

УДК 621.317.19

## МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ

*І. М. Михайлів, В. І. Михайлів, Б. С. Незамай*

*Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу  
76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, [Boris\\_may@ukr.net](mailto:Boris_may@ukr.net)*

Одним із шляхів оптимізації електроспоживання є зниження непродуктивних витрат, зв'язаних з регулюванням напруги на шинах підстанцій, що живлять підприємства та на шинах низьковольтних приймачів, основними споживачами яких є асинхронні двигуни. При оптимізаційних розрахунках, які проводяться з метою мінімізації втрат активної потужності в мережі при умові підтримання на затискачах електроспоживачів допустимих рівнів напруги, на перший план виступає вимога врахування всіх факторів, що впливають на кінцеві результати, особливо зміни напруги. При виборі рівня напруги виникає ряд протиріч. З однієї сторони чим вища напруга (в допустимих межах), тим менші втрати активної потужності. Однак, при збільшенні напруги різко збільшується споживання реактивної потужності двигунами і трансформаторами, що викликає додаткові втрати потужності, зниження коефіцієнта потужності. Математичне представлення залежності активної  $P(U)$  та реактивної  $Q(U)$  потужностей навантаження від напруги  $U$  (та/або частоти) називають статичною характеристикою навантаження (СХ). В практиці розрахунків режимів широко використовуються степенева та поліноміальна моделі навантаження. В першій моделі навантаження активна та реактивна потужності задаються у вигляді показникової залежності  $P(U) = P_0 \cdot K_U^\alpha$  та  $Q(U) = Q_0 \cdot K_U^\beta$ , де  $P_0$ ,  $Q_0$  – значення активної та реактивної потужностей навантаження при номінальній напрузі  $U_{ном}$ ;  $P(U)$  та  $Q(U)$  – значення активної та реактивної потужностей навантаження при напрузі  $U$ ;  $K_U = U/U_{ном}$  – відносне значення напруги;  $\alpha$  і  $\beta$  – характеристичні коефіцієнти степеня моделі. В поліноміальній моделі навантаження активна та реактивна потужності задаються у формі полінома другого степеня:

$$P(U) = p_0 + K_U \cdot p_1 + K_U^2 \cdot p_2, \quad Q(U) = q_0 + K_U \cdot q_1 + K_U^2 \cdot q_2; \quad (1)$$

де  $p_0, p_1, p_2, q_0, q_1, q_2$  – параметри моделі навантаження (значення коефіцієнтів апроксимації вказаних СХ).

При цьому значення  $K_U$  обмежене експлуатаційними вимогами – мінімально  $K_{U \min}$  та максимально  $K_{U \max}$  допустимими відносними значеннями напруг на затискачах електроприймачів. Авторами розроблено алгоритм розрахунку СХ активних і реактивних потужностей трансформаторів і асинхронних двигунів у діапазоні змін напруги на електроприймачах, що мають місце в нормальному і післяаварійному режимах, за довідниковими даними, відомим коефіцієнтом навантаження двигуна і моментом опору виробничого механізму. При цьому враховувались залежності намагнічуючого струму від

підведеної напруги, отримані шляхом апроксимації характеристик неробочого ходу, що дозволяє з більш високою точністю, ніж раніше розроблені методики, визначити втрати потужності електроенергії в системах електропостачання. Проведені дослідження СХ з метою їх узагальнення для різних вузлів навантаження показали, що форма цих характеристик залежить від встановленої потужності кожного асинхронного двигуна, їх коефіцієнтів навантаження і характеристик моментів опору виробничих механізмів, внаслідок чого отримати типові СХ для різних вузлів навантаження практично неможливо. Тому авторами створена програма, що дозволяє вводити коефіцієнти апроксимації СХ двигунів, в основну (типову) програму розрахунків усталених режимів мереж, після внесення в діалоговому режимі параметрів, що змінюються, у підпрограму з розрахунку СХ асинхронних двигунів. Такий підхід дозволяє з більшою точністю, ніж при раніше використовуваних підходах, визначити СХ асинхронного навантаження. Як показав аналіз, найбільший вплив на характер СХ мають номінальна потужність двигуна, його коефіцієнт навантаження і коефіцієнт, який враховує зміну моменту опору виробничого механізму від частоти обертання ротора двигуна. Зміна напруги на затискачах двигуна на 1 % від номінальної, призводить до зміни в той же бік споживаної активної потужності на  $(0,2 \div 0,7)\%$  при  $K_3 < 0,8$  і залишається практично незмінною при  $K_3 < 0,8$ . Споживання реактивної потужності при підвищенні напруги на 1% зростає на 2-4% і практично не залежить від навантаження.

Результати оптимізації електроспоживання за напругою різних вузлів навантаження показали необхідність підтримки пониженої напруги для всіх приймачів в будь-яких режимах роботи. Особливо, при незначних навантаженнях асинхронних двигунів, що характерно для багатьох виробництв, оптимальний рівень напруги знаходиться нижче за номінальний. Складена на основі запропонованого алгоритму програма для ЕОМ може бути використана при розрахунках встановлених режимів системи електропостачання підприємств з метою вибору оптимальних напруг для досягнення економічної ефективності роботи енергогосподарств. При введенні електроенергетичною системою обмежень на споживання потужності, можливе проходження максимуму навантаження при пониженій напрузі без вимкнення чи при меншій долі вимкнення споживачів, оскільки при цьому зменшується споживання активної і реактивної потужностей. Особливо ефективно зниження напруги у вузлах навантаження, де домінують двигуни з коефіцієнтом навантаження меншим ніж 0,8.

#### **Літературні джерела**

1 Aronovich I.M., Lipsky A.M. Experimental analysis of power system static load models // Мат. XI Міжнар. на-ук.-техн. конф. "Проблеми сучасної електротехніки– 2010". – [http://fel.kpi.ua/ppedisc/doc/s2/2\\_1.pdf](http://fel.kpi.ua/ppedisc/doc/s2/2_1.pdf)

2 Kundur P. Power System Stability and control // McGraw – Hill. – New-York, 1993. – 1176 p.