УДК. 631.371

ОЦІНКА ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ

Стьопін Ю.О., к.т.н.
Борохов І.В., к.т.н.,
Пєрова Н.П., інженер
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел 8-(06192) 42-23-41

Анотація **– робота присвячена оцінки роботи асинхронних електродвигунів при несиметрії напруг у сільськогосподарських електричних мережах. Приведені дані загальних втрат потужності електродвигунів в усталених режимах при несиметрії напруг.**

Ключові слова: **асинхронний електродвигун, несиметрія напруг, втрати потужності, усталений режим.**

Постановка проблеми. Дослідження режимів роботи сільських розподільних мереж 0,38/0,22 кВ, до яких приєднано електрообладнання господарств, свідчить про те, що в наслідок значної протяжності низьковольтних мереж, а також змішаного підключення однофазних та трифазних споживачів (де загальна потужність однофазних споживачів вже перевищує потужність трифазних) має місце недопустима несиметрія струмів та напруг. В реальних умовах експлуатації електроспоживачів України несиметричний режим є звичайним робочим режимом сільських мереж 0,38/0,22 кВ [1].

Несиметрія виявляється у різкому погіршенні техніко-економічних характеристик елементів мережі (зниженні експлуатаційної надійності і терміну роботи електродвигунів, виникненні ряду негативних явищ у мережах та ін.). Додаткові втрати у лініях 0,38 кВ, розподільних і споживчих трансформаторах тільки із-за нерівномірного навантаження по фазам складають 4% від всієї електроенергії, що споживає сільське господарство [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження [3] показали, що відхилення напруги у сільських споживачів значно перевищують норми, що встановленні ГОСТ 13109-97. В господарствах, найбільш віддалених від джерел живлення, відхилення напруги знаходиться у допустимих межах тільки 54% часу, а нерівномірність навантаження фаз коливається в межах 16-22%. Математичне очікуван-

© Стьопін Ю.О., Борохов І.В., Пєрова Н.П.

ня величини несиметрії напруг по даним [2] складає 7,3%, що значно перевищує вимоги ГОСТ 13109-97. Напруга прямої послідовності складає 89% від номінальної, що на 3,5% нижче мінімально допустимої на затискачах електродвигунів по умовам їх пуску у симетричному режимі.

Формулювання мети статті. Теоретично (на основі статистичних даних, а також аналітичних розрахунків) визначити допустимі параметри експлуатації асинхронних електродвигунів при несиметрії напруг.

Матеріал та методика досліджень. Так як електродвигун представляє собою систему з ізольованою нейтраллю, його повна потужність розраховується за формулою

$$S = \frac{3U_1^2}{Z_H} K_3(\cos\varphi + j\sin\varphi) + 3\frac{U_1^2}{Z_н} K_i \varepsilon_{нс}(\cos\beta + j\sin\beta) \qquad (1)$$

де Z_H – повний опір електродвигуна;

φ – кут між струмом та напругою прямої послідовності;

K_i – кратність пускового струму;

β – кут між струмом та напругою зворотньої послідовності, що дорівнює куту у момент пуску електродвигуна, який визначається за формулою

$$\beta = \arccos\frac{2M_п\eta_н\cos\varphi_н}{K_i(1-S_н)} \qquad (2)$$

де $M_п$ – пусковий момент електродвигуна

$\gamma_H, \cos\varphi_н, S_н$ – номінальні к.к.д., коефіцієнт потужності та ковзання відповідно

Додаткове збільшення активної потужності електродвигуна, що віднесено до його номінальної активної потужності може бути знайдено із виразу [5]

$$\Delta P\varepsilon_{нс} = \frac{\varepsilon_{нс}^2 K_i \cos\beta}{\gamma_н \cos\varphi_н} \qquad (3)$$

де – $\varepsilon_{нс}$ коефіцієнт несиметрії напруг

Виникаючий при несиметрії напруг зворотній момент складає відносно малу величину. Потужність, що необхідна для переборення

зворотнього момента, яка віднесена до номінальної активної потужності, визначається за формулою

$$\Delta P_{м2} = 3{,}9 S_k \varepsilon_{нс}^{\ 2} \qquad (4)$$

де – S_k критичне ковзання електродвигуна

Збільшення активної та реактивної потужностей електродвигуна за рахунок струмів прямої і зворотної послідовності іде на створення зворотнього момента, а також на нагрів обмоток статора і ротора.

Зворотній момент електродвигуна змінюється за законом

$$M_2 = 1{,}95\, M_k\, S_k \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 \qquad (5)$$

де M_k - критичний момент електродвигуна.

