

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РОТОРА

Чередник К.І., магістрант,
Ромашихіна Ж.І., к.т.н., ст. викладач кафедри
«Електричні машини та апарати»

*Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського*
Ekaterina2012u@yandex.ru

Вступ. Асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором є основними споживачами електричної енергії. Аналіз статистичних даних показав, що щорічно виходять з ладу 20-25 % АД, з них, через ексцентриситет ротора, тобто нерівномірність повітряного проміжку (ПП), – 17%. Ексцентриситет ротора виникає через дефекти технології виготовлення, неправильні режими експлуатації, зношування підшипників та ін. Нерівномірність ПП призводить до несиметрії магнітної системи, виникнення додаткових магнітних полів, збитку від перевитрат електроенергії, який за рік може перевищувати вартість пошкодженого АД. Розрізняють два види ексцентриситету: статичний та динамічний. При статичному ексцентриситеті центральна вісь ротора зміщена відносно центральної осі статора і ротор обертається навколо своєї центральної осі. При динамічному ексцентриситеті центральна вісь ротора обертається навколо центральної осі статора, причому відносно своєї центральної осі ротор нерухомий.

Мета роботи. Оцінювання впливу ексцентриситету ротора на електромагнітні та енергетичні характеристики з використанням колової математичної моделі АД та спектрального аналізу.

Матеріал і результати досліджень. Для дослідження використовується асинхронний двигун АИР80В4У2 ($P_n=1,5$ кВт; $n_n=1395$ об/хв). З урахуванням різного ступеню ексцентриситету розроблена колова математична модель АД у трифазній системі координат [1]. Отримано перехідні процеси швидкості, струмів статора та електромагнітного моменту для ексцентриситету $\varepsilon=0\%$, 10% , 50% та 100% . Результати моделювання показали, що зміщення осі ротора не більше ніж на 10-15 % забезпечує допустимі показники електромагнітної симетрії. Отримані дані напруги та струму використовуються для подальшого спектрального аналізу струмів та потужностей (рис. 1).

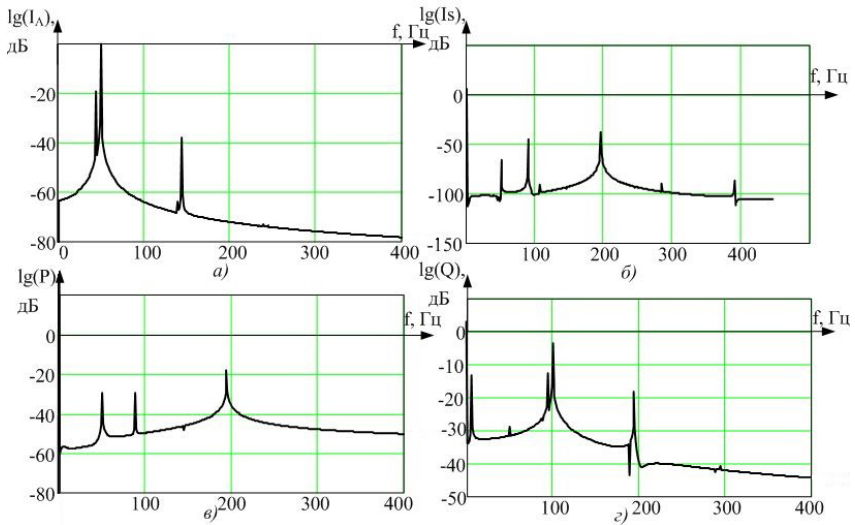


Рис. 1. Спектри:

а – струму однієї фази I_A , б – вектору струму трьох фаз I_s ,
 в – активної миттєвої потужності P , г – реактивної миттєвої потужності Q
 навантаженого АД з ексцентриситетом ротора $\varepsilon=50\%$

З аналізу рис. 1 видно, що у спектрах струму присутні нечіткі бокові гармоніки на частоті живлення АД, наявність яких свідчить про зміну магнітного потоку в ПП [2]. Збільшення амплітуди цих гармонік є кратним частоті обертання. При статичному ексцентриситеті для оцінювання амплітуд додаткових гармонік необхідно аналізувати спектри трьох фаз. У спектрі потужності трьох фаз наявність гармоніки із частотою 200 Гц свідчить про наявність несиметрії, а при зростанні навантаження ексцентриситет проявляється на частоті, меншій за 200 Гц. Аналіз спектра реактивної миттєвої потужності (рис. 1, г) показав, що при ексцентриситеті ротора наявні додаткові гармоніки з частотою 5,6; 94,4 та 294,4 Гц. Однак за умов неякісного живлення, електричних завод та наявності одночасно кількох дефектів оцінювання технічного стану двигуна за вказаними частотами може бути ускладнене.

З аналізу результатів колового моделювання АД встановлено, що ексцентриситет ротора АД призводить до несиметрії струмів статора, несинусоїдності струмів ротора та викликає додаткові втрати потужності двигуна та появу змінної складової електромагнітного моменту [3]. З урахуванням цього проведено оцінювання таких

показників, як магнітні втрати ΔP_m , споживана потужність $P_{\text{спож}}$, сумарні втрати двигуна ΔP_{Σ} , коефіцієнт корисної дії η АД (табл. 1).

Таблиця 1

Результати моделювання АД з ексцентриситетом ротора

Ступінь ексцентриситету ротора	$P_{\text{спож}}$, Вт	ΔP_m , Вт	ΔP_{Σ} , Вт	η , %
Непошкоджений АД	1916,9	191,8	486	74,7
$\varepsilon = 10\%$	1946,4	192	506	74,4
$\varepsilon = 50\%$	1946	194	510	74,25
$\varepsilon = 100\%$	1958,5	204	540	73,5

Аналіз даних показав, що для досліджуваного АД з ексцентриситетом ротора $\varepsilon=100\%$ магнітні втрати збільшилися на 6,4%, сумарні втрати збільшилися на 11,1%, коефіцієнт корисної дії зменшився на 1,2%, а споживана потужність збільшилася на 41,6 Вт.

Висновки. Розроблена колова математична модель АД з урахуванням різного ступеню ексцентриситету ротора, яка дозволила оцінити вплив ексцентриситету на електромагнітні та енергетичні характеристики. Проведено спектральний аналіз сигналів струмів та потужностей, а також досліджено, як ексцентриситет ротора впливає на енергетичні характеристики АД.

Л і т е р а т у р а

1. Чередник К. І. Математичні моделі для аналізу процесів в асинхронних двигунах з ексцентриситетом ротора // XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: матеріали конференції, Кременчук, 6 – 8 листопада 2015 р., – Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 128 – 129.
2. M. Zagirnyak, D. Mamchur, A. Kalinov Comparison of induction motor diagnostic methods based on spectra analysis of current and instantaneous power signals // Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review) ISSN 0033-2097, Issue 12b, 2012, PP. 221-224.
3. K. Cherednyk, Zh. Romashykhina Influence of airgap eccentricity in induction motor on its energy characteristics // Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 14th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 14–15, 2016. – Kremenchuk: KrNU, 2016. – PP. 204–205.