

## МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС АСИНХРОННОГО ДВОМАШИННОГО АГРЕГАТА ІЗ РУХОМИМ ІНДУКТОРОМ

**Анотація.** Розроблено математичний опис асинхронного двомашинного агрегату із рухомим індуктором, що є початковим етапом розробки його повноцінної імітаційної моделі. Використання даного класу електричних машин є актуальним у електроприводах високої швидкості, без застосування перетворювача частоти та підвищувачого редуктора, а також можливість розподілу руху різної швидкості на два вали.

**Ключові слова:** асинхронний двигун, двомашинний агрегат, математичний опис, рухомий індуктор.

Відмінними властивостями двомашинних агрегатів з обертовим індуктором, як окремого класу електричних машин, є отримання високої швидкості обертання асинхронного електроприводу з можливістю її регулювання в широких межах без використання перетворювача частоти, можливість отримання різної потужності і швидкості обертання на двох валах без використання редуктора або диференціала, забезпечення плавного безреостатного пуску електроприводу та ін.

Для уточнення побудови конструктивних елементів при проектуванні та визначення особливостей функціонування даних електричних машин виникає необхідність розробки їх математичної моделі. Для дослідження обрано наступну конструкцію.

Електродвигун (Рис 1-) складається з корпусу 1, в якому закріплено статор 2 з трифазною обмоткою 3. На валу 4 закріплено високошвидкісний ротор 5 з короткозамкненою (КЗ) обмоткою 6. Концентрично відносно до статора 2 і ротора 5 розміщений рухомий індуктор 7 з трифазної обмоткою 8 і короткозамкненою обмоткою 9. Напряга живлення подається на обмотку 3 статора 2 через коробку виводів 14, а на обмотку 8 рухомого індуктора 7, через щітковий вузол 15 і контактні кільця 16, які закріплені на поверхні порожнистого валу 12. Детальний опис конструкції наведено у [1].

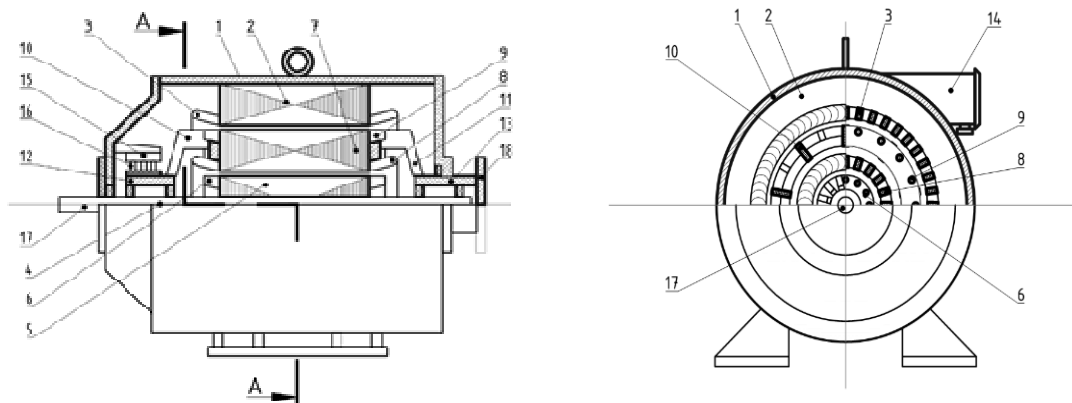


Рис. 1. Конструкція двомашинного асинхронного агрегату із рухомим індуктором

При подачі напруги живлення на обмотку статора утворюється синхронне обертове магнітне поле, що обертається зі швидкістю  $w_1 = 2pf_m / p_1$ . Обертове магнітне поле наводить у КЗ обмотці рухомого індуктора струми і приводить його в рух з кутовою швидкістю  $w_2 = w_1(1 - S_1)$ , де  $S_1$  – ковзання первинної машини. Одночасно, через кільцево-щітковий механізм трифазна напруга живлення подається на обмотку рухомого індуктора. Магнітне поле рухомого індуктора відносно нерухомого статора обертається з швидкістю  $w_3 = w_2 + w_c$ , де  $w_c = 2pf_m / p_2$  – синхронна кутова швидкість, та індуктує короткозамкнені струми в обмотці ротора. Це в свою чергу призводить до

