



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61058 (13) U
(51) МПК
H02J 3/24 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НОРМАЛЬНИМИ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

1

2

(21) u201014272

(22) 29.11.2010

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) ЛЕЖНЮК ПЕТРО ДЕМ'ЯНОВИЧ, РУБАНЕНКО
ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, який включає вимірювання величини напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей формування сигналу, пропорційного до економічної втрати від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, отриманий сигнал порівнюють із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, враховують коефіцієнт якості функціонування регулятора під напругою, та визначають коефіцієнт втрат за виразом:

$$k_{\text{втрат}} = \frac{\Delta P_{\text{неопт}} - \Delta P_{\text{опт}}}{\Delta P_{\text{опт}}}, \quad (1)$$

де $\Delta P_{\text{неопт}}$ - втрати потужності внаслідок відмов в роботі трансформатора; $\Delta P_{\text{опт}}$ - втрати потужності в оптимальному режимі, причому коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру накопиченого комутованого струму визначають за формулою:

$$k_{\text{рес}} = \frac{I_{\text{зал.}} - n \cdot I_{\text{ком.}}}{I_{\text{пасп.}}}, \quad (2)$$

залишковий струм комутації, який визначають за формулою:

$$I_{\text{зал.}} = I_{\text{пасп.}} - I_{\text{нак.}}, \quad (3)$$

або коефіцієнт ресурсу по параметру кількості перемикачів, який визначають за формулою:

$$k_{\text{рес}_n} = \frac{n_{\text{зал.}} - n}{n_{\text{пасп.}}}, \quad (4)$$

вагові коефіцієнти, які визначають за виразами:

$$a_1 = \frac{B_1}{B_{\text{сум}}}, \quad a_2 = \frac{B_2}{B_{\text{сум}}}, \quad a_3 = \frac{B_3}{B_{\text{сум}}}, \quad (5)$$

вартість понаднормованих технічних втрат потужності, яку визначають за виразом:

$$B_3 = (\Delta P_{\text{пот}} - \Delta P_{\text{норм}}) \tau C, \quad (8)$$

сумарну вартість, яку визначають за виразом:

$$B_{\text{сум.}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (9)$$

де B_1 , B_2 - вартості: - втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, - ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачях;

n - кількість потрібних перемикачів для досягнення оптимального режиму; $\Delta P_{\text{опт}}$ - оптимальне значення втрат активної потужності; $\Delta P_{\text{неопт}}$ - значення втрат активної потужності при відмові від перемикачів даним трансформатором; $I_{\text{зал.}}$ - залишковий струм комутації; $I_{\text{ком.}}$ - струм, який комутує трансформатор при одному перемикачів; $I_{\text{пасп.}}$ - струм, який повинен комутувати трансформатор по паспорту; $I_{\text{нак.}}$ - накопичений комутований струм; $\Delta P_{\text{норм}}$ - нормативне значення технічних втрат активної потужності; $\Delta P_{\text{пот}}$ - поточне значення втрат активної потужності; C - вартість електроенергії; τ - тривалість періоду між перемикачями, а коефіцієнт якості функціонування трансформатора розраховують за виразом:

$$k_{\text{як.функ.}} = a_3 \cdot k_{\text{втрат}} - (a_1 + a_2) \cdot (1 - k_{\text{рес}}).$$

Корисна модель належить до області електротехніки і може знайти застосування в автоматич-

них засобах оперативного управління режимами енергосистем в режимі реального часу.

(19) UA (11) 61058 (13) U

Відомий спосіб управління режимом роботи електроенергетичної системи (ЕЕС) [Котов І. А. Оперативная интеллектуальная поддержка решений диспетчера энергообъединения. - Дисс. канд. техн. наук. - К., 1994. - 248 с.], який здійснює регулювання перетоками потужностей по гілках схеми основної електричної мережі ЕЕС у відповідності з певними продукційними правилами обробки вхідних сигналів та порівнянні останніх з уставками припустимих та необхідних перетоків потужності. В цьому способі вимірюють величини напруг у контрольних вузлах навантаження та величини струмів на контрольних ділянках, перетворюють ці сигнали в величини потужностей, які перетікають по мережі, порівнюють ці сигнали з уставками припустимих та необхідних перетоків та визначають склад керуючих впливів на схему основної мережі контрольованого ЕЕС.

Недоліком такого способу є низька точність, значна похибка отриманих результатів через неврахування динамічних параметрів енергетичної системи під час її функціонування в режимі реального часу.

