

УДК 621.314.214

РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ У ЗАДАЧАХ НАДІЙНОСТІ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

В.В.Грабко, І.В.Бальзан,
Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна.

Запропоновано підхід, який передбачає створення системи регулювання напруги з використанням силового трансформатора з пристроєм регулювання під навантаженням (РПН) районної підстанції в поєднанні з трансформаторами кінцевих підстанцій електричної мережі, з яких інформація про значення напруги передається в регулятор напруги районної підстанції по каналах зв'язку. При цьому підвищується якість напруги на шинах споживачів, надійність пристрою РПН внаслідок зменшення кількості його перемикачів, а також знижуються втрати електроенергії в трансформаторах кінцевих підстанцій за рахунок підтримання в допустимих межах значення напруги на їхніх шинах. Запропоновано закон регулювання напруги, який реалізує даний підхід. Бібл. 4.

Ключові слова: регулювання напруги, пристрій РПН, надійність, втрати електроенергії.

Відомо, що для регулювання напруги в електричних мережах застосовуються системи регулювання напруги районних підстанцій, в які входять силові трансформатори з пристроями РПН та відповідні автоматичні регулятори [1]. У ряді робіт, зокрема в [2], показано, що для підвищення надійності роботи пристрою РПН за рахунок зменшення кількості перемикачів при незначному зниженні якості напруги необхідно в традиційних законах регулювання напруги враховувати похідну огинаючої регульованої напруги. Автор робіт [3,4] підкреслює, що основна доля втрат електроенергії в розподільних мережах припадає на повітряні лінії та малонавантажені силові трансформатори, втрати холостого ходу в яких при підвищенні напруги суттєво перевищують номінальні, особливо у нічний час. Очевидно, що режим роботи споживачів при цьому погіршується. Слід враховувати також стан електричних мереж, спроектованих та введених в експлуатацію в 70-х роках минулого століття, в яких не забезпечується регламент оптимальних напруг. Тому виникає задача забезпечення якості напруги живлення споживачів в умовах підвищеної надійності роботи пристрою РПН районної підстанції за рахунок зменшення кількості перемикачів та зменшення втрат електроенергії в трансформаторах кінцевих підстанцій.

Для розв'язання цієї задачі в роботі пропонується підхід, який передбачає поєднання трансформатора з пристроєм РПН районної підстанції з трансформаторами кінцевих підстанцій в єдину систему регулювання напруги. При цьому передбачається вимірювання напруги на шинах кінцевих підстанцій та передача цієї інформації по каналах зв'язку в регулятор районної підстанції. Отже, перемикачів відгалуження пристрою РПН районної підстанції здійснюватиметься за умови, коли більшість трансформаторів кінцевих підстанцій буде інформувати про необхідність підвищення (зниження) напруги.

З врахуванням зазначених міркувань закон регулювання напруги для запропонованої системи має вигляд (1), де K_m – коефіцієнт трансформації трансформатора з пристроєм РПН; $u(t)$ – регульовальна дія, яка формується регулятором; $u_{н.з.}$, $u_{в.з.}$ – нижня і верхня границі його зони нечутливості, які задаються з умов надійності; U_y – уставка регулятора, яка відповідає номінальній напрузі $U_{ном}$ на шинах підстанції; $U(t)$ – поточне значення цієї напруги; I_{min} – струм, що знімається з шин підстанції в режимі мінімуму навантаження; $I(t)$ – поточне значення цього струму; $U_{н.н}$ – напруга на шинах низької сторони трансформатора; U_i – напруга, що індукується в обмотці високої напруги трансформатора при підключенні i -го відгалуження; K_1 – коефіцієнт передачі блоку, що формує регульовальну дію, яка характеризує чутливість регулятора; K_2 – коефіцієнт, який визначає нахил характеристики зустрічного регулювання; τ_3 – час затримки сигналу; $dU_{ор} / dt$ – похідна огинаючої контрольованої напруги; K_j – ваговий коефіцієнт j -го трансформатора кінцевої підстанції; n – кількість трансформаторів кінцевих підстанцій; K_n – пороговий коефіцієнт, що задає мінімальну кількість (суму вагових коефіцієнтів) трансформаторів, по сигналах яких дозволяється перемикачів; $m_{нj}$, $m_{вj}$ – коефіцієнти, які характеризують вихід за допустиму зону напруги живлення j -го трансформатора кінцевих підстанцій у сторону її зменшення або збільшення відповідно. При цьому сигнали, що надходять з кінцевих підстанцій та характеризують рівень напруги на трансформаторах, описуються математичними виразами (2), в яких $u_{п}(t)$ – поточне значення напруги на шинах трансформатора; $U_{пн}$ – номінальна напруга на шинах трансформатора.

