

## МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВА

Плешков П. Г., Серебренніков С. В., Сіріков О. І., Безкровна Г. В.

*Кіровоградський національний технічний університет*

*Обґрунтовано необхідність включення моніторингу показників якості електричної енергії до системи енергетичного менеджменту підприємств*

**Постановка проблеми.** Створення систем енергетичного менеджменту на виробництві сприяє підвищенню ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Найбільш дорогим видом ПЕР, який споживається всіма без винятку підприємствами є електрична енергія. Погіршення якості електричної енергії збільшує її втрати та знижує продуктивність виробничих агрегатів [1].

В системах енергетичного менеджменту підприємств під час проведення планового енергетичного аудиту зазвичай питанню якості електричної енергії приділяється недостатньо уваги. Водночас, вплив відхилень показників якості електроенергії на техніко-економічні показники виробництва навіть в допустимих межах може бути суттєвим. Тому внесення моніторингу показників якості електроенергії до системи енергетичного менеджменту підприємств залишається актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання врахування якості електричної енергії під час аналізу енергоефективності підприємств АПК висвітлені у [2]. Робота [3] присвячена вдосконаленню методики енергетичного аудиту підприємств-енергопостачальників з врахуванням якості електричної енергії: вказано недоліки методики розрахунку дієвого значення напруги прямої послідовності для аварійних режимів; відзначено, що найбільш імовірним порушенням якості є усталене відхилення напруги. Запропоновано алгоритм та блок-схема розрахунку усталеного відхилення напруги.

Проте, у зазначених роботах не розглянуті питання вдосконалення системи енергетичного менеджменту підприємств за рахунок моніторингу показників якості електроенергії.

**Мета статті.** Обґрунтування доцільності включення моніторингу показників якості електричної енергії, як елементу системи енергетичного менеджменту підприємств.

**Основні матеріали дослідження.** Найкращі техніко-економічні показники приймачів електроенергії відповідають певній оптимальній напрузі. Відхилення напруги може по різному впливати на техніко-економічні показники виробничих агрегатів. Натомість, несинусоїдальність і несиметрія призводять лише до їх погіршення.

Розглянемо приклади впливу відхилення напруги в системі електропостачання на роботу окремих електроприймачів і на протікання технологічних процесів.

**Асинхронні двигуни.** При відхиленні напруги  $U$  змінюються втрати активної потужності в асинхронному двигуні на певну величину  $\delta P$ , яка може бути

додатною або від'ємною залежно від напрямку зміни напруги, типу двигуна і його коефіцієнту завантаження  $k_3$ . Для трифазних асинхронних двигунів зміна активної потужності  $P_{дв}$ , що споживається, визначається з наступного виразу [4]:

$$P_{дв} = k_3 P_{ном} + \Delta P_{ном} + \delta P, \quad (1)$$

де  $\Delta P_{ном}$  – втрати активної потужності у двигуні при номінальній напрузі на його затискачах.

На рисунку 1 наведені залежності зміни додаткових втрат  $\delta P$  у двигунах серій А і АО напругою 380 В від відхилень напруги живлення у межах  $\pm 10\%$  [4]. Залежності побудовані для двигунів потужністю 1–100 кВт, що мають синхронну частоту обертання 1000–3000 об/хв. Криві  $\delta P(U)$  наведені для коефіцієнтів завантаження  $k_3=1; 0,75$  і  $0,5$ .

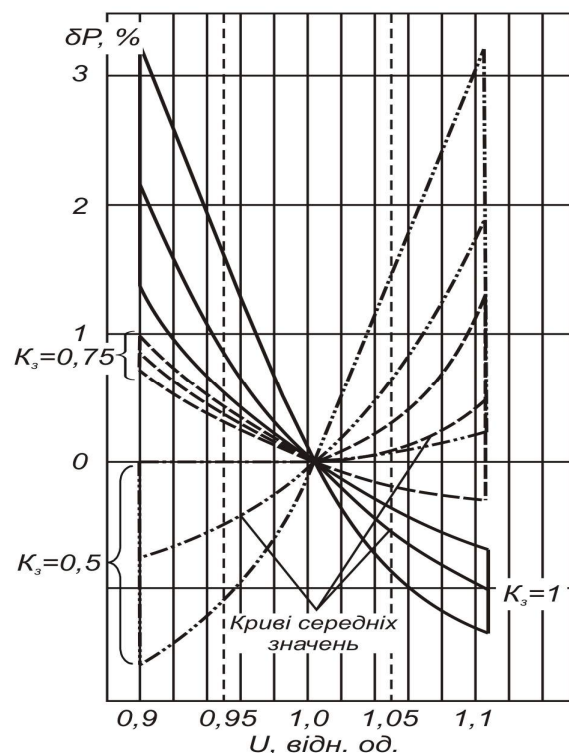


Рисунок 1 – Втрати активної потужності в залежності від рівня напруги живлення

З рис. 1 видно, що при відхиленні напруги в межах  $\pm 5\%$  (це найбільш часто зустрічається на практиці), зміна втрат активної потужності відносно невели-

ка. Водночас, вона є зрівняною з втратами в елементах мережі, а інколи й перевищує їх.

