

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ З АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

О.А. ЗАКЛАДНОЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

O. ZAKLADNYI

DETERMINATION OF TECHNICAL CONDITION OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS WITH ASYNCHRONOUS DRIVES

Анотація. Стаття присвячена питанням визначення технічного стану електромеханічних систем з асинхронними двигунами за допомогою показника відносної зношеності ізоляції та аналізу складників втрат, які доцільно застосовувати в системах функціонального діагностування.

Ключові слова: електромеханічна система, діагностичні ознаки, аварійні режими, асинхронні двигуни.

Аннотация. Статья посвящена вопросам определения технического состояния электромеханических систем с асинхронными двигателями с помощью показателя относительного износа изоляции и анализа составляющих потерь, которые целесообразно использовать в системах функциональной диагностики.

Ключевые слова: электромеханическая система, диагностические признаки, аварийные режимы, асинхронные двигатели.

Annotation. The article is devoted to the definition of technical condition of electromechanical systems with induction motors using relative insulation deterioration and loss analysis components that should be used in the systems of functional diagnostics.

Key words: electromechanical system, diagnostic signs, emergency mode, asynchronous motors.

Вступ. Значна частина промислових установок і механізмів на підприємствах України експлуатуються з перевищенням установленого строку служби, що призводить до їх високої аварійності та виходу з ладу асинхронних двигунів (АД) [1]. Аварії поділяються на технологічні – близько 35%, експлуатаційні – 50% та конструкційні – 15% [2]. Щороку виходять з ладу до 20% АД у машинобудівній промисловості, 30% - у гірничовидобувній, 15% - у металургійній, 55% - у будівництві, 20% - у машинобудуванні, 10 -15% - у хімічній [3].

Експлуатація електромеханічних систем (ЕМС) з АД, яка супроводжується численними ремонтами, призводить до того, що на підприємствах використовуються електроприводи, реальні технічні та енергетичні показники яких значно нижчі декларованих виробником, а середній строк служби двигунів не перевищує 5-7 років. Тимчасом АД розраховано на термін служби 15 – 20 років без капітального ремонту за умови його експлуатації відповідно до ТУ і виконання.

Мета роботи. Метою роботи є розроблення діагностичних ознак аварійних режимів АД для застосування цих ознак в системах функціонального діагностування, яке здійснюється шляхом контролювання їх у реальному часі та оцінювання технічного стану ЕМС для виявлення неефективних режимів роботи та прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшої експлуатації.

Матеріали і результати досліджень. Найпоширенішими аваріями в ЕМС з асинхронними двигунами є струмові. Ознаки, за якими можна визначити аварійні режими та їх вплив на АД, наведено в [4].

Причиною більшості механічних аварій є радіальна вібрація через асиметрію напруги живлення, механічні перевантаження на валу АД, виробничий брак комплектуючих елементів або неакуратне складання.

Значна кількість аварій має прихований характер і виявляється лише після відповідних випробувань або розбирання двигуна, однак постійний контроль мережевої напруги та струму ЕМС за допомогою засобів діагностування дозволяє у більшості випадків звести цю ймовірність до мінімуму.

На сьогодні не існує універсального критерію визначення технічного стану ЕМС з АД придатного для застосування в системах функціонального діагностування. Автором пропонується визначити технічний стан ЕМС з АД за допомогою показника відносної зношеності ізоляції та аналізу складників втрат, за якими діагностується ушкодження у відповідному вузлі.

