

УДК 621.314

ПУЛЬСАЦІЇ СТРУМІВ В ОБМОТЦІ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ЗА НАЯВНОСТІ ДЕФЕКТІВ У СТРИЖНЯХ КЛІТКИ РОТОРА

М.А. Яцун¹⁾, А.М. Яцун²⁾, О.І. Шуплат²⁾

1) Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, тел. (032) 258-21-60

2) Львівський національний аграрний університет, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Львівська обл. 80381, тел. (032) 224-23-35

Визначені пульсації додаткових струмів в обмотці статора асинхронного двигуна за наявності дефектів у декількох стрижнях короткозамкненої клітки ротора в залежності від кількості дефектів, їх взаємного розташування, ковзання двигуна і кількості пар полюсів.

Ключові слова: асинхронний двигун, клітка ротора; стрижень, дефект, обмотка статора, пульсації струмів, інформативні параметри, діагностування технічного стану.

Определены пульсации дополнительных токов в обмотке статора асинхронного двигателя при наличии дефектов в нескольких стержнях короткозамкнутой клетки ротора в зависимости от количества дефектов, их взаимного расположения, скольжения двигателя и количества пар полюсов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, клетка ротора; стержень, дефект, обмотка статора, пульсации токов, информативные параметры, диагностика технического состояния.

Are defined the pulsations of additional currents in the stator windings of induction motor at presence of defects in a few bars of rotor squirrel-cage winding dependence from quantity of defects, them mutual location, sliding of motor and number of pair of poles.

Keywords: induction motor, cage of rotor; bar, defect, stator windings, pulsation of currents, informing parameters, diagnostics of the technical state.

Метою дослідження є отримання інформативних параметрів і величин для діагностування (визначення) технічного стану клітки ротора асинхронного двигуна під час експлуатації за параметрами і характеристиками модуляції струмів в обмотці статора при дефектах у кількох (трьох) стрижнях клітки ротора, різних навантаженнях (ковзаннях) двигуна, параметрах обмотки статора і клітки ротора і різній кількості пар полюсів.

Розподіл додаткових струмів у клітці ротора за наявності дефектів у декількох її стрижнях досліджений у літературі [1], де несиметрія клітки зумовлена збільшенням комплексних опорів \underline{Z}_c декількох стрижнів (першого, i -го, m -го) на величину відповідно \underline{Z}_{d1} , \underline{Z}_{di} і \underline{Z}_{dm} . Звичайно зростають переважно лише активні опори цих стрижнів, тобто $\underline{Z}_{d1} = R_{d1}$, $\underline{Z}_{di} = R_{di}$ і $\underline{Z}_{dm} = R_{dm}$. Відповідно зменшуються комплексні струми в дефектних стрижнях у порівнянні зі струмами I_{c1c} , I_{cic} і

I_{cmc} у цих стрижнях при відсутності дефектів, а також змінюються струми в усіх інших елементах короткозамкненої клітки ротора. Дефекти суттєво впливають на розподіл струмів і техніко-економічні характеристики асинхронних двигунів.

При пошкодженні стрижнів клітки ротора асинхронних короткозамкнених двигунів виникає модуляція струмів, які споживає із мережі обмотка статора. Для оцінки можливості діагностування технічного стану клітки ротора під час експлуатації потрібно виявити (отримати і дослідити) інформативні параметри і характеристики модуляції струмів у обмотці статора від кількості, розмірів і розміщення дефектів у стрижнях. У відомій літературі [2, 3] отримані аналітичні залежності за наявності модуляції струмів від дефектів у клітці ротора і гармонійний склад цих струмів, але кількісні співвідношення відсутні, тобто не досліджені інформативні параметри і величини, зокрема пульсації струмів у обмотці статора.