З аналізу кривих на рисунку 1 слідує, що:

– при коефіцієнтах завантаження двигунів близьких до 1 доцільно тримати напругу в мережі близькою до верхньої допустимої межі;

– при  $k_3$  близькому до 0,5 краще тримати напругу близькою до нижньої допустимої межі;

– при  $k_3$  порядку 0,75 бажано тримати напругу близькою до номінальної (але можливі випадки, коли при такому  $k_3$  бажано мати напругу ближчу до верхньої межі).

Зміна напруги може суттєво вплинути на продуктивність технологічного процесу. Так, експериментальні дослідження, проведені на бавовняному комбінаті, показали, що при зниженні напруги на 5% продуктивність ткацького верстату знижується на 1-1,1%, прядильної машини – на 0,3% [1]. Проте, враховуючи, що вплив прикладеної напруги на продуктивність не завжди є однозначним, доцільніше оцінювати вплив напруги на питому витрату енергії. Так, зниження напруги на шинах цехової трансформаторної підстанції для заводу по виробництву мінеральних добрив шляхом переключення регулюючих відпайок трансформатора з 10,5 кВ на 10 кВ призвело до зниження питомої витрати електроенергії з 157,9 до 127,5 кВт·год/т, що становить 23,8% [5].

*Електричне освітлення.* Підвищення напруги понад номінальну призводить до скорочення терміну роботи ламп, а зниження – до істотного зменшення світлового потоку. При проектуванні освітлення, звичай, світловий потік закладається з деяким запасом. Це дозволяє зменшити напругу в освітлювальній мережі до нижньої допустимої межі не порушивши норми освітленості для робочих поверхонь. Визначення освітленості у виробничих приміщеннях повинно входити до задач планових енергоаудитів, а визначення доцільної напруги освітлювальної мережі – до енергетичного менеджменту.

*Електротермічні установки.* При відхиленні напруги у роботі електротермічного обладнання може мати місце зниження продуктивності, а в деяких випадках – розлад технологічного процесу виробництва. Так, наприклад, за добу роботи електроплавильної печі потужністю 10 МВА феросплавного заводу при напрузі 37 кВ (верхня допустима межа) продуктивність складала 44 т силікохрому; при напрузі 34-35 кВ продуктивність знизилась до 38,6 т, тобто на 12% [4]. Відхилення напруги може погіршувати технологічний і енергетичний режим роботи печей опору та індукційних печей. Наприклад, при відпалі заготовок з кольорового металу в печах опору загальною потужністю 675 кВт при зниженні напруги на 7% технологічний процес тривав 5 годин замість 3 годин при номінальній напрузі. При зниженні напруги на 10% і більше технологічний процес унеможливився [1].

Для більшості електротермічного обладнання бажано тримати живлячу напругу ближче до верхньої межі, але остаточно визначити оптимальну з точки зору мінімальних втрат напругу можливо лише після проведення ретельного енергоаудиту.

Цілеспрямоване регулювання напруги в мережі підприємства можливо здійснювати шляхом зміни

відпайок живлячих трансформаторів та за допомогою компенсуючих реактивну потужність пристроїв.

**Висновки.** Отримання фактичних питомих норм витрати електроенергії при різних межах допустимого відхилення напруги повинно входити до задач планових енергоаудитів, а визначення доцільної напруги мережі – енергетичного менеджменту. Моніторинг якості електричної енергії з метою її підтримки в найбільш прийнятних допустимих межах дозволить підвищити ефективність використання електроенергії, як складової ПЕР.

#### Список використаних джерел

1. Федоров А. А. Электроснабжение промышленных предприятий.: Учебник для вузов. / А. А. Федоров, Э. М. Ристхейн. – М.: Энергия, 1981. – 360 с., ил.
2. Трунова І. М. Енергетичний менеджмент підприємств АПК з врахуванням якості електричної енергії / І. М. Трунова, У. С. Кухтяк. / Вісник ХНТУСГ "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2006. – Вип. 43, – С. 37-45.
3. Трунова І. М. Енергетичний аудит підприємств-електропостачальників з врахуванням якості електроенергії / І. М. Трунова // Вісник ХНТУСГ "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 87, – С. 20-23.
4. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т. 1. Электроснабжение / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.:ил.
5. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. И. Кудрин, В. В. Прокопчик. – Минск: "Вышэйшая школа", 1988. – 357 с.: ил.

#### Аннотація

#### МОНІТОРИНГ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ

Плешков П.Г., Серебренников С.В., Сириков А.И.,  
Бескровная Г.В.

*Обоснована необходимость включения мониторинга показателей качества электрической энергии в систему энергетического менеджмента предприятий.*

#### Abstract

#### MONITORING OF QUALITY OF ELECTRIC ENERGY IN SYSTEM OF POWER MANAGEMENT OF THE ENTERPRISE

P. Pleshkov, S. Serebrennikov, O. Sirikov, H. Bezкровная

*Necessity of inclusion of monitoring of parameters of quality of electric energy for system of power management of the enterprises is proved.*