



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **68726** (13) **U**
(51) МПК
H02J 3/24 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2011 10900	(72) Винахідник(и): Лежнюк Петро Дем'янович (UA), Рубаненко Олександр Євгенійович (UA), Рубаненко Олена Олександрівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 12.09.2011	(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.04.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2012, Бюл.№ 7	

(54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

(57) Реферат:

Спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи включає вимірювання величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання величини струмів у контрольованих перерізах системи, визначення поточного значення потужності, яку передають по лініях електропередач, формування сигналу, пропорційного до величини економічних збитків від відхилення перетоку потужності в контрольованих перерізах від припустимої величини потужності, вимірювання значення частоти в електроенергетичній системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу, який пропорційний до економічного збитку від відхилення величини частоти від номінальної величини, додавання цього сигналу до сигналу, який пропорційний економічному збитку від відхилення перетікань потужностей по контрольованих перерізах, порівняння отриманого сигналу із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, формування сигналів на зміну структури електричної мережі в залежності від цього порівняння.

UA 68726 U

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

Відомий спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи (ЕЕС) [Котов І.А. Оперативная интеллектуальная поддержка решений диспетчера энергообъединения. - Дисс. канд. техн. наук. - Киев, 1994. - 248 с.], який здійснює регулювання перетоками потужностей по гілках схеми основної електричної мережі ЕЕС у відповідності з певними продукційними правилами обробки вхідних сигналів потужностей в гілках схеми та порівнянні останніх з уставками припустимих та необхідних перетоків потужності по гілках схеми.

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 регулювальних впливів на параметри елементів схеми основної мережі контролюваної ЕЕС.

Недоліком такого способу є низька ефективність, значна похибка отриманих результатів через неврахування динамічних параметрів енергетичної системи під час її функціонування в режимі реального часу та неврахування потрібних оптимальних (за параметром мінімальних сумарних втрат електричної енергії в ЕЕС) параметрів режиму, пошкодженість обладнання (вимикачів, РПН трансформаторів і т. п.) під час реалізації рекомендованого складу регулювальних впливів з причини неврахування поточного технічного стану цього обладнання.

Відомий спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи (патент України № 51198U, МПК H02J 3/24 Бюл. № 13, 2010 р.).

Цей спосіб регулювання режиму роботи ЕЕС передбачає: вимірювання величини напруги в контрольованих вузлах електричної мережі; вимірювання струмів в перерізах та вимірювання частоти в системі; визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей; формування сигналу, пропорційного до економічного збитку від роботи системи після зміни вузлових навантажень; додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах від оптимальних; порівняння отриманого сигналу із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання; врахування коефіцієнта якості функціонування регулятора під напругою; визначення коефіцієнта втрат за виразом:

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

де $\Delta P_{\text{неопт}}$ - втрати потужності в ЕЕС внаслідок відмов в роботі трансформатора, $\Delta P_{\text{опт}}$ - втрати потужності в ЕЕС в оптимальному режимі; врахування коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру кількості перемикачів регулятора під напругою $k_{\text{рес. пер РПН}}$, який визначається за виразом:

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

де 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, який визначається за формулою:

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

де $n_{\text{гар}}$ - гарантована заводом кількість перемикачів, формують сигнал на зміну структури електроенергетичної системи в залежності від цього порівняння; визначення коефіцієнта відносної вартості перемикачів, який знаходять за виразом:

$$k_{\text{від.варт.перем.}} = \left(\frac{V_{\text{кап.рем.}}}{n_{\text{рем.}}} / \frac{V_{\text{тр.}}}{n_{\text{гар.}}}\right) n_1, \quad (4)$$

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

$$k_{\text{як.ф.}} = k_{\text{втр}} \cdot k_{\text{рес.}} \cdot k_{\text{від.варт.перем.}}, \quad (5)$$