У випадку дефектів у трьох стрижнях (1, i ,

m) клітки ротора для відносного миттєвого (в часі *t*) значення повного струму у фазі А статора [2]:

$$i_c^* = \sin(\omega t) + \sum_{v=1}^{\infty} \left\{ I_{cd1m}^* [\sin\{(-p/v)s\omega t\} \cos\{(1-s)\omega t + \varphi_{v1}\}] + I_{cd2m}^* [\cos\{(1-s)\omega t + \varphi_{v2}\} \cos\{(p/v)s\omega t\}] \right\} \quad (1)$$

Нижче (рис. 1 ÷ рис. 3) наведені результати розрахунків у програмному середовищі MathCAD за виразом (1) миттєвих значень (час

у секундах) відносних додаткових струмів i_c^* у фазі обмотки статора асинхронного двигуна за наявності дефектів (обривів) у стрижнях короткозамкненої клітки ротора в залежності від взаємного розташування дефектів, ковзання двигуна *s* і кількості пар полюсів *p* для випадку, коли співвідношення комплексних опорів елемента короткозамкненого кільця і стрижня клітки ротора $Z = Z_k/Z_c = 0,02 \exp(-j0,06)$ і кількість стрижнів $n = 30$.

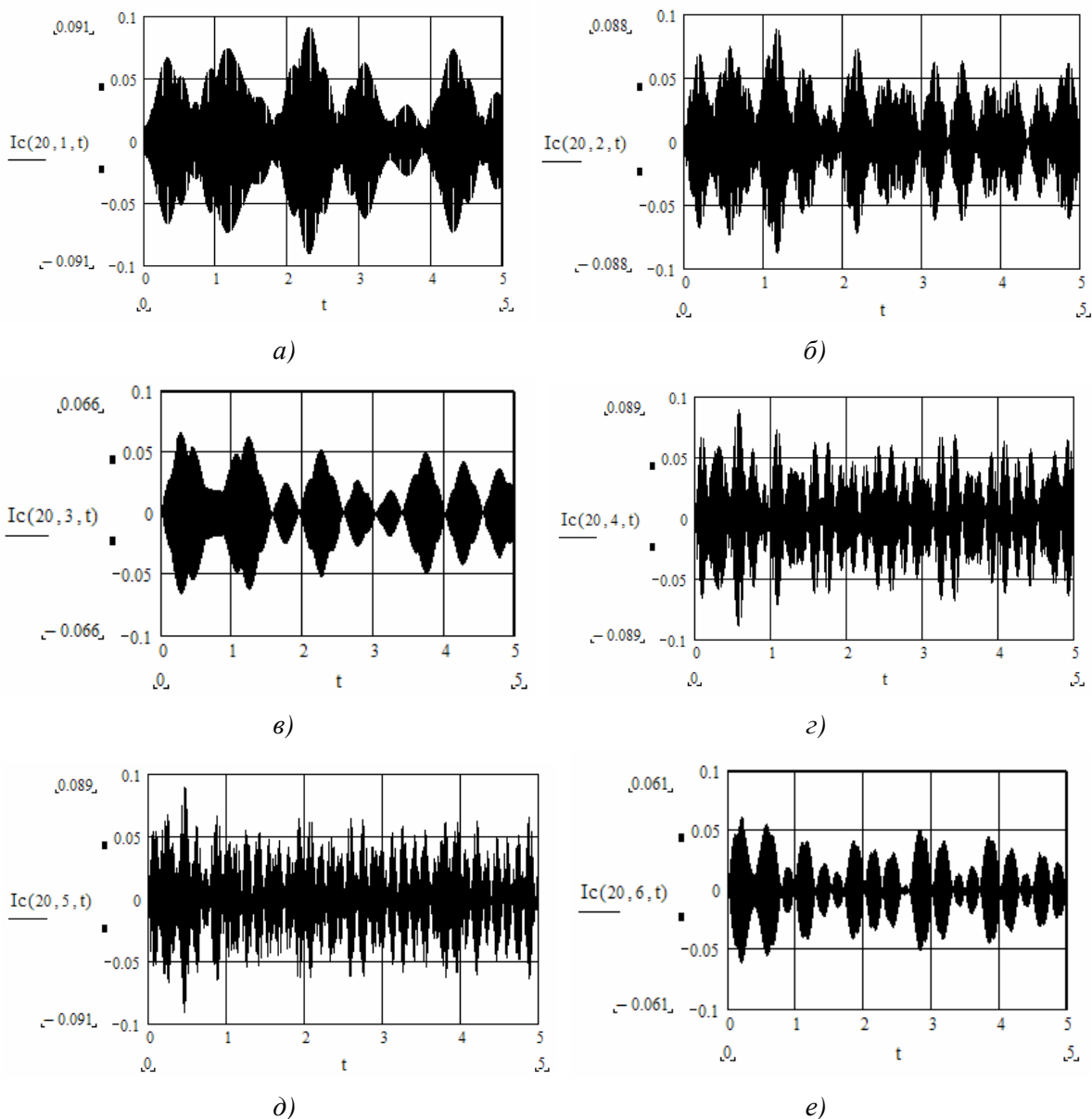


Рисунок 1 – Відносні додаткові струми при ковзанні $s = 0,02$ у випадку трьох обірваних стрижнів клітки ротора, розташованих симетрично по колу ротора, та різній кількості пар полюсів p : а – $p=1$; б – $p=2$; в – $p=3$; г – $p=4$; д – $p=5$; е – $p=6$

