

УДК 621.316.1

Віктор Решетник, к. т. н., доц.; Олександр Вакуленко; Валентин Коркулов
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**СХЕМО–ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В
МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Viktor Reshetnyk, Ph.D., Assoc. Prof.; Oleksandr Vakulenko; Valentyn Korkulov
**SCHEME-TECHNICAL SOLUTIONS FOR ELECTRICAL QUALITY
IMPROVING IN NETWORKS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Сучасні підприємства характеризуються невеликою площею при нечисленності працівників та енергоємним обладнанням. Часто при спробі розширення чи модернізації виробництва виникають питання відмов електрообладнання. Найчастіше це є наслідком недостатньо кваліфікованої розробки схемо–технічних рішень силових електромереж:

- встановлення захисних апаратів, що не враховують перетин та стан електричних мереж, що може призвести до протікання провідниками мережі струмів, на які ті не розраховані - струмів к. з. та пожеж;
- несиметричність під'єданого навантаження, що зумовлює несиметричне фазне споживання електроенергії ділянкою електромережі;
- суттєва нелінійність одиничного навантаження чи комплексу технологічного обладнання, що спотворює синусоїдність напруги живлення;
- наявність технологічного обладнання з різкозмінним в часі навантаженням на електромережу, що супроводжується поштовхами реактивної й активної потужності.

Таким чином, технологічне обладнання підприємств через їх розподільчі електромережі здійснює значний вплив на електроенергію, якість якої, як і будь–якої іншої продукції, характеризується певними встановленими нормативною документацією (ДСТУ 3466–96, ГОСТ 13109–97) показниками.

Нормування значень показників якості електроенергії (ПЯЕ) відноситься до найважливіших проблем якості електроенергії. Систему ПЯЕ утворюють кількісні характеристики повільних (відхилення) та швидких (коливання) змін діючого значення напруги, її форми та симетрії у трифазній системі, а також зміни частоти. Принципи формування ПЯЕ засновані на техніко–економічних обґрунтуваннях і мають енергетичний зміст, межі допустимих значень, нормуються протягом певного інтервалу часу із заданою ймовірністю для отримання достовірних та співставних значень. Допустимі значення ПЯЕ вказуються на затискачах електроприймачів та у вузлах електричних мереж.

При недотриманні встановлених норм ПЯЕ неможливо забезпечити електромагнітну сумісність електричних мереж енергопостачальних організацій та електричних мереж споживачів електричної енергії.

Так, основною причиною виникнення аварій і низької енергоефективності електромеханічних систем - електроприводів з синхронними й асинхронними двигунами є неврахування впливу якості напруги живлення та режиму навантаження, відсутність ефективного захисту двигунів, несвоєчасне виявлення і усунення дефектів устаткування, неякісний ремонт, недостатній рівень експлуатації тощо [1].

Згідно стандарту спотворення синусоїдної напруги в електромережі внаслідок наявності нелінійного навантаження характеризується двома коефіцієнтами, що вказують як на сумарну наявність вищих гармонік в мережі (не більше 5% (граничне значення - 8%) для електромережі 10 (6) кВ), так і на відносну величину кожної з них.

До прикладу, вентильні нерегульовані перетворювачі при струмі навантаження

$I_{ном}$ генерують в електромережу сукупність n гармонік вищих порядків в залежності від схеми випрямлення: при 6-фазній - 5-у, 7-у, 11-у, 13-у, а при 12-фазній - 11-у і 13-у. При цьому, струми кожної з них розповсюджуватимуться електромережею і матимуть величини: $I_n = I_{ном} / 3 \cdot n$. Дугові печі в режимі розплаву металу також генерують в електромережу 5-у, 7-у, 11-у, 13-у гармоніки, а їх струми матимуть величини: $I_n = 1,25 \cdot I_{ном} / n^2$ [2].

Найбільшого руйнівного впливу зазнають батареї конденсаторів схем компенсації реактивної потужності. Тут застосовують або налаштовані фільтро-компенсувальні пристрої на основі ємнісних X_C й індуктивних X_L елементів згідно виразу: $n = \sqrt{X_C / X_L}$, або схеми поздовжньої компенсації встановленням послідовно до косинусної батареї X_C реактора X_L . Комп'ютерне моделювання режимів роботи електроприводів також вказує на негативний вплив вищих гармонік, що проявляється у коливаннях пускового струму й швидкості [1].

Оскільки струми вищих гармонік створюють на навантаженнях електромережі відповідні напруги, то ефективним є збільшення потужності струмів к. з. у місці під'єднання джерел вищих гармонік, а також використання розщеплених відгалужень (секцій шин) (6–10) кВ силових трансформаторів для обмеження числа вентильних перетворювачів, що під'єднуються до однієї секції шин.

Передача струмопроводами великих потужностей супроводжується значними втратами напруги. Тому їх допустима довжина обмежується. За даними [2] струмопровід з алюмінієвої труби діаметром 210 мм при струмі 3400 А і $\cos \varphi = 0,95$ має граничну довжину 1,1 км на напрузі 6 кВ і на напрузі 10 кВ - 1,9 км. Втрати напруги в струмопроводі складають $\Delta U = 6\%$. При передачі активної потужності P зменшення втрат до нормованої величини $\Delta U_{дон} = 5\%$ і збільшення довжини струмопроводу з активним опором R можливі при поздовжній компенсації ділянки мережі з опором X_M батареєю конденсаторів, опір якої X_C визначається з виразу: $\Delta U_{дон} = [P \cdot R + Q_C \cdot (X_M - X_C)] / 10 \cdot U_{ном}^2$, а необхідна потужність $Q_C = 3 \cdot I_{макс} \cdot X_C$.

Поздовжня компенсація індуктивного опору струмопроводу покращує також баланс реактивної потужності споживача і відрізняється автоматичністю дії: із зміною навантаження споживача відповідно змінюється реактивна потужність, що генерується.

Для обмеження коливань напруги при наявності різкозмінних навантажень необхідно використовувати спеціальні заходи, в першу чергу - схемні рішення: під'єднання окремих трансформаторів для живлення різкозмінних навантажень; виділення різкозмінних навантажень на окремі відгалуження розщеплених обвиток трансформаторів; виділення різкозмінних навантажень на окремі гілки здвоєних реакторів; зниження опору, в основному індуктивного, а також збільшення потужності струмів к.з. ділянок мережі, які живлять різкозмінне навантаження.

Література

1. Закладний О. М. Вплив якості напруги живлення на електроприводи з синхронними двигунами / О. М. Закладний, О. О. Закладний, Т. Ю. Оборонов // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2012. – Вип. 22. – С. 180–188.
2. Войцицький А. П. Аналіз причин погіршення якості показників електроенергії, які характеризують форму напруги / А. П. Войцицький, Ю. А. Колос // Вісник Житомирського нац. агроєколог. ун-ту. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 264–269.