

УДК 621.316.761.2

П.С. Євтух, докт. техн. наук, проф., Я.Є. Бохняк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ ВІД РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ НЕЯКІСНІЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

P.S. Evtukh, Dr., Prof., Ia.Y. Bokhniak

EVALUATION OF ECONOMIC LOSSES DURING WORK OF ASYNCHRONOUS MOTOR WITH POOR QUALITY ELECTRICITY

При існуючих тарифах на електроенергією основною статтею витрати будь-якого підприємства є оплата за спожиту електроенергію. Так протягом року двигуни малої та середньої потужності споживають електроенергію у кількості, що перевищує у 3-5 разів вартість самих електродвигунів. Крім цього, в промислових цехах приблизно 75 % електроенергії споживають асинхронні двигуни саме таких потужностей. Тому навіть незначне зниження ККД двигуна внаслідок його живлення від мережі із показниками якості електроенергії, що відхиляються від норми, спричиняє збільшення споживання електроенергії і, як наслідок, суттєві економічні збитки для підприємства [1]. Тому виникає необхідність впровадження економічно обгрунтованих засобів зниження негативного впливу неякісної електроенергії на економічні показники виробництва. В [1] та [2] представлені певні технічні засоби для захисту двигунів від впливу знижених показників якості електроенергії. Проте в деяких випадках впровадження запропонованих рішень може нівелювати отриманим економічним ефектом у зв'язку з дороговизною впровадження технічних рішень. Тому перед застосуванням того чи іншого методу необхідно виконати економічний аналіз доцільності його застосування та порівняти витрати при роботі двигунів із засобами захисту та без них.

Між тим, незважаючи на актуальність даної проблеми, в Україні досі відсутня єдина методика ухвалення обгрунтованого рішення по вибиранню засобів захисту асинхронних двигунів, що працюють в умовах знижених показників якості електроенергії.

Для оцінки збільшення збитків при неякісній електроенергії використовують загально відомі формули, за якими визначають додаткову потужність, що споживає двигун при несиметрії напруги:

$$\Delta P_{\text{нсм}} = 2,41 \cdot k_n^2 \cdot \Delta P_{\text{ном}} \cdot K_{2U}^2, \quad (1)$$

де k_n – кратність пускового струму, $\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати електроенергії в електродвигуні при ідеальній напрузі живлення, K_{2U} – коефіцієнт зворотної послідовності, та несинусоїдальності напруги:

$$\Delta P_{\text{несин}} = \Delta P_{\text{м.ном}} \cdot k_n^2 \sum_v \left(\frac{U_v^2}{v} \right)^2 (\sqrt{v} + \sqrt{v \pm 1}), \quad (2)$$

де $\Delta P_{\text{м.ном}}$ – втрати в міді електродвигуна при ідеальній напрузі живлення, U_v – діюче значення напруги v -ої гармонічної складової.

Виконаємо аналіз працездатності формул (1) і (2). Застосуємо більш уточнений спосіб розрахунку енергетичних параметрів АД при роботі з неякісною електроенергією. Для цього застосуємо розроблену в [2] модель АД, працездатну і адекватну при довільній формі живлячої напруги. Для аналізу використаємо асинхронний двигун типу АИР потужністю 7,5 кВт.

Отримані результати аналізу (рис.1) показали, що формули (1) та (2) не достатньо коректно відображають додаткові втрати АД внаслідок знижених показників якості електроенергії. Кратність пускового струму АД k_n , що входить в обидві формули не в повній мірі враховує особливості кожного двигуна.

При проведенні аналізу звернули увагу на те, що навіть при відхиленні показників якості електроенергії в межах нормально та гранично допустимих норм присутні додаткові втрати потужності. Проте застосовуючи для аналізу формули (1) та (2) ці втрати не приймаються до уваги та рівні нулю.

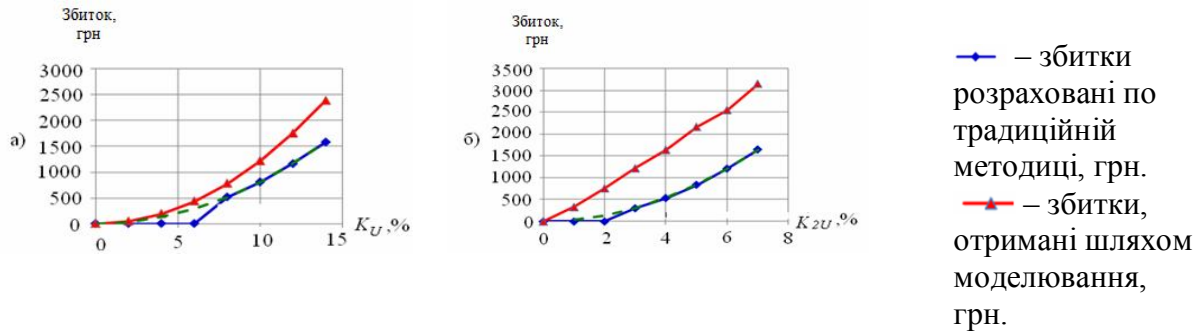


Рис. 1. Зіставлення додаткових річних витрат на електроенергію, обумовлених несинусоїдальністю живлячої напруги (а) і його несиметрією (б) для двигуна 7,5 кВт

Таким чином, для коректної оцінки електромагнітної складової збитку необхідно використати повну модель асинхронного двигуна, на вхід якої подається прогнозована за певним законом живляча напруга. Отримані в результаті залежності можуть бути апроксимовані лініями тренду по відомих методиках. Наприклад, для двигуна потужністю 7,5 кВт, дійсні залежності річного збитку в гривнях від показників якості можуть бути описані наступними формулами.

Для оцінки збитку, заподіяного спотворенням синусоїдальності:

$$Y_1 = 12180(K_U)^2 - 35,0 \cdot K_U + 0,02, \quad (3)$$

де Y_1 – річний економічний збиток, обумовлений несинусоїдальністю напруги, грн; K_U – коефіцієнт спотворення, %.

Для оцінки збитку, заподіяного несиметрією напруги застосовуємо формулу:

$$Y_2 = 11094(K_{2U})^2 + 36992 \cdot K_{2U} - 19,7, \quad (4)$$

де Y_2 – річний економічний збиток, обумовлений несиметрією напруги, грн; K_{2U} – коефіцієнт зворотної послідовності, %.

Слід зазначити, що наведені формули можна застосовувати тільки у випадку стаціонарності показників якості електроенергії, що не часто зустрічається у виробничих умовах. Тому для реальної експлуатації АД наведені залежності носять тільки демонстративний характер.

Література

1. Підвищення енергоефективності роботи асинхронної машини в мережах з неякісною напругою : матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції ["Світлотехніка й електроенергетика: історія проблеми перспективи"], (Тернопіль-Яремче, 23-27 лют. 2015 р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. тех. ім. І.Пулля. – Т. – Тернопільський нац. тех. ім. І.Пулля, 2015. – 134 с.

2. Кузнецов В. Засобу підвищення енергоефективності асинхронних двигунів, що працюють в мережах з неякісною електроенергією : дис. канд. тех. наук. / Кузнецов Віталій Вадимович. – Дніпропетровськ, 2013. – 244 с.