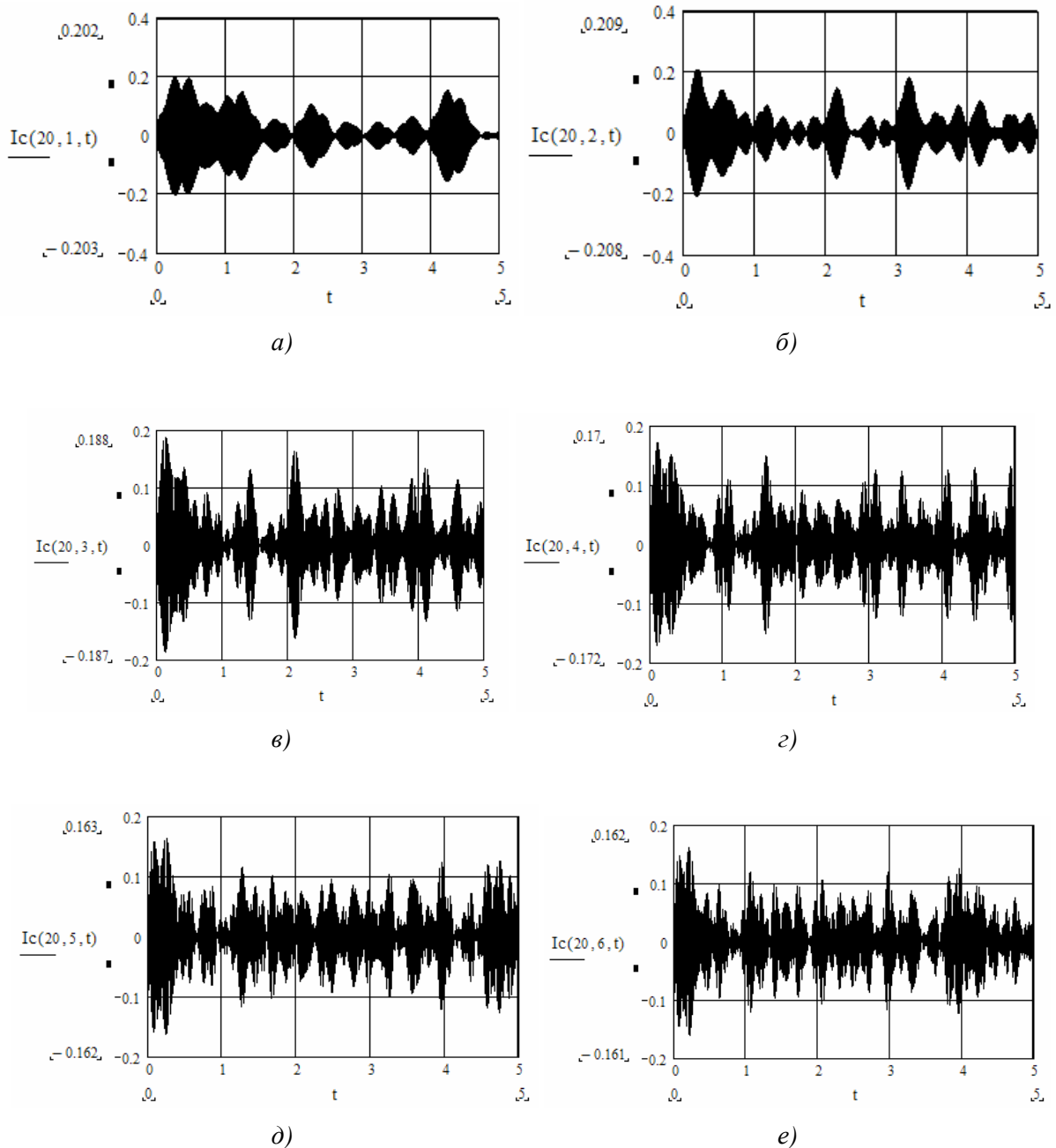


Рисунок 2 – Відносні додаткові струми при ковзанні $s = 0,02$ у випадку трьох підряд обірваних стрижнів клітки ротора та різній кількості пар полюсів $a - p=1$; $b - p=2$; $c - p=3$; $d - p=4$; $e - p=5$; $f - p=6$

З аналізу представлених змін в часі відносних додаткових струмів в обмотці статора видно, що при обриві стрижнів клітки ротора в обмотці статора протікають додаткові струми у формі биття коливань з частотою, яка приблизно пропорційна кількості пар полюсів (рис. 1).

Максимальні значення цих струмів

змінюються мало від зміни кількості пар полюсів (рис. 3) і зростають зі збільшенням кількості дефектних стрижнів.

Глибина пульсацій значно зростає при розташуванні дефектів підряд (у сусідніх стрижнях), що видно із рис. 2.

Із збільшенням ковзання глибина пульсацій суттєво зменшується (рис. 4).

