

УДК 621.314.681

В. В. Грабко, д-р техн. наук,

І. В. Бальзан

ЗАКОН КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ НА ОСНОВІ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА З ПРИСТРОЄМ РЕГУЛЮВАННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

Анотація. Запропоновано закон керування пристроєм регулювання під навантаженням силового трансформатора районної підстанції в дворівневій системі регулювання напруги, який на відміну від відомих дозволяє підвищити якість напруги для споживачів.

В. В. Грабко, д-р техн. наук,

И. В. Бальзан

ЗАКОН УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С УСТРОЙСТВОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОД НАГРУЗКОЙ

Аннотация. Предложен закон управления устройством регулирования под нагрузкой силового трансформатора районной подстанции в двухуровневой системе регулирования напряжения, позволяющий в отличие от известных повысить качество напряжения у потребителей.

V. V. Grabko, д-р техн. наук,

I. V. Bal'zan

CONTROL LAW ELECTROMECHANICAL SYSTEM VOLTAGE REGULATION POWER TRANSFORMER FROM THE UNIT UNDER LOAD REGULATION

Abstract. The law of regulation device control under load of the power transformer of regional substation in two-level system of a pressure regulation is offered in the paper. As opposed to known, it allows to raise pressure quality on consumers.

Відомо, що надійність і якість електропостачання суттєво впливає на роботу споживачів електроенергії. Одним із показників якості електроенергії є її відхилення від номінального значення.

В електричних мережах регулювання напруги найчастіше здійснюється за допомогою силових трансформаторів з пристроями регулювання під навантаженням (РПН) [1]. Пристрої РПН мають обмежений ресурс роботи [2], а тому оперативний персонал намагається проводити перемикання відгалужень обмоток силового трансформатора якомога рідше, внаслідок чого автоматичні регулятори напруги силових трансформаторів, як правило, переводяться в ручний режим роботи та якість напруги суттєво знижується.

В роботі [3] узагальнено відомі закони регулювання напруги трансформаторами з пристроями РПН та запропоновано нові. Так, зокрема, одним із підходів передбачається регулювання напруги для споживачів як за допомогою силового трансформатора з пристроєм РПН районної підстанції, так і з використанням трансформаторів на кінцевих підстанціях, що містять пристрої перемикання без збудження та оснащені електронними пристроями РПН і об'єднані в єдину систему регулювання напруги з трансформатором районної підстанції за допомогою каналів передачі інформації.

Основна ідея запропонованого підходу полягає в тому, що коли більшість трансформаторів нижнього рівня вичерпала можливість перемикання відгалужень в одному напрямку, то для електропостачання з дотриманням номінальної напруги на споживачах необхідно уже здійснити перемикання відгалуження трансформатора районної підстанції.

© Грабко В.В., Бальзан І.В., 2011

Закон регулювання напруги трансформатором районної підстанції такої системи має такий вигляд:

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

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{нн}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{нз}; \\ u(t - \tau_s) \leq u_{нз}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \leq 0; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{nj} > K_n; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{нн}}, \text{ при } u_{нз} < u(t) < u_{вз}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{нн}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{вз}; \\ u(t - \tau_s) \geq u_{вз}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \geq 0; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{nj} > K_n; \end{cases} \end{cases}$$

де K_m – коефіцієнт трансформації трансформатора з РПН; $u(t)$ – приведена напруга на шинах підстанції з урахуванням струмової компенсації; $u_{нз}$, $u_{вз}$ – нижня і верхня границі зони нечутливості регулятора, 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; $U_{нн}$ – напруга на шинах низької напруги трансформатора; U_i – напруга, що індукуються в обмотці високої напруги трансформатора при підключенні i -го відгалуження; K_1 – коефіцієнт, який характеризує чутливість регулятора; K_2 – коефіцієнт, який визначає нахил характеристики зустрічного регулювання; K_j – ваговий коефіцієнт j -го трансформатора нижнього рівня; n – кількість трансформаторів нижнього рівня;

K_n – пороговий коефіцієнт, що задає мінімальну кількість (суму вагових коефіцієнтів) трансформаторів, при запиті від яких дозволяється перемикання; τ_3 – час затримки сигналу; $\frac{dU_{or}}{dt}$ – похідна огибаючої контрольованої напруги; m_{ij}, m_{vj} – коефіцієнти, які визначають вичерпання діапазону регулювання j -м трансформатором нижнього рівня при регулюванні напруги в сторону її збільшення або зменшення відповідно.

Вказаний закон регулювання має деякі обмеження. По-перше, наявність складової, якою враховується знак похідної огибаючої напруги живлення, в ряді випадків не дозволяє здійснювати перемикання відгалуження обмоток трансформатора районної підстанції в разі, коли більшість трансформаторів кінцевих підстанцій знаходяться на крайньому відгалуженні та потребують для забезпечення якості напруги здійснювати перемикання пристроєм РПН в тому ж напрямку.

По-друге, у наведеному законі регулювання напруги не враховується технічний стан пристрою РПН, що обумовлює безвідмовність його роботи.

Крім того, у випадку, коли кількість кінцевих підстанцій є парною, виникає проблема прийняття рішення про перемикання відгалуження трансформатора районної підстанції.

З врахуванням викладених міркувань закон регулювання напруги районної підстанції за допомогою силового трансформатора з пристроєм РПН матиме вигляд:

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

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{ни}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{н.3}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{н.3}; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{н.3j} > K_n; \\ R \leq R_{доп}; \\ \frac{\sum_i i(+1)}{n} > 0; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{ни}}, \text{ при } u_{н.3} < u(t) < u_{в.3}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{ни}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{в.3}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{в.3}; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{в.3j} > K_n; \\ R \leq R_{доп}; \\ \frac{\sum_i i(-1)}{n} > 0; \end{cases} \end{cases}$$

в якому R та $R_{доп}$ – поточне та допустиме значення кількості перемикань пристрою РПН силового трансформатора районної підстанції відповідно; $i(+1)$ та $i(-1)$ – відображає ввімкнене відгалуження («вверх» та «вниз» від середнього) відповідно силового трансфо-

рматора кінцевої підстанції; $\sum_i i(+1)$ та $\sum_i i(-1)$ – кількість трансформаторів кінцевих підстанцій, на яких ввімкнені відгалуження «вверх» та «вниз» від середнього відповідно.

Запропонований закон керування силовим трансформатором з пристроєм РПН нескладно реалізувати в мікропроцесорному регуляторі напруги.

Слід зазначити, що в плані подальшого вдосконалення закону керування доцільно врахувати економічний критерій, що якісно характеризує споживачів електроенергії.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано закон керування пристроєм РПН силового трансформатора районної підстанції в дворівневій системі регулювання напруги, який на відміну від відомих дозволяє підвищити якість напруги для споживачів.

2. Зроблено висновок про можливість технічної реалізації запропонованого закону керування в мікропроцесорному регуляторі.

Список використаної літератури

1. Веников В.А. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах / В.А.Веников, В.И.Идельчик, М.С.Лисеев – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 216 с.
2. ГОСТ 24126-80 Устройства регулирования напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой. Общие технические условия.
3. Грабо В.В. Моделі та засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН /В.В. Грабо – Вінниця: УНІВЕРСУМ. –Вінниця, 2005. – 109 с.

Отримано 12.07.2011



Грабо Володимир Віталійович, д.т.н., зав. каф. електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький нац. техн. ун-ту, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, тел. (0432)59-82-12, grabko@vntu.edu.ua



Бальзан Ігор Вікторович, аспірант каф. електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький нац. техн. ун-ту, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, тел. (0432)59-81-67, igor.balzan@gmail.com