Відомий спосіб регулювання режиму роботи енергооб'єднання (патент України №50434А, М. кл. МПК Н02J 3/24, Бюл. №10, 2002 р.) здійснює регулювання режиму на основі вимірювання величини напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей формування сигналу, пропорційного до економічного збитку від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, порівнюють отриманий сигнал із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, та формування сигналів на зміну структури електричної мережі ЕЕС в залежності від цього порівняння.

Головним недоліком такого способу є неврахування того, що складовими частинами умов, за яких іноді доводиться приймати оптимальні рішення, є неточність та невизначеність вхідної інформації, неадекватність реального технічного стану об'єкта розрахунковому, обмеження часу генерації керуючих впливів, що призводить до низької точності регулювання.

Найбільш близьким є спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи (патент України №29420U, М. кл. Н02J 3/24, Бюл. №10, 2008 р.), який включає вимірювання величини напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей формування сигналу, пропорційного до економічної втрати від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, порівнюють отриманий сигнал із сигналом, пропорційним до

величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, та формування сигналів на зміну структури електричної мережі ЕЕС в залежності від цього порівняння та одночасно контролюють коефіцієнт якості функціонування регулятора під напругою (РПН), який визначається за формулою:

$$k_{\text{як.ф.ті}} = a_1 \cdot k_{\text{втрат}} + a_2 \cdot k_{\text{рес}},$$

де i - порядковий номер трансформаторів в системі;

a_1, a_2 - вагові коефіцієнти,

коефіцієнт втрат знаходять за виразом:

$$k_{\text{втрат}} = \frac{\Delta P_{\text{неопт}} - \Delta P_{\text{опт}}}{\Delta P_{\text{опт}}},$$

де $\Delta P_{\text{неопт}}$ - зростання втрат потужності внаслідок відмов в роботі трансформатора.

Коефіцієнт залишкового ресурсу визначається за виразом:

$$k_{\text{рес}} = k_1 \cdot \left(1 - \frac{n_2 - n_1}{n_2}\right),$$

де n_1 - кількість потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора;

n_2 - залишкова кількість гарантованих заводом перемикачів регулятора під напругою трансформатора;

k_1 - коефіцієнт ресурсу без врахування кількості потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора та залишкової кількості гарантованих заводом перемикачів регулятора під напругою трансформатора.

Недоліком такого способу є низька точність регулювання із-за неврахування нормативного значення технічних втрат потужності, вартості нормативних технічних втрат електроенергії, вартості ремонту регулятора під напругою (РПН) трансформатора у разі пошкодження трансформатора під час здійснення перемикачів, вартості втрат електроенергії, які зумовлені не здійсненням перемикачів РПН трансформатора для підтримання оптимального режиму, залишкового струму комутації для РПН трансформатора при розрахунку коефіцієнта залишкового ресурсу РПН трансформатора, що призводить до формування помилкових керуючих впливів, які в свою чергу збільшують втрати потужності.

В основу корисної моделі покладено задачу створення способу оптимального керування нормальними режимами електроенергетичної системи (ЕЕС) з врахуванням коефіцієнта якості функціонування трансформаторів з РПН, які приймають участь при оптимальному керуванні нормальними режимами ЕЕС, і нормативного значення технічних втрат потужності, який шляхом формування сигналу пропорційного до величини вартості втрат електроенергії, спричинених роботою мережі в неоптимальному режимі і втрат електроенергії на

її транспортування, та порівняння цього сигналу із сигналом, пропорційним до величини нормативно-значення технічних втрат потужності, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, дає можливість підвищити точність формування керуючих впливів, що приводить до зменшення втрат потужності в ЕЕС.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі оптимального керування нормальними режимами електроенергетичної системи, який включає вимірювання величини напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей формування сигналу, пропорційного до економічного збитку від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, сигнал порівнюють із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих втрат, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, враховують коефіцієнт якості функціонування РПН, та визначають коефіцієнт втрат за виразом:

$$k_{\text{втрат}} = \frac{\Delta P_{\text{неопт}} - \Delta P_{\text{опт}}}{\Delta P_{\text{опт}}}, \quad (1)$$

де $\Delta P_{\text{неопт}}$ - втрати потужності внаслідок відмов в роботі трансформатора; $\Delta P_{\text{опт}}$ - втрати потужності в оптимальному режимі, причому коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру накопиченого комутованого струму визначають за формулою:

$$k_{\text{ресл}} = \frac{I_{\text{зал.}} - n \cdot I_{\text{ком.}}}{I_{\text{пасп.}}}, \quad (2)$$

