



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **76464** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
H02J 3/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2012 05864</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.05.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2013</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2013, Бюл.№ 1</p>	<p>(72) Винахідник(и): Лежнюк Петро Дем'янович (UA), Лесько Владислав Олександрович (UA), Рубаненко Олена Олександрівна (UA), Рубаненко Ірина Олександрівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</p>
---	--

(54) СПОСІБ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

(57) Реферат:

Спосіб оптимального керування режимами роботи електроенергетичної системи належить до галузі електротехніки і може знайти застосування в автоматичних засобах оперативного керування режимами енергосистем в режимі реального часу.

UA 76464 U

Корисна модель належить до галузі 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. - К.: 1994.-248 с], який здійснює регулювання перетіканнями 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 перетікань 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 перетікань та визначають склад регулювальних впливів на параметри елементів схеми основної мережі контрольованої 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, пошкоджуваність обладнання (вимикачів, трансформаторів і т.п.) під час реалізації рекомендованого складу регулювальних впливів з причини не врахування поточного технічного стану цього обладнання.

Відомий спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи [патент України №51198U, М.кл. H02J3/24 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 перетікань 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:

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

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 навантаженням (РПН) $k_{\text{рес пер РПН}}$, який визначається за виразом:

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

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, формування сигнал на зміну структури електроенергетичної системи в залежності від цього порівняння, визначення коефіцієнта відносної вартості перемикачів, який знаходять за виразом:

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

5

де $V_{\text{тр}}$ - вартість нового трансформатора;

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

$V_{\text{кап.ремонту}}$ - вартість капітального ремонту;

$n_{\text{рем}}$ - можлива кількість перемикачів після ремонту, а коефіцієнт якості функціонування за

10 виразом:

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

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

15

Недоліками такого способу є низька ефективність регулювання внаслідок: не врахування (при ранжуванні трансформаторів, які приймають участь в процесі регулювання параметрів режиму ЕЕС, у відповідності до їх якості функціонування) впливу трансформаторів на загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач, не врахування: 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 перемикачах, вартості понад нормованих 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 перемикачами, пошкодження РПН під час спроб реалізації регулювальних впливів: та параметрів, які характеризують технічний стан РПН.

20

25

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб оптимального керування нормальними режимами електроенергетичної системи (патент України №61058, М.кл. НО2J3/24. Бюл. №13, 2011 р.) у відповідності до якого: вимірюють величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірюють величини струмів у контрольованих перерізах системи, формують сигнал, пропорційний до величини економічних збитків від відхилення перетікання 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 перетікання 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, враховують коефіцієнт якості функціонування регулятора під навантаженням, та визначають коефіцієнт втрат, коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру накопиченого комутованого струму за формулою:

30

35

40

45

$$k_{\text{рес}} = \frac{I_{\text{зал}} - n \cdot I_{\text{ком}}}{I_{\text{пасп}}}, \quad (6)$$

залишкового струму комутації за формулою:

45

$$I_{\text{зал}} = I_{\text{пасп}} - I_{\text{нак}} \quad (7)$$

та коефіцієнт ресурсу по параметру кількості перемикачів за формулою:

$$k_{\text{рес}_n} = \frac{n_{\text{зал}} - n}{n_{\text{пасп}}}, \quad (8)$$

вагових коефіцієнтів за виразами:

$$a_1 = \frac{B_1}{B_{\text{сум}}} \quad (9)$$

$$a_2 = \frac{B_2}{B_{\text{сум}}}, \quad (10)$$

$$a_3 = \frac{B_3}{B_{\text{сум}}}, \quad (11)$$

5 вартість понаднормованих технічних втрат потужності за виразом:

$$B_3 = (\Delta P_{\text{пот}} - \Delta P_{\text{норм}}) \tau C, \quad (12)$$

сумарну вартість за виразом:

$$B_{\text{сум}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (13)$$

10

де B_1 , B_2 - вартості: - втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі,
- ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемиканнях;
 n - кількість потрібних перемикань для досягнення оптимального режиму;

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

15

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

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

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

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

20

$I_{\text{нак}}$ - 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 перемиканнями.

25

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, неточність вхідної інформації про параметри, які характеризують технічний стан РПН трансформаторів, низька ефективність регулювання внаслідок не врахування (при ранжуванні трансформаторів, які приймають участь в процесі регулювання параметрів режиму ЕЕС, у відповідності до їх якості функціонування трансформаторів) чутливості втрат потужності у гілках електричних мереж ЕЕС до зміни активної потужності у вузлах.