Зношеність ізоляції для роботи ЕМС з графіком електричного навантаження (ГЕН) із постійним навантаженням

$$\xi = \frac{1}{Z} = ce^{b\tau},$$

де Z - строк придатності ізоляції; c і b – сталі коефіцієнти для даного виду ізоляції. Відносна зношеність ізоляції

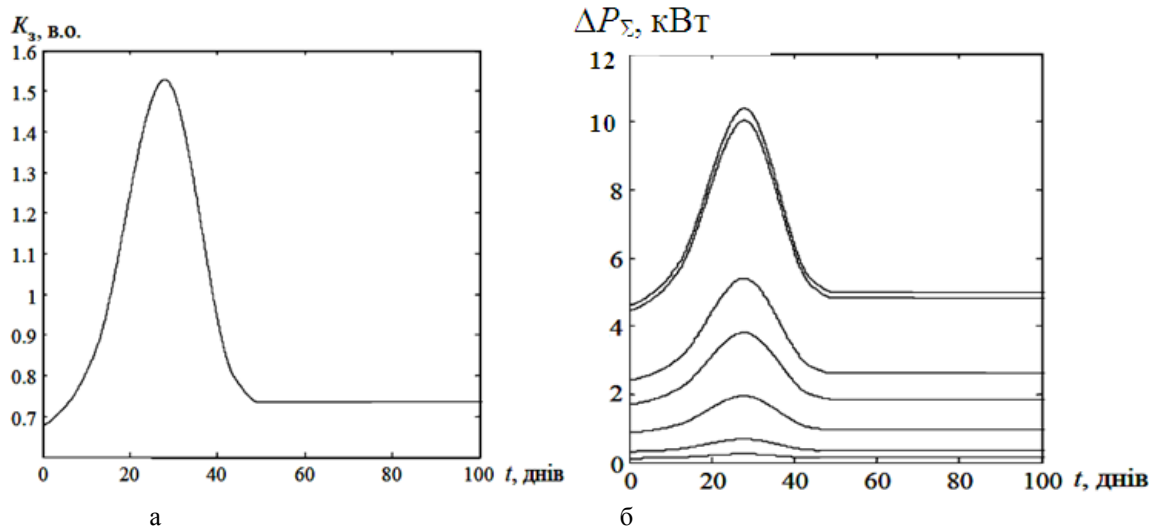
$$\chi = \frac{\xi}{\xi_H} = e^{b(\tau - \tau_H)} = e^{b\Delta\tau}.$$

Середнє значення відносної зношеності ізоляції АД за період часу T

$$\bar{\chi} = \frac{1}{T} \int_0^T e^{b\Delta\tau} dt.$$

Якщо ЕМС з АД працює зі знизеним навантаженням, то відносна зношеність ізоляції, як правило, нижча від номінального значення. Коли робоча температура вища припустимої, відносна зношеність перевищує одиницю. Таким чином, головна умова справного технічного стану - відносна зношеність ізоляції за певний період часу (цикл роботи, зміну тощо) не повинна перевищувати одиницю.

Виконано моделювання роботи АД потужністю 40кВт відповідно до типового ГЕН насосної установки в умовах неякісної напруги живлення і зміни навантаження. На рис. 1 наведено результати моделювання ЕМС з АД в умовах поступового збільшення завантаження в 1,5 рази, а потім його зменшення до початкового значення.