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

Недоліками такого способу є: низька ефективність регулювання внаслідок: неврахування (при ранжуванні трансформаторів, які беруть участь в процесі регулювання параметрів режиму ЕЕС, у відповідності до їх якості функціонування) впливу трансформаторів на загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач; неврахування: вартості втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі внаслідок відмови регулятора під напругою силового трансформатора, вартості ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемиканнях, вартості понаднормованих технічних втрат потужності, які спричинені відхиленням поточного значення технічних втрат активної потужності від їх нормативного значення, а також від вартості електроенергії та від часу між перемиканнями; пошкодження РПН під час спроб реалізації регулювальних впливів: з причини неврахування накопиченої (контактами контактора РПН трансформатора) енергії перемикачів та параметрів, які характеризують технічний стан РПН та з причини неврахування різниці температур корпусів контакторів РПН виносного типу різних фаз між собою у одного і того самого трансформатора.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб регулювання режиму роботи енергооб'єднання (патент України № 50434А, МПК Н02J 3/24 Бюл. № 10, 2002 р.) у відповідності до якого: вимірюють величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі; вимірюють струми в контрольованих перерізах; формують сигнал, пропорційний до величини економічних збитків від відхилення перетоку потужності в контрольованих перерізах від припустимої величини; вимірюють частоту в системі; визначають чутливість параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей; формують сигнал, який пропорційний до економічного збитку від відхилення величини частоти від номінальної величини, додають його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетікань потужностей по контрольованих перерізах; порівнюють отриманий сигнал із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, який є уставкою регулювання, формують сигнали на зміну структури електричної мережі ЕЕС в залежності від цього порівняння.

Недоліками такого способу є: недостатня якість регулювання режиму роботи електроенергетичної системи за рахунок: неврахування того, що складовими частинами умов, в яких іноді доводиться приймати оптимальні рішення, є: недостатня відповідність реального технічного стану об'єкта очікуваному, що призводить до низької якості регулювання та до пошкодження обладнання; є неточність вхідної інформації про параметри, які характеризують технічний стан РПН трансформаторів; низька ефективність регулювання внаслідок: неврахування (при ранжуванні трансформаторів, які беруть участь в процесі регулювання параметрів режиму ЕЕС, у відповідності до їх якості функціонування трансформаторів) впливу трансформаторів на загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач; неврахування: вартості втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі; вартості ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемиканнях; вартості понаднормованих технічних втрат потужності, які спричинені відхиленням поточного значення технічних втрат активної потужності від їх нормативного значення, а також від вартості електроенергії та від часу між перемиканнями; пошкодження РПН під час спроб реалізації регулювальних впливів: з причини неврахування залишкового ресурсу електричного двигуна приводу РПН, залишкового ресурсу РПН по кількості гарантованих виробником перемикачів та з причини неврахування різниці температур корпусів контакторів РПН виносного типу різних фаз між собою у одного і того самого трансформатора.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу регулювання режимів роботи ЕЕС, який: шляхом врахування значного відхилення потужності, яку передають по лініях електропередач, та частоти в системі від максимальних допустимих значень відхилень при формуванні сигналів на зміну структури електричної мережі в аварійних режимах, здійснення регулювального впливу РПН і-того трансформатора електроенергетичної системи, у якого більше значення коефіцієнта якості функціонування в нормальних режимах електроенергетичної системи, врахування, в цьому коефіцієнті, коефіцієнта загального залишкового ресурсу РПН і-того трансформатора, коефіцієнта впливу регулювання параметрів режиму і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності, вартостей втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемиканнях, понаднормованих технічних втрат потужності, врахування в коефіцієнті загального залишкового ресурсу РПН, коефіцієнтів залишкового ресурсу РПН по параметрах "струм електричного двигуна", "загальна кількість перемикачів", "максимальна різниця температур корпусів контакторів РПН", врахування обмеження: за напругою, за частотою, за максимальним допустимим струмом ліній електропередач, за зоною нечутливості регулятора під напругою, за нормованими загальносистемними втратами електричної потужності в лініях електропередач, при визначенні

