

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НАФТОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ

*І.Д. Галушак, Я.О. Бажан, М.С. Воскобойников*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна 76019*

Із вводом в народне господарство нових технологічних процесів, пов'язаних з використанням потужних несиметричних, нелінійних і швидкозмінних навантажень, погіршуються показники якості електроенергії. Зниження показників якості електроенергії в системах електропостачання викликає негативні наслідки, серед яких найбільш вагомими є: збільшення втрат активної потужності та електроенергії; скорочення терміну служби електрообладнання; збільшення капітальних вкладень в системи електропостачання; порушення нормального режиму протікання технологічних процесів, що супроводжуються зниженням якості та кількості випущеної продукції.

Перші три види наслідків мають місце в основному електротехнічному обладнанні систем електропостачання, до якого відносяться: асинхронні та синхронні машини, силові трансформатори, силові конденсатори, лінії електропередач, освітлювальні пристрої.

Збільшення капіталовкладень в систему електропостачання зумовлене необхідністю встановлення в ній більш потужного електрообладнання порівняно з тим, яке потрібне за умовами симетричного та синусоїдного режиму.

Взаємний вплив показників якості електричної енергії проявляється по-різному. Розглянемо вплив показників якості електроенергії на роботу електротехнічного обладнання.

При відхиленні напруги змінюються значення вихідного параметру електроприймача, наприклад, корисна потужність на валу електродвигуна, освітлення в електроосвітлювальній установці чи температура в електротермічній печі. Зміна напруги приводить до зміни споживаної електроприймачем потужності.

Залежність споживаної потужності електроприймача від напруги називають статичною характеристикою навантаження за напругою. У загальному випадку ця залежність є нелінійною. Узагальнені статичні характеристики для вузлів навантаження напругою 6–10 кВ визначаються за наступними формулами:

$$K_p = 0,83 - 0,3 \cdot K_u + 0,47 \cdot K_u^2;$$

$$K_Q = \frac{4,2}{\operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}}} - \frac{9,5}{\operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}}} \cdot K_u + \left( \frac{5,3}{\operatorname{tg} \varphi_{\text{ном}}} + 1 \right) \cdot K_u^2, \quad (1)$$

де  $K_p, K_Q$  - регулюючі коефіцієнти статичних характеристик за активною та реактивною потужностями;

$$K_u = \frac{U}{U_{\text{ном}}} - \text{відносна зміна напруги.}$$

Втрати потужності в лініях живлення можна визначити за наступними формулами

$$\Delta P = \frac{P_u^2 + Q_u^2}{U^2} \cdot R = \frac{(K_p \cdot P_{u_{\text{ном}}})^2 + (K_Q \cdot Q_{u_{\text{ном}}})^2}{K_u \cdot U_{\text{ном}}^2} \cdot R, \quad (2)$$

де  $P_u, Q_u$  - значення активної та реактивної потужності при заданій нарузі.

Враховуючи статичні характеристики, визначимо відносні втрати потужності в мережах живлення при відхиленні напруги від номінальної. Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків відносних втрат потужностей

$K_u$	0,9	0,95	1	1,05	1,1
$K_p$	0,9407	0,969	1	1,033	1,0687
$K_Q$	0,71	0,858	1	1,238	1,47
$\delta \Delta P_3$	0,961	0,963	1	1,074	1,185

Аналіз отриманих результатів показує, що:

– представлення статичних характеристик з недостатньою точністю чи їх неврахування може привести до значних похибок при розрахунках та оптимізації режимів роботи систем електропостачання;

– неврахування статичних характеристик приводить до відносної похибки у визначенні втрат потужності в мережах живлення до 20% і більше;

– не завжди потужності в мережах зменшуються при збільшенні напруги (із-за росту споживаної двигунами і трансформаторами реактивної потужності).

Проведений аналіз гістограм вузлів навантаження (ВН) показав, що коефіцієнт завантаження основної частини електрообладнання низький, а фактичні відхилення напруги часто перевищують допустимі ( $\pm 10\%$  в мережах живлення 6 – 35 кВ,  $\pm 5\%$  – в розподільчих мережах 380) межі, як правило в додатну сторону.

У святкові, вихідні дні та в нічні години напруга в низьковольтних мережах на 10% і більше перевищує номінальну.

