

ІДЕНТИФІКАЦІЯ СЕГМЕНТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ З ДРГ

В.М. Бодунов, інженер

Запропонований один з можливих принципів ідентифікації сегменту електричної мережі, в рамках якого розглядається задача керування потужністю джерел розподіленої генерації.

Розподільна електрична мережа, джерела розподіленої генерації, технологічні витрати електроенергії.

В останні роки спостерігається стійка тенденція до зміни загальної концепції розвитку енергетики. Мова йде про впровадження нової ідеології – енергетики сталого розвитку [1], одним з проявів якої є поширення використання міні та мікроелектростанцій. Так, відповідно до офіційної статистики НЕК Укренерго в ОЕС України лише за останні 5 років було введено в експлуатацію більше 50 нових генеруючих об'єктів [2], з яких 16 мають встановлену потужність менше 1 МВт, 12 – в діапазоні від 1 до 5 МВт та 5 – від 5 до 10 МВт.

У роботах ряду авторів [3, 4, 5] відмічається, що джерела розподіленої генерації (ДРГ), які працюють паралельно енергосистемі, можуть бути залучені до регулювання перетоків активної потужності з метою зменшення технологічних витрат електроенергії. При цьому не існує чітких рекомендацій щодо величин потужностей ДРГ, як мінімальних, так і максимальних, за яких доцільно проводити регулювання генерації. Впровадження цього заходу вимагає врахувати низку факторів, таких, як економічний ефект від реалізації, додаткові витрати на модернізацію системи управління ДРГ, збитки власника генерації від примусового обмеження генерації. Разом з цим немає загальних підходів до виділення частини (сегменту) електричної мережі, для якої визначається економічний ефект.

Мета дослідження – полягає у формуванні одного з можливих принципів ідентифікації сегменту електричної мережі для подальшого розгляду задачі управління розподілом активної потужності в електричних мережах з ДРГ.

Матеріали та методика досліджень.

Запропонований принцип ідентифікації сегмента електричної мережі полягає у врахуванні в розрахунковій схемі такої частини електричної мережі, зміни технологічних витрат електроенергії при встановленні ДРГ в якій будуть більшими за максимальну похибку приладів обліку електроенергії.

Для пояснення запропонованого принципу розглянемо електричну мережу, як сегментовану структуру (рис.1), сегменти якої відділені від сусідніх вузлами обліку (на магістральних ділянках ліній, вузлах секціонування, шинах РП, ТП, вузлах навантаження, генерації тощо).

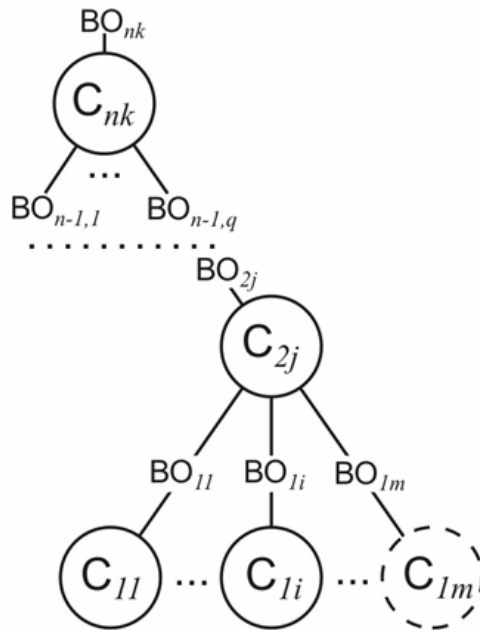


Рис. 1. Сегментована структура електричної мережі

Формування розширеного сегмента проводиться наступним чином:

- 1) формується еквівалентний граф електричної мережі відповідно до існуючої системи обліку;
- 2) послідовно, починаючи від ДРГ (C_{1m}), для кожного сегмента графа визначається розрахункове значення технологічних витрат електроенергії без врахування ДРГ ΔW_{nk} та при його врахуванні $\Delta W'_{nk}$;
- 3) за отриманими значеннями проводиться розрахунок зміни технологічних витрат електроенергії

$$\delta W_{nk}^{розр} = \Delta W_{nk} - \Delta W'_{nk}; \quad (1)$$

- 4) отримане значення порівнюється з розрахунковим значенням абсолютної похибки системи обліку ΔW_{nk}^{don} ;

5) якщо розрахункове значення зміни технологічних витрат електричної енергії перевищує похибку $\delta W_{nk}^{розр} > \Delta W_{nk}^{don}$, то сегмент nk включають до розширеного сегменту;

6) якщо для сегмента є справедливим співвідношення $\delta W_{nk}^{розр} \leq \Delta W_{nk}^{don}$, то система обліку буде нечутливою до зменшення (збільшення) технологічних витрат електроенергії, спричинених ДРГ, відповідно даний та наступні сегменти не включають до розширеного сегмента. Формування завершено.