коефіцієнта впливу регулювання параметрів режиму і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності, дає можливість: підвищити якість регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, більш точно врахувати поточний технічний стану РПН трансформаторів, зменшити пошкодженість силових трансформаторів, підвищити ефективність регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, який включає те, що: вимірюють величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі; вимірюють величини струмів у контрольованих перерізах системи; формують сигнал, пропорційний до величини економічних збитків від відхилення перетоку потужності в контрольованих перерізах від припустимої величини потужності; вимірюють значення частоти в електроенергетичній системі; визначають чутливість параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей; формують сигнал, який пропорційний до економічного збитку від відхилення величини частоти від номінальної величини; додають цей сигнал до сигналу, який пропорційний економічному збитку від відхилення перетікань 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, формування сигналів на зміну структури електричної мережі в залежності від цього порівняння, після вимірювань величин напруги та струмів у контрольованих перерізах системи, визначають поточне значення потужності, яку передають по лініях електропередач, і формують сигнал про її відхилення від допустимих значень, після вимірювань значення частоти формують сигнал про наявність понаднормованого відхилення частоти, після порівняння отриманого сумарного сигналу із сигналом, пропорційним до величини допустимих економічно обґрунтованих збитків, який є уставкою регулювання, формують сигнали на зміну структури електричної мережі електроенергетичної системи з урахуванням сигналів про понаднормовані відхилення частоти і потужності від допустимих значень, крім того для кожного трансформатора вимірюють кількість перемикачів регулятора під напругою, визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по "загальна кількість перемикачів РПН", вимірюють струм електричного двигуна приводу РПН в усталеному режимі, визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна", вимірюють та обчислюють максимальну різницю температур корпусів контакторів регулятора під напругою виносного типу різних фаз між собою у того самого трансформатора, визначають коефіцієнт залишкового ресурсу РПН по параметру "максимальна різниця температур корпусів регулятора під напругою", визначають коефіцієнт загального залишкового ресурсу РПН, визначають коефіцієнт впливу перемикачів РПН трансформатора на загальносистемні втрати потужності, визначають коефіцієнт якості функціонування кожного трансформатора, визначають трансформатор, яким потрібно здійснювати корегувальні впливи, за більшим значенням коефіцієнта якості функціонування, формують регулюючий сигнал на РПН трансформаторів, пропорційний до відхилення поточних сумарних втрат потужності в електроенергетичній системі від їх оптимальних значень, узгоджують сформований сигнал із сигналом, який враховує обмеження: за напругою, за частотою, за максимальним допустимим струмом ліній електропередач, за зоною нечутливості регулятора під напругою, за нормованими загальносистемними втратами електричної потужності в лініях електропередач, за результатами узгодження, при необхідності, корегують раніше сформований регулюючий сигнал, який передають на привід РПН трансформатора.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Спочатку вимірюють величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі. Визначають швидкості відхилення напруги. Вимірюють струми в лініях контрольованого перерізу та визначають швидкість їх відхилення. Формують сигнал, пропорційний до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах від їх оптимальних значень.

Визначають чутливість режиму електричної мережі до зовнішніх збурень з урахуванням швидкостей зміни струму і частоти. Обчислюють швидкість зміни потужності, яка передається по кожній з ліній електропередач, підключених до вузла, визначають перетоки потужності в кожній з ліній, потужність вузлового навантаження, часткову похідну $\left[\frac{dU}{dS} \right]$, що відповідає

залежності зміни напруги від зміни вузлової потужності. Ці параметри використовують при формуванні вихідного сигналу, який пропорційний до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах від їх оптимальних значень. Формують сигнал про наявність перевищення потужності, яка передається по лініях електропередач над

максимальним допустимим значенням. Формують сигнал пропорційний швидкості зміни вузлового навантаження.

Далі вимірюють частоту та визначають швидкість відхилення частоти.