$$u(t) = K_1((U(t) - U_y) - K_2(I(t) - I_{min}));$$

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{н.н}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{н.з.}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{н.з.}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \leq \left(\frac{dU_{ор}}{dt}\right)_{min}; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{нj} > K_n; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{н.н}}, \text{ при } u_{н.з.} < u(t) < u_{в.з.}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{н.н}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{в.з.}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{в.з.}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \geq \left(\frac{dU_{ор}}{dt}\right)_{min}; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{вj} > K_n \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

$$m_n = \begin{cases} 0, & \text{якщо } u_{II}(t) > 0,95U_{IIн}; \\ 1, & \text{якщо } u_{II}(t) \leq 0,95U_{IIн}; \end{cases} \quad (2)$$

$$m_g = \begin{cases} 0, & \text{якщо } u_{II}(t) < 1,05U_{IIн}; \\ 1, & \text{якщо } u_{II}(t) \geq 1,05U_{IIн} \end{cases}$$

Отже, запропонований закон регулювання напруги передбачає формування регулювальної дії за умови надходження в регулятор районної підстанції сигналів про вихід напруги за допустимі межі в переважній кількості трансформаторів кінцевих підстанцій. Очевидно, що регулятор має містити блок обробки та узагальнення інформації, яка надходить з кінцевих підстанцій, та за результатами аналізу формувати сигнал на перемикання пристрою РПН. Слід зазначити, що досягти мінімального рівня втрат електроенергії в трансформаторах кінцевих підстанцій можна шляхом підбору коефіцієнтів, які визначають поріг формування сигналів запиту на перемикання пристрою РПН.

Інформацію з шин трансформаторів кінцевих підстанцій доцільно передавати в регулятор районної підстанції по каналах зв'язку, наприклад, оптоволоконних або GSM мережі.

1. *Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С.* Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 216 с.

2. *Грабко В.В.* Моделі та засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 109 с.

3. *Назаров В.В.* Распределительная электрическая сеть (ресурсо- и энергосбережение) // Энергетика та електрифікація. – 2008. – №5. – С. 35–38.

4. *Назаров В.В.* Энергоэффективная реконструкция распределительной электрической сети // Электрические сети и системы. – 2011. – №2. – С. 53–56.

УДК 621.314.214

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ В ЗАДАЧАХ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В.В.Грабко, И.В.Бальзан,

Винницкий национальный технический университет,

Хмельницкое шоссе, 95, Винница, 21021, Украина.

Предложен подход, предусматривающий создание системы регулирования напряжения с использованием силового трансформатора с устройством РПН районной подстанции в соединении с трансформаторами конечных подстанций электрической сети, с которых информация о значении напряжения передается в регулятор напряжения районной подстанции по каналам связи. При этом повышается качество напряжения на шинах потребителей, надежность устройства РПН вследствие уменьшения количества его переключений, а также снижаются потери электроэнергии в трансформаторах конечных подстанций за счет поддержания в допустимых пределах значения напряжения на их шинах. Предложен закон регулирования напряжения, реализующий данный подход. Библ. 4.

Ключевые слова: регулирование напряжения, устройство РПН, надежность, потери электроэнергии.

VOLTAGE REGULATION IN ELECTRIC NETS IN THE TASKS OF ELECTRIC ENERGY SUPPLY AND ENERGY SAVINGS

V.V.Grabko, I.V.Balzan,

Vinnitsia National Technical University, 95, Khmelnytske shosse, Vinnitsia, 21021, Ukraine.

There had been suggested an approach stipulating for the creation of the voltage regulation system using the power transformer with the device for regulation under loading of the regional substation in connection with the transformers of the final substation in the electric net which submit the information on voltage value to the voltage regulator of the regional substation via transmission channel. The voltage quality on the consumers busses as well as the reliability of the device for regulation under loading are being improved due to the reduction in number of switching. The electric energy losses in the transformers of the final substations are also reduced at the cost of maintaining the value of the voltage on their busses within the permissible limits. There had been suggested the law of voltage regulation which realizes this approach. References 4.

Key words: voltage regulation, device for regulation under loading, reliability, electric energy losses.

1. *Venikov V.A., Idelchik V.I., Liseev M.S.* Voltage regulation in electrical power system. – Moskva: Energoatomizdat, 1985.– 216 p. (Rus)

2. *Grabko V.V.* Models and means for voltage regulation by transformers with device for regulation under loading. – Vinnitsia:UNIVERSUM-Vinnitsia, 2005. – 109 p. (Ukr)

3. *Nasarov V.V.* Distributing electric net (resource- and energy saving) // Energetyka ta elektryfikatsiia. – 2008. – №5. – Pp. 35–38. (Rus)

4. *Nasarov V.V.* Power efficient reconstruction of the distributive electric net // Elektricheskie seti i sistemy. – 2011. – №2. – Pp. 53–56. (Rus)

Надійшла 30.01.2012

Received 30.01.2012