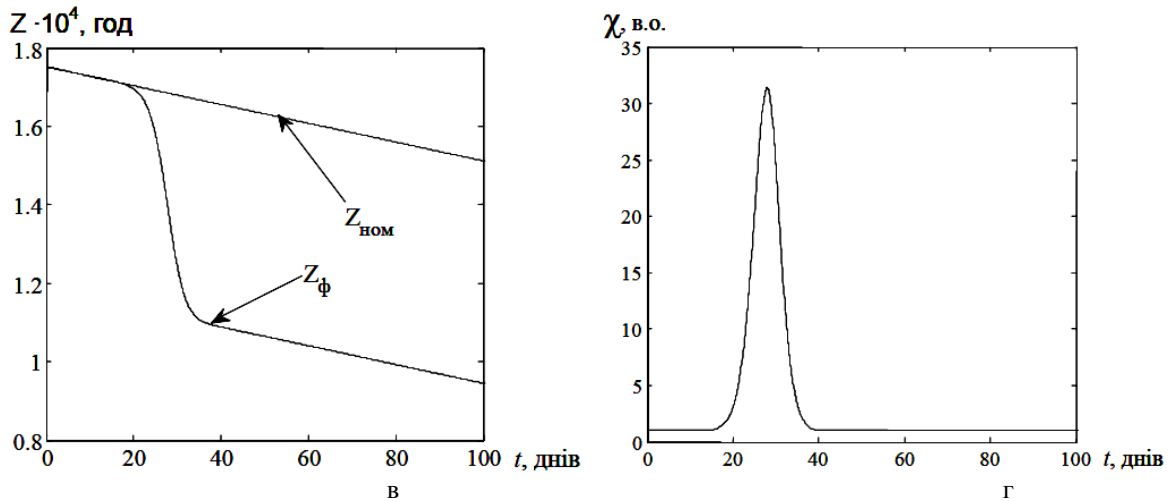


Рис. 1 Результати моделювання характеристик АД насосної установки в умовах збільшення навантаження: а – коефіцієнт завантаження; б - повні втрати за годинами добового ГЕН; в - залишковий ресурс; г - відносне зношування

Як видно з рис. 1, під час роботи в такому режимі зношеність суттєво зростає. В момент досягнення навантаженням максимуму відносна зношеність сягає значення понад 30 відн.од., а залишковий ресурс зменшується з 730 днів до 24.

На рис. 2 наведено результати моделювання ЕМС з АД в умовах неякісної напруги живлення, що виражається у відхиленні напруги від номінальної.