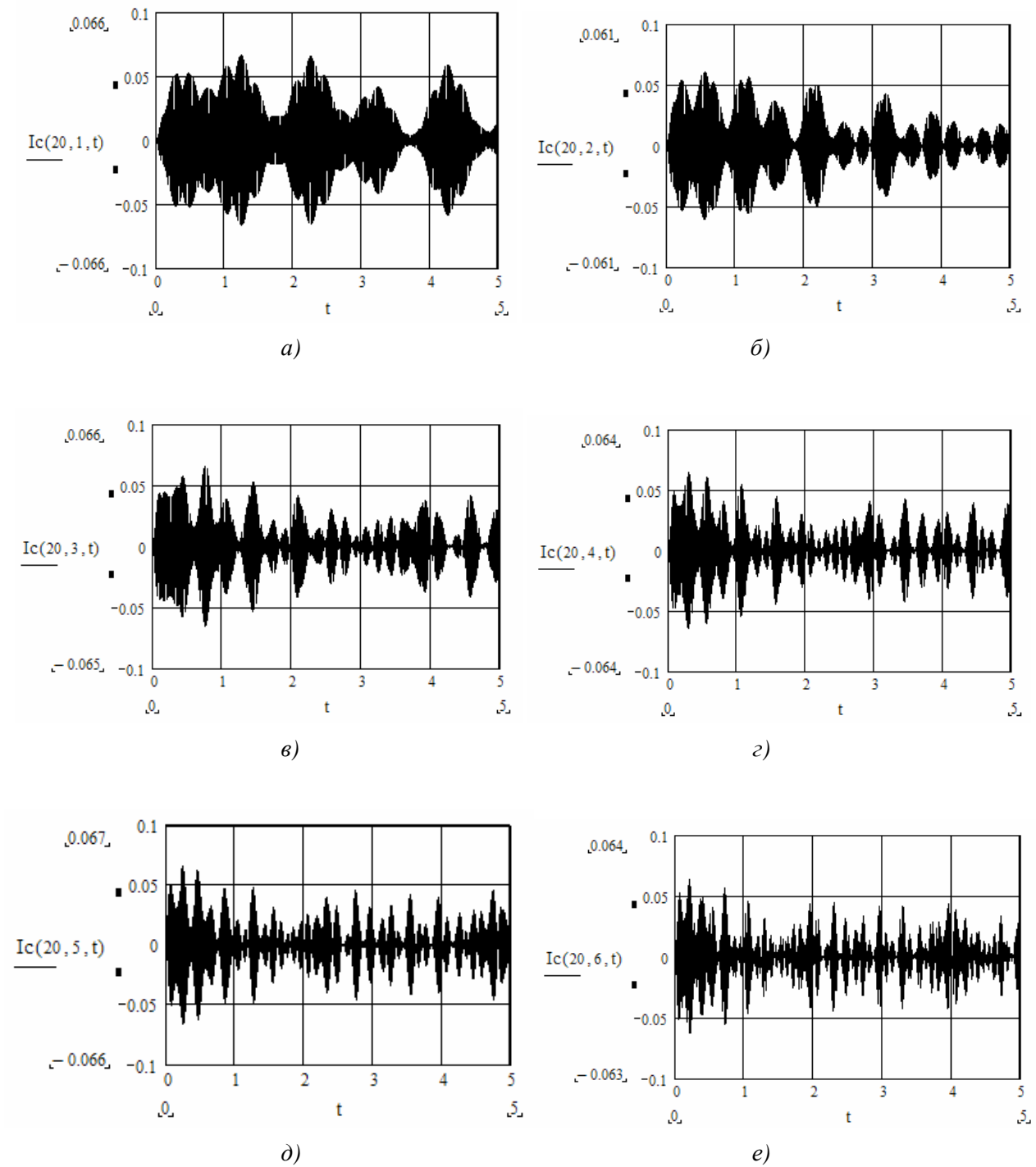


Рисунок 3 – Відносні додаткові струми при ковзанні $s = 0,02$ у випадку одного обірваного стрижня клітки ротора та різній кількості пар полюсів $a - p=1$; $b - p=2$; $c - p=3$; $d - p=4$; $e - p=5$; $f - p=6$

