



УКРАЇНА

(19) UA (11) 51198 (13) U
(51) МПК (2009)
H02J 3/24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

1

2

(21) u200913258

(22) 21.12.2009

(24) 12.07.2010

(46) 12.07.2010, Бюл.№ 13, 2010 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 економічного збитку від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, при цьому 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:

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

де $\Delta P_{\text{неопт}}$ - втрати потужності внаслідок відмов в роботі трансформатора; $\Delta P_{\text{опт}}$ - втрати потужності в оптимальному режимі і коефіцієнт залишкового ресурсу, який визначається за формулою,

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

де n_1 - кількість потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора; n_2 - залишкова кількість гарантованих заводом перемикачів регулятора під напругою трансформатора; k_1 - це коефіцієнт ресурсу без врахування кількості потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора та залишкової кількості гарантованих заводом перемикачів регулятора під напругою трансформатора який визначається за формулою:

$$k_1 = \frac{n_2}{n_{\text{гар}}},$$

де $n_{\text{гар}}$ - гарантована заводом кількість перемикачів, формують сигнал на зміну структури електричної мережі електроенергетичної системи в залежності від цього порівняння, який **відрізняється** тим, що, крім того, визначають коефіцієнт відносної вартості перемикачів, який знаходять за виразом:

$$k_{\text{від.варт.рем.}} = \left(\frac{B_{\text{кап.ремонт}}}{n_{\text{рем.}}} \middle/ \frac{B_{\text{тр}}}{n_{\text{гар}}} \right) \cdot n_1,$$

де $B_{\text{тр}}$ - вартість нового трансформатора; $n_{\text{гар}}$ - гарантована заводом кількість перемикачів; $B_{\text{кап.ремонт}}$ - вартість капітального ремонту; $n_{\text{рем.}}$ - можлива кількість перемикачів після ремонту, а коефіцієнт якості функціонування за виразом:

$$k_{\text{як.ф.}} = k_{\text{втрат}} \cdot k_{\text{рес}} \cdot k_{\text{від.варт.перем.}}$$

при одночасному контролюванні адекватності входної інформації: значення потужності в вузлах, для розрахунків параметрів режиму електроенергетичної системи.

Корисна модель відноситься до області електротехніки і може знайти застосування в автоматичних засобах оперативного управління режимами енергосистем в режимі реального часу.

Відомий спосіб управління режимом роботи електроенергетичної системи (ЕЕС) (Котов І.А. Оперативная интеллектуальная поддержка решений диспетчера энергообъединения. - Дисс. канд. техн. наук. - Киев, 1994. - 248с.), який здійснює

(13) U
(11) 51198
(19) UA

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. МПК₈ H02J3/24 Бюл. №10, 2002р.) 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, в 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. H02J3/24 Бюл. №10, 2008р.).

Спосіб регулювання режиму роботи ЕЕС, 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 порівнюють отриманий сигнал із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є устав-

кою 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:

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

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:

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

n_1 - це кількість потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора;

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

k_1 - це 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 за рахунок неврахування відносної вартості перемикачів під напругою трансформатора при визначенні коефіцієнта якості функціонування та адекватності вхідних даних, що приводить до формування помилкових керуючих впливів, що в свою чергу збільшують втрати потужності.

В основу корисної моделі покладено задачу створення способу регулювання режиму роботи ЕЕС, який шляхом формування сигналу пропорційного до величини сумарних збитків від недовідпуску електроенергії кінцевим споживачам, спричинених виникненням та поширенням по системі аварійних збурень надзвичайного характеру, та порівняння цього сигналу із сигналом, пропорційним до величини обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, дає можливість мінімізувати збитки від порушення нормального режиму роботи ЕЕС, що приводить до підвищення точності регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі регулювання режиму роботи ЕЕС, 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, при цьому 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 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, і коефіцієнт залишкового ресурсу, який визначається за формулою,

$$k_{\text{рес}} = k_1 \cdot \left(1 - \frac{n_2 - n_1}{n_2}\right) \quad (2)$$

n_1 - кількість потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора; n_2 - залишкова кількість гарантованих заводом перемикачів регулятора під напругою трансформатора; k_1 - це коефіцієнт ресурсу без врахування кількості потрібних перемикачів регулятора під напругою трансформатора та залишкової кількості гарантованих заводом перемикачів РПН трансформатора який визначається за формулою:

$$k_1 = \frac{n_2}{n_{\text{гар}}} \quad (3)$$

$n_{\text{гар}}$ - гарантована заводом кількість перемикачів;