Це можна пояснити недооцінкою впливу рівня напруги на електроспоживання, а також бажанням підвищити стійкість системи електропостачання (СЕР).

Момент обертання і ковзання асинхронних двигунів залежать від напруги на їх затискачах. При зниженні напруги ускладнюється пуск двигунів і знижується швидкість обертання, що призводить до зменшення продуктивності механізмів і збільшення струмів, тобто до збільшення втрат в мережі. При підвищенні напруги росте споживання реактивної потужності, прискорюється старіння ізоляції (наприклад, 1% підвищення напруги збільшує споживання реактивної потужності на 3%). Поява в мережі несиметрії напруги призводить до значного збільшення втрат активної потужності в обмотках двигуна внаслідок низького опору струмам зворотної послідовності і до зниження обертового моменту двигуна. Опір зворотної послідовності асинхронних двигунів в 5-7 раз менший опору прямої послідовності, тому допустима для двигунів несиметрія напруги обмежується значенням 2%, в протилежному випадку різко зменшується термін служби двигунів. Так, несиметрія напруги в 2% скорочує термін на 10,8%, при 4% - термін служби скорочується вдвічі. Для синхронних двигунів скорочення терміну служби при несиметрії 2% складає 16,2%, для трансформаторів – 4%, конденсаторів – 20%; причому в синхронних двигунах втрати в роторі і його перегрів від несиметрії напруги вищі чим в статорі. При несиметрії напруги 2% струм зворотної послідовності асинхронного двигуна зростає до 15%, втрати в двигуні – на 8%, а додатковий нагрів обмотки з ізоляцією класу А досягає 5 °С, що є досить значним враховуючи те, що додатковий нагрів обмотки двигуна з ізоляцією класу А на 8 °С скорочує термін його служби вдвічі. Якщо несиметрія досягає 5%, струм зворотної послідовності зростає до 38%, втрати до 50%, а перегрів – до 30 °С.

Зменшення обертового і пускового моментів асинхронного двигуна при несиметрії напруги пропорційно квадрату коефіцієнта несиметрії напруги. Понад 20% асинхронних двигунів виходять з ладу в результаті роботи в несиметричному режимі [2].

Також дуже негативно впливає на роботу обертових машин зниження інших показників якості електричної енергії. Так вищі гармоніки викликають в двигунах підвищення втрат активної енергії за рахунок більш високого опору обмоток струмам підвищеної частоти.

Додаткові втрати активної потужності викликають додаткове нагрівання обмоток синхронної машини. Особливо небезпечні перегреви обмоток збудження, які можуть призвести до прискореного виходу з ладу електрообладнання.

Також негативно впливає на роботу обертових машин зниження інших показників якості електричної енергії. При зменшенні напруги понад 10% термін служби асинхронного двигуна скорочується вдвічі.

Встановлення обґрунтованих значень напруги на затискачах споживачів є одним із засобів раціонального використання електричної енергії, підвищення економічної роботи електрообладнання. При цьому в процесі експлуатації електрообладнання може виникнути необхідність регулювання напруги в різних умовах балансу активних потужностей. Так, якщо в енергосистемі є в наявності резерв активної потужності, то регулювання напруги здійснюється для забезпечення мінімуму втрат активної потужності і енергії, забезпечення стійкої роботи вузлів навантаження. В умовах тимчасового дефіциту потужності може виникнути доцільність підтримування пониженої напруги в допустимих межах, при яких досягається часткове зниження споживання активної потужності в відповідності з їх СХ. В цьому випадку виникає необхідність в аналітичному визначенні оптимальної напруги в мережі підприємства і в оцінці технічної допустимості цієї напруги за іншими показниками.

1. Галушак І.Д. Підвищення надійності та ефективності функціонування електротехнічного комплексу для електробуріння / Федорів М.Й., Галушак І.Д., Гладь І.В. // "Нафтогазова енергетика", м. Івано-Франківськ, 2006. - № 1(1), – С. 41-43.

2. Костишин, В. С. Дослідження ефективності перетворення енергії в електроприводних турбомашинах [Текст] / В. С. Костишин, П. О. Курляк // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – м. Тернопіль, 2014. – С. 252-253.