залишковий струм комутації, який визначають за формулою:

$$I_{\text{зал.}} = I_{\text{пасп.}} - I_{\text{нак.}} \cdot \tau \quad (3)$$

або коефіцієнт ресурсу по параметру кількості перемикачів, який визначають за формулою:

$$k_{\text{рес.п}} = \frac{n_{\text{зал.}} - n}{n_{\text{пасп.}}}, \quad (4)$$

вагові коефіцієнти, які визначають за виразами:

$$a_1 = \frac{B_1}{B_{\text{сум}}}, \quad (5)$$

$$a_2 = \frac{B_2}{B_{\text{сум}}}, \quad (6)$$

$$a_3 = \frac{B_3}{B_{\text{сум}}}, \quad (7)$$

вартість понаднормованих технічних втрат потужності, яку визначають за виразом:

$$B_3 = (\Delta P_{\text{пот}} - \Delta P_{\text{норм}}) \tau C, \quad (8)$$

сумарну вартість, яку визначають за виразом:

$$B_{\text{сум.}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (9)$$

де B_1 , B_2 - вартості: - втраченої електричної

енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, - ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачах;

n - кількість потрібних перемикачів для досягнення оптимального режиму;

$\Delta P_{\text{опт}}$ - оптимальне значення втрат активної потужності;

$\Delta P_{\text{неопт.}}$ - значення втрат активної потужності при відмові від перемикачів даним трансформатором;

$I_{\text{зал.}}$ - залишковий струм комутації;

$I_{\text{ком.}}$ - струм, який комутує трансформатор при одному перемикачі;

$I_{\text{пасп.}}$ - струм, який повинен комутувати трансформатор по паспорту;

$I_{\text{нак.}}$ - накопичений комутований струм;

$\Delta P_{\text{норм}}$ - нормативне значення технічних втрат активної потужності;

$\Delta P_{\text{пот}}$ - поточне значення втрат активної потужності;

C - вартість електроенергії;

τ - тривалість періоду між перемикачними.

Коефіцієнт якості функціонування трансформатора розраховують за виразом:

$$k_{\text{як.функ.}} = a_3 \cdot k_{\text{втрат}} - (a_1 + a_2) \cdot (1 - k_{\text{рес}}).$$

Спосіб здійснюється наступним чином:

1. При визначенні швидкості відхилення напруги сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни напруги в контрольованих вузлах системи.

2. При визначенні швидкості відхилення струму сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни струму в контрольованих вузлах системи.

3. При визначенні швидкості відхилення частоти сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни частоти в системі.

4. При визначенні коефіцієнта якості функціонування РПН трансформатора сигнал з диференціальних органів, які відповідають за коефіцієнт ресурсу, коефіцієнт втрат, вихідний сигнал якого пропорційний коефіцієнту якості функціонування РПН трансформатора ЕЕС. При виборі трансформатора з РПН, яким потрібно здійснити керуючий вплив, перевага надається тому трансформатору з РПН, у якого коефіцієнт якості функціонування найвищий.

4.1. При визначенні коефіцієнта ресурсу сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний коефіцієнту ресурсу РПН трансформатора. Коефіцієнт ресурсу РПН трансформатора розраховують за формулою (2) або (3) в залежності від початкових даних.

4.2. При визначенні коефіцієнта втрат сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний коефіцієнту втрат трансформатора. Коефіцієнт

втрат трансформатора розраховують за формулою (1).

5. По вихідним сигналам з диференціальних органів визначені швидкості відхилення напруги та визначені швидкості відхилення струму і визначають чутливість режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, а саме обчислюють і формують сигнал, пропорційний частковій похідній $\frac{dU}{dS}$, який відповідає залежності зміни напруги від вузлової потужності в вузлах схеми мережі. Вихідні сигнали диференціальних органів, визначені швидкості відхилення частоти, визначені коефіцієнти якості функціонування РПН трансформаторів, а також сигнал, пропорційний частковій похідній, який відповідає залежності зміни напруги від $\frac{dU}{dS}$ вузлової потужності в вузлах схеми мережі, формують сигнал, пропорційний частковій похідній $\frac{df}{dS}$. Сигнал,

пропорційний частковій похідній $\frac{df}{dS}$ і сигнал, про-

порційний частковій похідній $\frac{dU}{dS}$ сумуються в ін-

теграторі, вихідний сигнал якого порівнюється з сигналом, пропорційним до величини економічно обґрунтованих параметрів. При виконанні умови $G \geq G_0$ формується сигнал на зміну режиму роботи ЕЕС, наприклад, сигнал на здійснення перемикачів РПН трансформатора.

Таким чином, при використанні запропонованого способу забезпечується максимальна ефективність в процесі пошуку управляючих впливів на режим роботи ЕЕС в режимі реального часу і також забезпечується врахування нормативного значення технічних втрат потужності і коефіцієнту якості функціонування регулятора під напругою трансформатора.