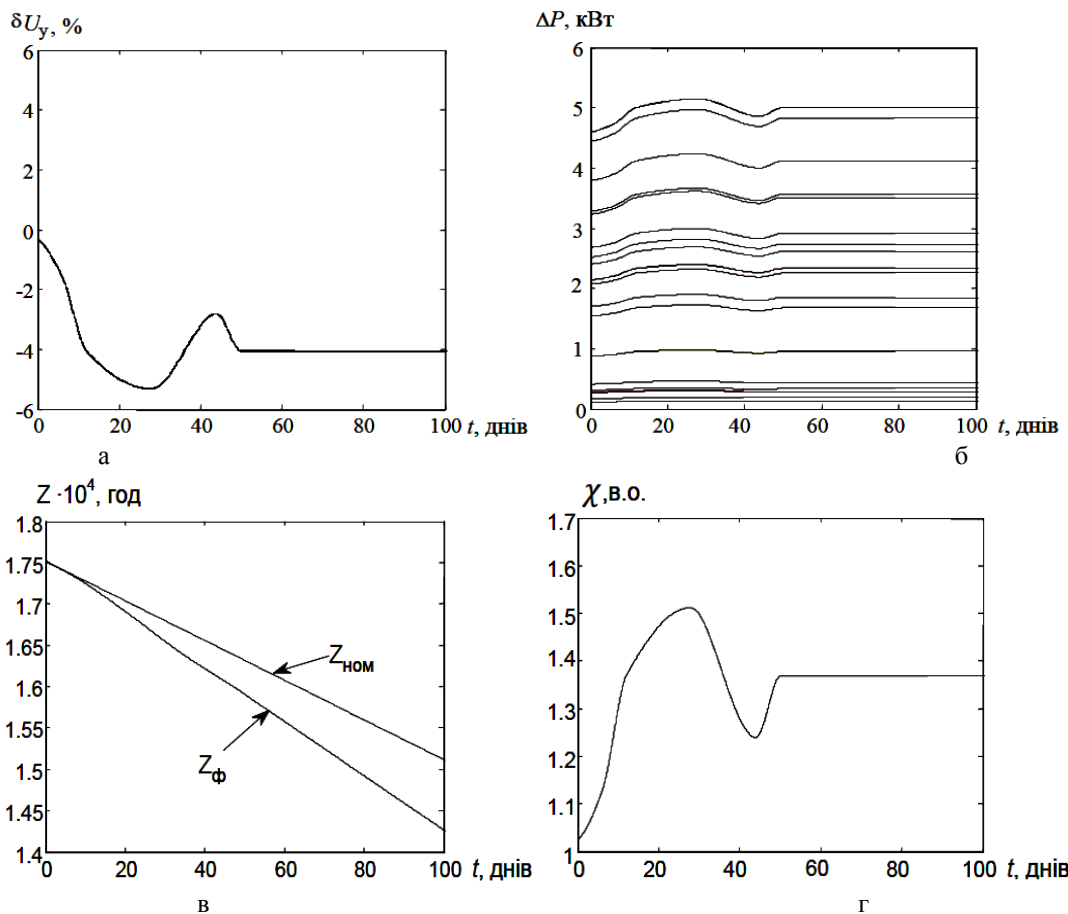


Рис. 2 Результати моделювання характеристик АД насосної установки в умовах відхилення напруги живлення від номінальної: а - усталене відхилення напруги; б - повні втрати за годинами добового ГЕН; в - залишковий ресурс; г - відносне зношування

З рис. 2 видно, що робота в режимі відхилення напруги призводить до зростання зношеності ізоляції АД у 1,5 рази. Таким чином, залишковий ресурс у момент найбільшого значення відхилення напруги зменшується з 730 днів до 485.

На рис. 3 наведено результати моделювання АД насосної установки в умовах живлення неякісною напругою, що виражається у її несиметрії.

Як видно з рис. 3, робота в такому режимі збільшує відносне зношення у 1,8 рази, а залишковий ресурс у момент найбільшої несиметрії зменшується з 730 днів до 405.

Таким чином, математичне моделювання роботи АД насосної установки в умовах неякісної напруги живлення і зміни навантаження підтвердило, що відносне зношення може розглядатись як діагностична ознака, а його значення понад одиницю свідчить про перехід двигуна до неномінального, передаварійного режиму.