Таким чином можна виділити деяку частину електричної мережі (сегмент), на режими роботи якого буде впливати підключення ДРГ (рис. 2).

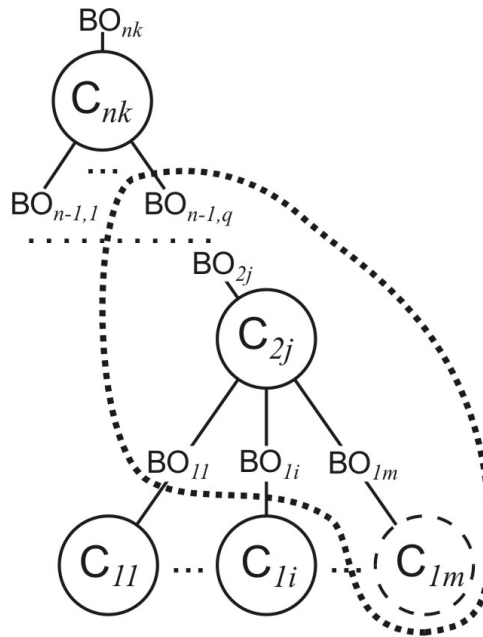


Рис. 2. Розширений сегмент електричної мережі

Як правило, розрахунки δW проводяться в межах електричної мережі одного класу напруги включаючи (або не включаючи) витрати електричної енергії в силових трансформаторах живлячої підстанції.

В якості приклада розглянемо режим роботи електричної мережі зі сталою потужністю навантаження, тоді відносні втрати активної потужності дорівнюватимуть відносному значенню технологічних витрат електроенергії. Визначимо умови, за яких зміна втрат активної потужності в силовому трансформаторі від приєднання ДРГ буде знаходитися в зоні нечутливості систем обліку на шинах ВН та НН, тобто буде виконуватися умова $\delta P_T \leq \Delta$.

Втрати активної потужності в силовому трансформаторі при нехтуванні відхилення напруги від номінального значення складають:

$$\Delta P_T = \Delta P_{\kappa\lambda} \frac{S_n^2 \cdot \cos^2 \varphi + S_n^2 \cdot \sin^2 \varphi}{S_T^2} + \Delta P_{xx}, \quad (2)$$

де S_T , $\Delta P_{\kappa\lambda}$ та ΔP_{xx} – відповідно номінальна потужність, втрати короткого замикання та холостого ходу трансформатора;

S_n та $\cos \varphi$ – відповідно повна потужність та коефіцієнт потужності навантаження.

При потужності ДРГ P_Γ маємо

$$\Delta P'_T = \Delta P_{\kappa\lambda} \frac{(S_n \cdot \cos \varphi - P_\Gamma)^2 + S_n^2 \cdot \sin^2 \varphi}{S_T^2} + \Delta P_{xx}. \quad (3)$$

Зміна втрат активної потужності:

$$\delta P_T = \Delta P_T - \Delta P'_T = \Delta P_{\kappa\lambda} \frac{2 \cdot P_\Gamma \cdot S_n \cdot \cos \varphi - P_\Gamma^2}{S_T^2}. \quad (4)$$

На рис. 3 наведено графік залежності δP_T від коефіцієнта потужності навантаження (при незмінній S_n) та значення активної потужності ДРГ по відношенню до номінальної потужності трансформатора P_Γ / S_T . Горизонтальна

площина відповідає похибці системи обліку Δ . Таким чином для режимів, які відповідають частині графіка під площиною Δ , силовий трансформатор не потрібно включати до сегмента електричної мережі з ДРГ.

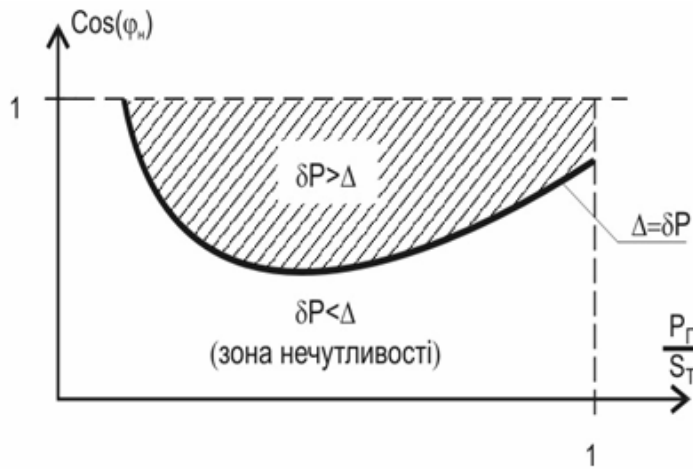


Рис. 3. Чутливість приладів обліку до зміни технологічних витрат електроенергії

На графіках (рис. 4, а-в) представлено функції $\delta P_T = \Delta$ в залежності від потужностей навантаження S та ДРГ та величини похибки Δ .