формують сигнал на зміну структури електричної мережі електроенергетичної системи в залежності від цього порівняння, визначають коефіцієнт якості функціонування за виразом:

$$k_{\text{як.ф.}} = k_{\text{втрат}} \cdot k_{\text{рес}} \cdot k_{\text{від.варт.перем.}} \quad (4)$$

та коефіцієнт відносної вартості перемикачів, який знаходять за виразом:

$$k_{\text{від.варт.перем.}} = \left(\frac{B_{\text{кап.ремонт}}}{n_{\text{рем.}}} \cdot \frac{B_{\text{тр}}}{n_{\text{гар}}} \right) \cdot n_1 \quad (5)$$

де $B_{\text{тр}}$ - вартість нового i -того трансформатора; $n_{\text{гар}}$ - гарантована заводом кількість перемикачів; $B_{\text{кап.ремонт}}$ - вартість капітального ремонту; $n_{\text{рем.}}$ - можлива кількість перемикачів після ремонту;

а також одночасно контролюють адекватність вхідної інформації: значення потужності в вузлах, для розрахунків параметрів режиму ЕЕС.

Відрізняється тим, що контролюють адекватність вхідної інформації по балансу потужностей і струмів.

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 і коефіцієнт відносної вартості перемикачів до диференціального органу, 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 розраховується за формулою (2).

4.2. При визначенні коефіцієнта втрат сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний коефіцієнту втрат трансформатора. Коефіцієнт втрат трансформатора розраховується за формулою (1).

4.3. При визначенні коефіцієнта відносної вартості перемикачів сигнал з вимірювального органу надходить до диференціального органу, вихідний сигнал якого пропорційний коефіцієнту відносної вартості перемикачів РПН трансформатора. Коефіцієнт відносної вартості перемикачів РПН трансформатора розраховується за формулою (4).

5. По вихідним сигналам з диференціальних органів визначені швидкості відхилення напруги та визначенні швидкості відхилення струму визначають чутливість режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, а саме обчислюється і формується сигнал пропорційний частковій похідній $\frac{dU}{dS}$, який

відповідає залежності зміни напруги від вузлової потужності в вузлах схеми мережі. Вихідні сигнали диференціальних органів визначенні швидкості відхилення частоти, визначенні коефіцієнти якості функціонування РПН трансформаторів, перевірені на адекватність вхідні дані, а саме потужності в вузлах, а також сигнал пропорційний частковій похідній $\frac{dU}{dS}$, який відповідає залежності зміни напруги від вузлової потужності в вузлах схеми мережі формують сигнал пропорційний частковій похідній $\frac{df}{dS}$.

Сигнал пропорційний частковій похідній $\frac{df}{dS}$ і сигнал пропорційний частковій похідній $\frac{dU}{dS}$ сумуються в інтеграторі, вихідний сигнал якого

порівнюється з сигналом, пропорційним до величини економічно обґрунтованих параметрів. При невиконанні умови адекватності вхідних даних, пропонується для розрахунку керуючих впливів використовувати відновлені дані. При виконанні

умови $G \geq G_0$ формується сигнал на зміну режиму роботи ЕЕС, наприклад, сигнал на включення резервної лінії електропередач, або на здійснення перемикання РПН трансформатора.

Таким чином, при використанні запропонованого способу забезпечується максимальна ефек-

тивність в процесі пошуку управляючих впливів на режим роботи ЕЕС в умовах надзвичайних ситуацій в режимі реального часу і також забезпечується врахування адекватності вхідної інформації і коефіцієнту якості функціонування регулятора під напругою трансформатора.