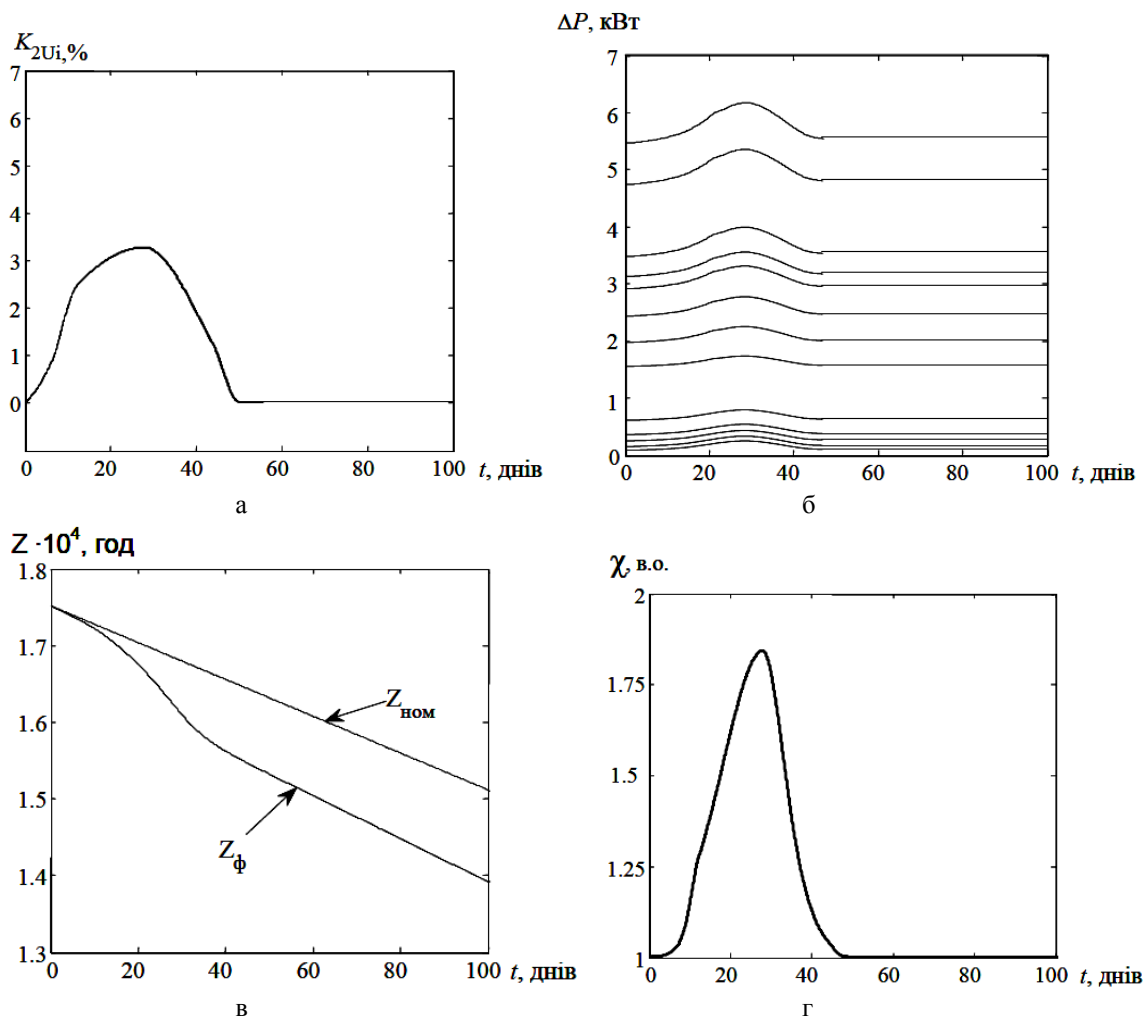


Рис. 3 Результати моделювання характеристик АД насосної установки в умовах несиметрії напруги живлення: а - коефіцієнт несиметрії напруги зворотної послідовності; б - повні втрати за годинами добового ГЕН; в - залишковий ресурс; г - відносне зношування

Як другу ознаку технічного стану АД пропонується застосовувати величину втрат у його вузлах. Аналіз цих величин здійснюється шляхом порівняння фактичних значень складових втрат ΔP_{ϕ} з їх сталонними значеннями ΔP_e . Якщо $\Delta P_{\phi} > \Delta P_e$, двигун ЕМС знаходиться у незадовільному технічному стані. Таким чином, за складовими втрат діагностується несправність у відповідному вузлі ЕМС з АД.

Результати моделювання АД 40 кВт для роботи його відповідно до типового ГЕН насосної установки, в припущенні несправності в обмотці статора, вираженої в суттєвому зниженні її опору внаслідок міжвиткових замикань, наведено на рис. 4.