Визначають швидкість зміни частоти в системі $\frac{df}{dS}$, і порівнюють відхилення поточного значення частоти від номінального значення частоти. Формують сигнал, пропорційний економічному збиткові від відхилення величини частоти, та сигнал про наявність відхилення величини частоти від максимального значення такого відхилення.

Далі додають сигнал, який пропорційний збиткам від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, до сигналу, що пропорційний економічному збиткові від відхилення величини частоти від максимального значення такого відхилення.

Порівнюють цей сигнал з сигналом (G_0), пропорційним до величини економічно обґрунтованих збитків, який є уставкою регулювання.

Формують сигнал у вигляді керуючих впливів і подають його на виконавчі органи електроенергетичної системи (наприклад, на приводи високовольтних вимикачів), які відповідають за зміну режиму роботи та структури ЕЕС, наприклад, шляхом включення резервної лінії електропередач.

Вимірюють струм електричного двигуна приводу РПН (вимірюється відразу по закінченні протікання пускового струму, за умови, що струм усталеного режиму не менше похибки засобів його вимірювань).

Визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна" приводу РПН, а тим самим контролюють чи не перевищує струм двигуна встановлене значення.

Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна" обчислюють за формулою (6)

$$K_{\text{РЕС I ДВ}} = \left| \frac{I_{\text{дв i}} - I_{\text{дв.норм}}}{I_{\text{дв.норм}}} \right|, \quad (6)$$

де $I_{\text{дв i}}$ - струм електричного двигуна приводу РПН під час його роботи в усталеному режимі при і-тому перемиканні, $I_{\text{дв.норм}}$ - струм електричного двигуна приводу РПН під час його роботи в усталеному, нормальному режимі за відсутності пошкоджень електричного двигуна, приводу РПН та РПН в цілому.

Вимірюють кількість перемикачів РПН для кожного трансформатора, за допомогою сенсора кількості перемикачів, який встановлений в шафі керування РПН. Визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН" для кожного трансформатора.

Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН" обчислюють за формулою (7)

$$K_{\text{комуг i}} = \frac{n_{\text{пасп}} - (n_{\text{до i}} + n_{\text{під час i}})}{n_{\text{пасп}}}, \quad (7)$$

$n_{\text{до i}}$ - кількість перемикачів до поточних і-тих корегувальних впливів, $n_{\text{під час i}}$ - кількість перемикачів під час і-тих корегувальних впливів, $n_{\text{пасп}}$ - гарантована виробником (паспортна) кількість перемикачів.

Вимірюють температури корпусів контакторів РПН виносного типу відповідно фаз А (23), В (24), С (25).

Обчислюють максимальну різницю температур корпусів контакторів РПН виносного типу різних фаз між собою у одного і того самого трансформатора, використовуючи сигнали з сенсорів температури корпусів фаз А, В, С контакторів РПН виносного типу 23, 24, 25 та обчислюють значення коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру "максимальна різниця температур корпусів контакторів РПН".

Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "максимальна різниця температур корпусів контакторів РПН" виносного типу різних фаз між собою у одного і того самого трансформатора обчислюють за формулою (8)

$$K_{\text{ti}} = \frac{\Delta t_{\text{доп}} - \Delta t_i}{\Delta t_{\text{доп}}}, \quad (8)$$

$\Delta t_{\text{доп}}$ - допустима різниця температур (визначають з досвіду експлуатації), Δt_i - максимальна різниця температур перед і-тим корегувальним впливом.

Визначають коефіцієнт загального залишкового ресурсу РПН шляхом множення коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна" на коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН" та на коефіцієнт залишкового

ресурсу по параметру "максимальна різниця температур корпусів контакторів РПН". Коефіцієнт загального залишкового ресурсу РПН обчислюють за формулою (9)

$$k_{\text{РЕС.РПН}} = k_{\text{РЕС.ДВ}} \cdot k_{\text{КОМУТ}} \cdot k_t, \quad (9)$$

де $k_{\text{РЕС.ДВ}}$ - коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна"; $k_{\text{КОМУТ}}$ - коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН", k_t (залежить не лише від кількості перемикачів від навантаження, а і від кількості перемикачів при випробуваннях трансформатора, наприклад, при вимірюваннях коефіцієнта трансформації, або опору обмоток трансформатора постійному струму); k_t - коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "максимальна різниця температур корпусів контакторів РПН" у одного і того самого трансформатора.

