

Вінницький національний технічний університет

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

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

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.

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.

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

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

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{нн}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{нз}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{нз}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \leq 0; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{нj} > K_n; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{нн}}, \text{ при } u_{нз} < u(t) < u_{вз}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{нн}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{вз}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{вз}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \geq 0; \\ \sum_{j=1}^n K_j m_{вj} > K_n, \end{cases} \end{cases}$$

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 індукуюється 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; $\frac{dU_{ог}}{dt}$ – похідна огинаючої 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 огинаючої 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:

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

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

в якому R та $R_{\text{доп}}$ – 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 трансформатора кінцевої підстанції; $\sum_{i=1}^n i(+1)$ та $\sum_{i=1}^n i(-1)$ – 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. Грабко В.В. Моделі та засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН / В.В. Грабко – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – Вінниця, 2005. – 109 с.

Отримано 12.07.2011



Грабко 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