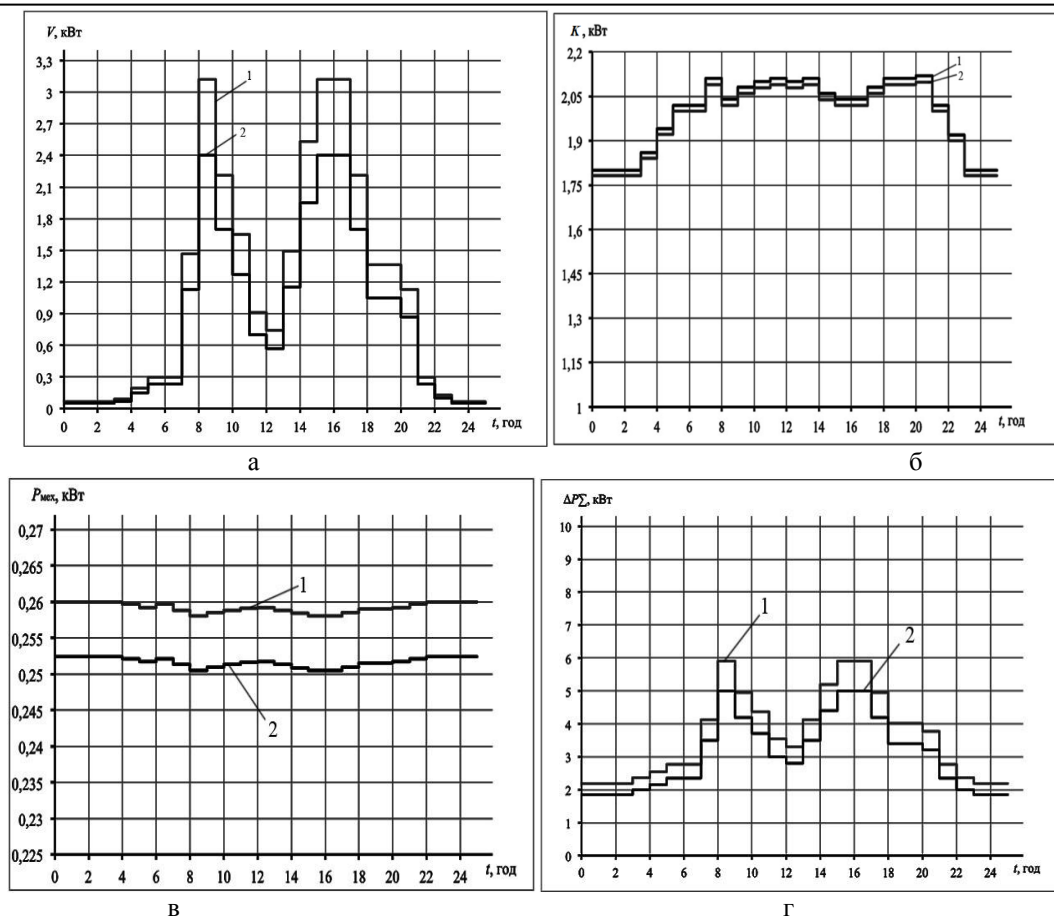


Рис. 4 Результати моделювання складових втрат АД насосної установки з несправностями обмотки статора (1 – несправний двигун, 2 - справний):
а - змінні втрати; б - постійні втрати; в - механічні втрати; г - повні втрати

Як видно з рис. 4, суттєво більшими порівняно з еталонними є значення змінних втрат. А саме, зросли на 50% втрати в обмотці статора внаслідок збільшення струму, що споживається. Це свідчить про несправність в обмотці статора. Змінні втрати в роторі лишились практично сталими. Постійні втрати зменшились на 1% внаслідок спадання напруги в обмотці ротора через збільшення струму АД, що споживається. Механічні втрати збільшились на 3% через виникнення гальмівних моментів під час роботи несправного двигуна. Загальні втрати зросли на 18%. Крім того, ККД знизився на 2%. Таким чином, аналізуючи складники втрат, можна зробити висновок про пошкодження в обмотці статора.

Висновки.

Для визначення технічного стану та виявлення механічних несправностей ЕМС з АД запропоновано використовувати показник відносної зношеності ізоляції та аналіз складників втрат.

Результати математичного моделювання АД насосної установки в умовах неякісної напруги живлення і зміни навантаження підтверджують, що показник відносної зношеності ізоляції та аналіз складників втрат можуть використовуватись як діагностичні ознаки, які доцільно застосовувати в системах функціонального діагностування. Аналіз складників втрат виявляє несправність у відповідному вузлі АД, а значення показника відносної зношеності ізоляції понад одиницю свідчить про перехід двигуна до передаварійного режиму роботи.

Література

1. Вовк О.Ю. Метод періодичного діагностування асинхронних двигунів/ О.Ю. Вовк, Л.М. Безменнікова, С.О. Квітка // Праці ТДАТУ. – 2010. - № 10, Т4. - С. 39-46.
2. Котеленец Н.Ф. Испытания и надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов по спец. “Электромеханика” / Н.Ф. Котеленец, Н.Л. Кузнецов – М.: Высш. шк., 1988. – 232 с.
3. Державний комітет статистики України «Статистичний довідник «Україна в цифрах» за 2007 рік», - К.: Вид-во «Консультант», 2008 – 260 с.
4. Закладний О.М., Закладний О.О., Оборонов Т.Ю. Діагностичні ознаки аварійних режимів асинхронних електродвигунів // Інформаційний збірник «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро. 2011. №2. С. 23-30.