Обчислюють загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач, оптимальну кількість перемикачів, коефіцієнт впливу перемикачів РПН кожним контрольованим і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності. При цьому враховують обмеження: за напругами у вузлах, за струмами в вітках, за крайніми положеннями вибирача РПН та за зоною нечутливості РПН. Обмеження задають та корегують за допомогою сигналу, який подають з переносної персональної електронної обчислювальної машини.

Обчислюють коефіцієнт впливу РПН і-того трансформатора на загальносистемні втрати ($k_{\text{впливу } t,i}$) за виразом (10)

$$k_{\text{впливу } t,i} = \frac{\Delta P_{\text{невик},i} - \Delta P_{\text{опт},i}}{\Delta P_{\text{невик},i}}, \quad (10)$$

де: $\Delta P_{\text{невик},i}$ - загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок невикористання перемикачів РПН і-того трансформатора, $\Delta P_{\text{опт},i}$ - загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок використання РПН і-того трансформатора з метою встановлення оптимального положення РПН з урахуванням обмежень за напругами у вузлах, за струмами в гілках, за крайніми положеннями вибирача РПН та за зоною нечутливості РПН.

Визначають значення коефіцієнта якості функціонування трансформатора з урахуванням коефіцієнта загального залишкового ресурсу РПН, коефіцієнта впливу перемикачів РПН і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності, вартості втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, вартості ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачах, вартості понаднормованих технічних втрат потужності.

Коефіцієнт якості функціонування РПН трансформатора визначається за формулою (11)

$$k_{\text{як.функ.}t,i} = [1 + a_{1t,i} \cdot (k_{\text{рес.}t,i} - 1)] \cdot k_{\text{рес.}t,i} \cdot a_{2t,i} \cdot (k_{\text{рес.}t,i} \cdot e^{1-k_{\text{рес.}t,i}})^{k_1} \cdot [1 + a_{3t,i} \cdot (k_{\text{впливу } t,i} - 1)] \cdot k_{\text{впливу } t,i}, \quad (11)$$

де k_1 - коефіцієнт, який залежить від типу трансформатора та умов проведення ремонту, $k_1 > 0$, $a_{1t,i}$, $a_{2t,i}$, $a_{3t,i}$ - вагові коефіцієнти, які визначаються за виразами (12):

$$a_1 = \frac{B_1}{V_{\text{СУМ}}}, \quad a_2 = \frac{B_2}{V_{\text{СУМ}}}, \quad a_3 = \frac{B_3}{V_{\text{СУМ}}}, \quad (12)$$

$V_{\text{СУМ}}$ - сумарна вартість $V_{\text{СУМ}}$, яку визначають за виразом:

$$V_{\text{СУМ}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (13)$$

де B_1 , B_2 , B_3 - вартості: втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачах, понаднормованих технічних втрат потужності, яку визначають за виразом:

$$B_3 = (\Delta P_{\text{пот}} - \Delta P_{\text{норм}}) \tau C, \quad (14)$$

де $\Delta P_{\text{норм}}$ - нормативне значення технічних втрат активної потужності; $\Delta P_{\text{пот}}$ - поточне значення втрат активної потужності; C - вартість електроенергії; τ - тривалість періоду між перемикачами.

Пошкодження контрольованого трансформатора при оперативних перемикачах призводить до втрат. Інформацію про вартість втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, вартість ремонту РПН трансформатора, вартість понаднормованих технічних втрат потужності періодично задають за допомогою переносної персональної електронної обчислювальної машини.