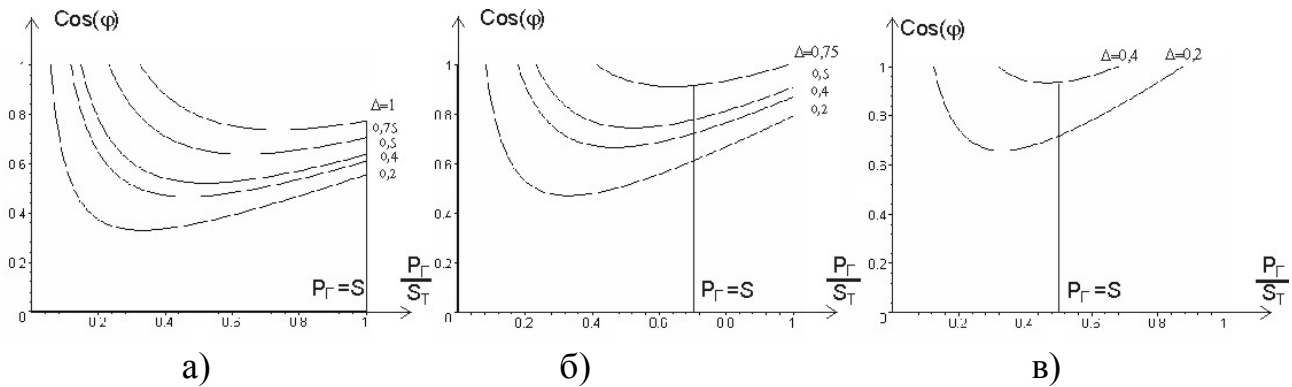


Рис. 4. Функціональні залежності $\delta P_T = \Delta$

а) $S = S_T$; б) $S = 0.7 S_T$; в) $S = 0.5 S_T$

З графіків видно, що при зменшенні потужності навантаження зростає зона нечутливості, також видно, що за будь якого значення $\cos \phi$ при заданій величині похибки систем обліку можна виділити мінімальну потужність ДРГ, при якій зміна втрат потужності вийде за зону нечутливості, а отже регулювання потужності відповідних ДРГ буде недоцільним. На рис. 5 наведено графіки, за якими можна визначити цю потужність.

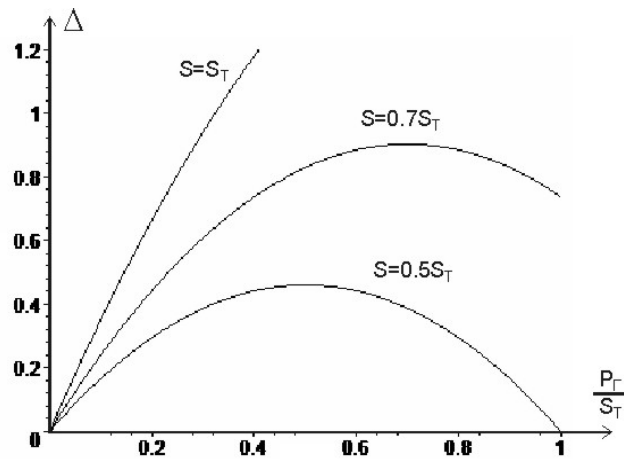


Рис. 5. Залежності граничних потужностей ДРГ від Δ

Висновки

1. Запропоновано принцип формування сегменту електричної мережі для задачі управління розподілом активних потужностей в електричних мережах з ДРГ.
2. Визначено зону нечутливості зміни технологічних витрат електроенергії в залежності від активної потужності ДРГ та похибки системи обліку електроенергії.

Список використаних джерел

1. Кириленко О.В. Праховник А.В. Енергетика сталого розвитку: виклики та шляхи побудови // Праці Інституту електродинаміки. Спеціальний випуск. – 2010. – С. 10-16.
2. Офіційний сайт НЕК «УКРЕНЕРГО» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>
3. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С.46-53.
4. Воропай Н. И. Интеллектуальные электроэнергетические системы: концепция, состояние, перспективы / Воропай Н. И. // Автоматизация и ИТ в энергетике. М., 2011. – № 3. – С.25-33.
5. Оптимізація роботи малих ГЕС з асинхронними генераторами та їх вплив на режими електричних мереж: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.02 / О.В. Нікіторович; Вінниц. нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2009. – 20 с.

Предложен один из возможных принципов идентификации сегмента электрической сети, в рамках которого рассматривается задача управления мощностью источников распределенной генерации.

Распределительная электрическая сеть, источники распределенной генерации, технологические расходы электроэнергии.

One of the possible principles of identification of the segment of the electric network, in which is consider the problem of power control of distributed generation is offered.

Distribution electric network, distributed generation sources, technological losses of electric energy.