виникнення асинхронного моменту обертання ротора із швидкістю  $w_4 = w_3(1 - S_2)$ , де  $S_2$  – ковзання вторинної машини. В результаті отримуємо значення кутової швидкості ротора у вигляді:

$$w_4 = 2pf_m(1 - S_2)[(1 - S_1)/p_1 + 1/p_2], \quad (1)$$

де  $p_{1,2}$  – кількість полюсів первинної і вторинної машини;  $S_{1,2}$  – ковзання первинної і вторинної машини;  $f_m$  – частота мережі живлення.

В основі опису агрегату лежить математичний опис асинхронного двигуна методом зображуючих векторів [2,3].

Роботу первинної і вторинної машини можна описати системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{U}_1 = R_1 \mathbf{i}_1 + \frac{d\mathbf{y}_1}{dt} \\ \mathbf{U}_2 = R_2 \mathbf{i}_2 + \frac{d\mathbf{y}_2}{dt} \\ \mathbf{y}_1 = L_1 \mathbf{i}_1 + L_{m1} \mathbf{i}_2 \\ \mathbf{y}_2 = L_2 \mathbf{i}_2 + L_{m1} \mathbf{i}_1 \\ M_1 = \frac{3}{2} p_1 \text{Mod}(\mathbf{y}_1 \mathbf{i}_1) \\ J_1 \frac{d\mathbf{w}_2}{dt} = M_1 - M_2 \end{array} \right. , \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{U}_3 = R_3 \mathbf{i}_3 + \frac{d\mathbf{y}_3}{dt} \\ \mathbf{U}_4 = R_4 \mathbf{i}_4 + \frac{d\mathbf{y}_4}{dt} \\ \mathbf{y}_3 = L_3 \mathbf{i}_3 + L_{m2} \mathbf{i}_4 \\ \mathbf{y}_4 = L_4 \mathbf{i}_4 + L_{m2} \mathbf{i}_3 \\ M_2 = \frac{3}{2} p_2 \text{Mod}(\mathbf{y}_3 \mathbf{i}_3) \\ J_2 \frac{d\mathbf{w}_4}{dt} = M_2 - M_c \end{array} \right. \quad (2)$$

де  $\mathbf{U}, R, \mathbf{i}, \mathbf{y}, L$  – напруга, опір, струм, потокозчеплення та індуктивність відповідно обмотки статора (1), короткозамкненої обмотки рухомого індуктора (2), трифазної обмотки рухомого індуктора (3), короткозамкненої обмотки ротора (4);  $\mathbf{M}, J, L_m$  – електромагнітний момент, момент інерції, взаємна індуктивність відповідно первинної (1) і вторинної (2) машини двомашинного агрегату, а  $M_c$  – статичний момент навантаження на валу ротора.

Таким чином у даному математичному описі забезпечується зв'язок двох машин за швидкістю і за моментом навантаження, адже електромагнітний момент, що продукується рухомим індуктором, одночасно являється моментом навантаження для первинної машини.

Даний математичний опис є початковим етапом розробки повноцінної імітаційної моделі асинхронного двомашинного агрегату з рухомим індуктором.

#### Література

1. Патент України на корисну модель UA 109114 У. Асинхронний двигун / А.М. Сільвестров, В.Ф. Шинкаренко, О.Ф. Мінець. – № u109114; заявл. 24.02.2016; опубл. 10.08.2016. – Бюл. № 15/2016.
2. Моделювання електромеханічних систем: Підручник /О.П. Чорний, А.В. Луговий, Д.Й. Родькін. – Кременчук, 2001. – 376 с.
3. Терехин В. Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1) / В. Б. Терехин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.