За допомогою оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи збирають інформацію про значення коефіцієнта якості функціонування кожного трансформатора. Порівнюючи їх між собою, за більшим значенням коефіцієнта якості функціонування, визначають трансформатор, яким потрібно здійснювати корегувальний вплив.

Тим самим здійснюють ранжування трансформаторів у відповідності до значень коефіцієнта якості функціонування.

5 Формують регулюючий сигнал на РПН вибраного трансформатора, пропорційно до відхилення поточних сумарних втрат потужності в ЕЕС від їх оптимальних значень з
 10 урахуванням: значення коефіцієнта якості функціонування трансформатора для поточного режиму; сигналу, про наявність перевищення потужності, яка передається по лініях електропередач над максимальним допустимим значенням потужності цих ліній та сигналу, про наявність понаднормованого відхилення частоти. Ці сигнали заблокують команди на перемикання РПН в разі аварійних режимів. Формують сигнал на зміну коефіцієнтів трансформації трансформаторів з РПН та передають на відповідне обладнання електроенергетичної системи, а саме на приводи РПН трансформаторів, задіяних в процесі оптимального керування параметрами нормального режиму.

15 Таким чином, при використанні запропонованого способу зростають якість регулювання режиму роботи електроенергетичної системи та ефективність керуючих впливів на РПН трансформаторів, зменшується пошкоджуваність РПН трансформаторів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

20 Спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, згідно з яким вимірюють величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірюють величини струмів у контрольованих перерізах системи, формують сигнал, пропорційний до величини економічних збитків від відхилення перетоку потужності в контрольованих перерізах від припустимої величини потужності, вимірюють значення частоти в електроенергетичній системі, визначають чутливість параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формують
 25 сигнал, який пропорційний до економічного збитку від відхилення величини частоти від номінальної величини, додають цей сигнал до сигналу, який пропорційний економічному збитку від відхилення перетікань 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
 30 уставкою регулювання, формування сигналів на зміну структури електричної мережі в залежності від цього порівняння, який **відрізняється** тим, що після вимірювань величин напруги та струмів у контрольованих перерізах системи, визначають поточне значення потужності, яку передають по лініях електропередач, і формують сигнал про її відхилення від допустимих значень, після вимірювань значення частоти формують сигнал про наявність понаднормованого
 35 відхилення частоти, після порівняння отриманого сумарного сигналу із сигналом, пропорційним до величини допустимих економічно обґрунтованих збитків, який є уставкою регулювання, формують сигнали на зміну структури електричної мережі електроенергетичної системи з урахуванням сигналів про понаднормовані відхилення частоти і потужності від допустимих значень, крім того для кожного трансформатора вимірюють струм електричного двигуна приводу РПН в усталеному режимі, визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру
 40 "струм електричного двигуна", вимірюють кількість перемикачів регулятора під напругою, визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН", вимірюють та обчислюють максимальну різницю температур корпусів контакторів регулятора під напругою виносного типу різних фаз між собою у того самого трансформатора,
 45 визначають коефіцієнт залишкового ресурсу РПН по параметру "максимальна різниця температур корпусів регулятора під напругою", визначають коефіцієнт загального залишкового ресурсу РПН, визначають коефіцієнт впливу перемикачів РПН трансформатора на загальносистемні втрати потужності, визначають коефіцієнт якості функціонування кожного трансформатора, визначають трансформатор, яким потрібно здійснювати корегувальні впливи,
 50 за більшим значенням коефіцієнта якості функціонування, формують регулюючий сигнал на РПН трансформаторів, пропорційний до відхилення поточних сумарних втрат потужності в електроенергетичній системі від їх оптимальних значень, узгоджують сформований сигнал із сигналом, який враховує обмеження за напругою, за частотою, за максимальним допустимим струмом ліній електропередач, за зоною нечутливості регулятора під напругою, за нормованими
 55 загальносистемними втратами електричної потужності в лініях електропередач, за результатами узгодження, при необхідності, корегують раніше сформований регулюючий сигнал, який передають на привід РПН трансформатора.

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601