U_1 та U_2 – пряма та зворотня складова напруги відповідно

При $U_2 \le 0{,}1\ U_1$ величина зворотнього момента у порівнянні із номінальним невелика, тому її гальмівну дію можна не враховувати.

Визначимо збільшення втрат потужності у статорі електродвигуна:

Втрати потужності в обмотках у симетричному режимі

$$\Delta P_м = 3R_ф (K_3 I_1)^2 \qquad (6)$$

Втрати потужності в обмотках у несиметричному режимі

$$\Delta P_м \varepsilon_{нс} = 3R_ф \left(\frac{U_1}{Z_н}\right)^2 \left(K_3^2 + K_і^2 + \varepsilon_{нс}^2\right) \qquad (7)$$

де $R_ф$ - активний опір фази обмотки статора

I_1, I_2 - пряма та зворотня складова струму відповідно

Перша складова дорівнює втратам у статорі при симетричному режимі і залежить від навантаження електродвигуна, друге дорівнює додатковим втратам п потужності при несиметрії напруг на затискачах двигуна і залежить від коефіцієнта несиметрії.

Результати досліджень.

Таблиця 1 – Середні загальні втрати активної потужності в електродвигунах, що виникають при середньостатистичній несиметрії напруг

Потужність електродигуна, кВт	ΔР заг.сер. (за Кз.сер.), кВт	Рзаг. (за Кз), кВт	Розходження, %	Додаткові втрати, $\Delta P_{\varepsilon_{нс}}$, кВт	Загальні втрати, кВт	Збільшення втрат, %
0,55	0,127	0,128	1,08	0,027	0,154	21,2
1,1	0,176	0,180	1,23	0,037	0,213	21,0
1,5	0,252	0,257	1,79	0,067	0,319	26,6
2,2	0,390	0,398	1,18	0,095	0,485	24,4
4,0	0,512	0,512	1,23	0,172	0,684	33,6
7,5	0,722	0,729	0,965	0,331	1,052	45,7
11,0	1,160	1,190	1,027	0,372	1,530	31,0
15,0	1,430	1,470	1,028	0,512	1,940	35,7
22,0	1,734	1,786	1,029	0,774	2,508	44,6

Виникає питання не тільки у загальних втратах потужності у статорі при несиметрії напруг, а також втрат потужності у найбільш навантаженій фазі у випадку, при цьому передбачається найнеблагоприємний випадок, коли в цієї фазі струми прямої і зворотної послідовності співпадуть за кутом і складуться між собою арифметично.

Висновки. За допомогою математичної моделі можна визначити параметри асинхронних електродвигунів при заданих напругах фаз статора, частоти обертання ротора w і параметрах машини. Напруги джерел живлення можуть бути несиметричними і несинусоідальними, задани фазними або лінійними величинами, у фази статора або ротора можуть бути включені додаткові опори.

Список использованных источников

1. *Бакумов Ю.В.* Влияние температуры окружающей среды на тепловое состояние оребренных асинхронных двигателей / *Ю.В. Бакумов* // Электротехника. – 1974. - №3. – с. 31-33.

2. *Деменин В.Н.* Анализ несимметрии в сельских сетях Новосибирской области / *В.Н. Деменин* // Механизация и электрификация сельского хозяйства Сибири. – 1978. - №3. – с. 21-24.

3. *Мишин В.И.* Принцип расчета характеристик асинхронных двигателей при асимметрии напряжений / *В.И. Мишин, Г.С. Гераси-менко*. - Киев. : Научные труды УСХА, 1985. – С. 32-37.

4. *Нарожный В.Б.* Отключение напряжения в электрических сетях / *В.Б. Нарожный* // Электрические станции. – 1970. - №1. – С. 55-59.

5. *Рожавский С.М.* Проблемы несимметрии в сельскохозяйственных электрических сетях / *С.М. Рожавский* // Энергетика и электрификация. – 1981. – Вып. 1. – С. 14-16.

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Стьопін Ю.О., Борохов І.В., Пєрова Н.П.

Аннотация - **Работа посвящена оценке работы асинхронных электродвигателей при несиметрии напряжений в сельскохозяйственных электрических сетях. Приведены данные общих потерь мощности електродвигателей в установившихся режимах при несимметрии напряжений.**

APPRECIATION OF CAPACITY WASTES OF ASYNCHRONOUS MOTORS' UNDER TENSION ASYMMETRY IN STEADY-STATE CONDITIONS

Y. Styopin, I. Borochov, N. Perova

Summary

The given paper researches the capacity wastes of asynchronous motors under tension asymmetry in agricultural electrical system. The paper gives proper appreciation of capacity wastes of motors parameters in steady-state conditions under tension asymmetry.