (3), а саме добавляються матриці трансформатора

$$\left[S_2 + \sum_{i=1}^n S_{Si} \right] u_S = T_2 u_1 + E_2 + \sum_{i=1}^{n+m} (T_{Si} u_{Ri} + E_{Si}). \quad (12)$$

Стрибокподібних змін струму при цій комутації вже не спостерігається, оскільки обидві групи машин у момент комутації мають чітко збалансовані стуми у своїх групових вузлах.

Слід відмітити, що аналіз систем без урахування комутаційних стрибків струмів є неможливим. Для відтворення комутаційних процесів доцільно користуватись поняттями ідеальних комутацій, як це прийнято в теоретичній електротехніці.

Література

1. Чабан В. Математичне моделювання електромеханічних процесів. Львів, 1997, -344 с.
2. В. Чабан, Лишук В. Математична модель вузла живлення асинхронних машин. Монографія. – Луцьк: РВВ ЛНТУ. – 116 с.