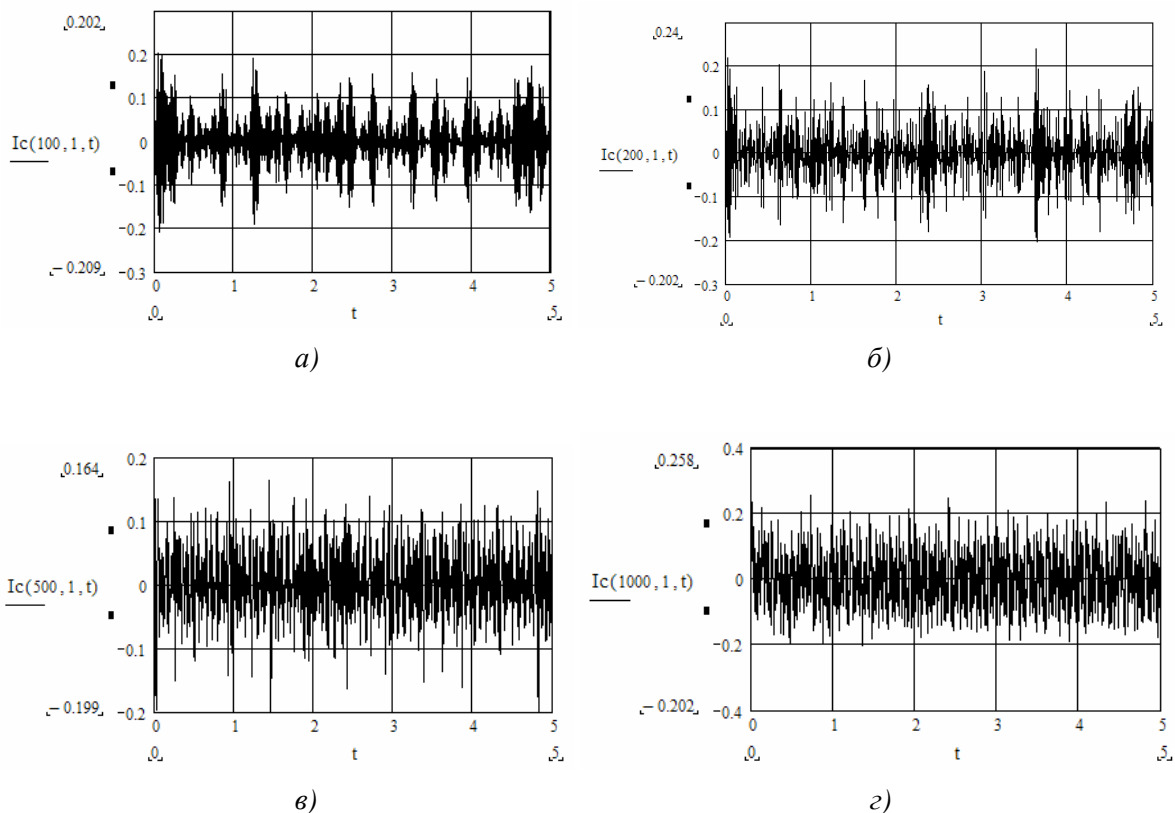


Рисунок 4 – Відносні додаткові струми у випадку одної пари полюсів і трьох підряд обірваних стрижнів клітки ротора та різних ковзань а – $s=0,1$; б – $s=0,2$; в – $s=0,5$; г – $s=1,0$

Внаслідок накладання додаткових гармонік на основну гармоніку струму у фазних струмах статора виникає модуляція коливань. Частота і глибина модуляцій залежать від кількості і розмірів дефектів, їх взаємного розташування, а також від співвідношення кількості пар полюсів і дефектів.

ВИСНОВОК

Для виявлення кількості дефектних (обріваних) стрижнів і їх взаємного розташування можна використати метод розпізнавання образів форм струмів у статорі асинхронного двигуна під час його експлуатації.

1. Яцун М.А. Додаткові струми у клітці ротора асинхронного двигуна за наявності дефектів у декількох стрижнях / М.А. Яцун, А.М. Яцун, В.М. Ігнатюк, М.М. Євсюк // *Методи та прилади контролю якості*. - 2002. - № 9. -

С.11-14. 2. Яцун М.А. Модуляція струмів в обмотці статора асинхронного двигуна за наявності дефектів у декількох стрижнях клітки ротора / М.А. Яцун, А.М. Яцун, В.М. Ігнатюк, М.М. Євсюк // *Вісн. НУ «Львівська політехніка»*. - 2003. - № 485. - С. 170-176. 3. Яцун М.А., Яцун А.М., Шуплат О.І. Гармонічний склад струмів в обмотці статора асинхронного двигуна за наявності дефектів у стрижнях клітки ротора / М.А. Яцун, А.М. Яцун, О.І. Шуплат // *Методи та прилади контролю якості*. - 2010. - № 24. - С. 13-17.

Поступила в редакцію 25.05.2011 р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук,
проф. Костишин В. С.