30

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу регулювання режимів роботи ЕЕС, який шляхом врахування відхилення потужності, яку передають по лініях електропередач, та частоти в системі від максимальних допустимих значень відхилень при формуванні сигналів на зміну параметрів електричної мережі в аварійних режимах, здійснення регульовального впливу РПН і-того трансформатора електроенергетичної системи, у якого більше значення коефіцієнта якості функціонування в нормальних режимах електроенергетичної системи, врахування, в цьому коефіцієнті, коефіцієнтів залишкового ресурсу РПН по параметрах: "накопичений комутований струм", "кількість перемикань"; коефіцієнта впливу регулювання параметрів режиму і-тим трансформатором на

40

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 обмеження по напрузі, по частоті, за максимальним допустимим струмом ліній електропередач, з врахуванням нечутливості регулятора під навантаженням, за нормованими загальносистемними втратами електричної потужності в лініях електропередач, при визначенні коефіцієнта впливу регулювання параметрів режиму і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності, врахування чутливості втрат потужності у гілках електричних мереж ЕЕС до зміни активної потужності у вузлах, дає можливість зменшити загальносистемні втрати електроенергії і підвищити якість регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, більш точно врахувати поточний технічний стан РПН трансформаторів, зменшити пошкоджуваність силових трансформаторів, підвищити ефективність регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що вимірюють величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі; вимірюють величини струмів у контрольованих перерізах системи; формують сигнал (клерувальний вплив), який відповідає величині економічних збитків від відхилення перетікання потужності в контрольованих перерізах від допустимої величини потужності; вимірюють значення частоти в електроенергетичній системі; визначають чутливість параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових навантажень; формують сигнал (клерувальний вплив), 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, враховують коефіцієнт якості функціонування РПН, та визначають коефіцієнт втрат, причому коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру накопиченого комутованого струму визначають за формулою (6), залишковий струм комутації, який визначають за формулою (7), або коефіцієнт ресурсу по параметру кількості перемикань, який визначають за формулою (8), вагові коефіцієнти, які визначають за виразами (9) - (11), вартість понаднормованих технічних втрат потужності, яку визначають за виразом (12), сумарну вартість, яку визначають за виразом (13), причому коефіцієнт якості функціонування трансформатора розраховують за виразом:

$$k_{\text{як.функ.}} = (a_1 + a_2) \cdot k_{\text{рес}_n} \cdot k_{\text{рес1}} \cdot a_3 \cdot k_{\text{втрат}}, \quad (14)$$

обчислюють елементи матриці чутливості T , яка складається з елементів виду t_{mg} , і встановлює зв'язок між приростами втрат потужності у гілках ЕЕС і змінами потужності у вузлах. Якщо у вузлі змінюється тільки активна потужність ($\delta Q_g = 0, \delta P_g \neq 0$), то коефіцієнт чутливості втрат в m -тій гілці від зміни потужності в g -тому вузлі розраховується за формулою (15):

$$i_{mg} = \frac{\delta P_{mg}}{\delta P_g} + j \frac{\delta Q_{mg}}{\delta P_g}. \quad (15)$$

Навпаки, якщо у вузлі змінюється тільки реактивна потужність (вмикається або вимикається джерело реактивної потужності, то коефіцієнт чутливості втрат розраховується за формулою (15))

$$i_{mg} = \frac{\delta Q_{mg}}{\delta Q_g} - j \frac{\delta P_{mg}}{\delta P_g}, \quad (16)$$

де δP_g - зміна активної потужності в g -му вузлі;
 δQ_g - зміна реактивної потужності в g -му вузлі;
 δP_{mg} - приріст втрат реактивної потужності в m -й гілці від зміни потужності в g -му вузлі;
 δQ_{mg} - приріст втрат реактивної потужності в m -й гілці від зміни потужності в g -му вузлі;

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.

Під сигналом об'єкта розуміємо регульовані параметри. З точки зору автоматичного регулювання під об'єктом регулювання розуміємо фізичні установки з приєднаними регульовальними пристроями, у яких протікає регульований процес.

Промислові установки являють собою, як правило, складні об'єкти з декількома регульованими параметрами. Складний об'єкт регулювання можна розбити на кілька простих об'єктів з одною регульованою величиною й одним регульовальним органом.

Для впливу на вихідні сигнали (регульовані параметри) об'єкта необхідно мати можливість цілеспрямовано змінювати його вхідні сигнали. Такі вхідні сигнали об'єкта називають регульовальними параметрами, а їхня цілеспрямована зміна - регульовальним впливом.

На кресленні показана функційна схема автоматизованої системи регулювання режиму електроенергетичної системи. Пристрій містить: блок визначення швидкості відхилення напруги 1, блок визначення швидкості відхилення струму 2, блок визначення швидкості відхилення частоти 3, блок визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень 4, блок формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи 5, вимірювальний орган напруги 6, диференціальний орган напруги 7, вимірювальний орган струму 8, диференціальний орган струму 9, вимірювальний орган частоти 10, диференціальний орган частоти 11, перший обчислювальний блок 12, другий обчислювальний блок 13, суматор 14, орган порівняння 15, орган керування 16, електроенергетична система 17, сенсор накопиченого струму 18, третій обчислювальний блок 19, сенсор кількості перемикачів РПН 21, четвертий обчислювальний блок 21, переносна персональна електронна обчислювальна машина 22, п'ятий обчислювальний блок 23, шостий обчислювальний блок 24, сенсор положення приводу РПН 25, оперативно-інформаційний комплекс 26 електроенергетичної системи 17, сьомий обчислювальний блок 27, блок вибору трансформатора 28, блок формувача сигналу на РПН трансформатора 29.

Спосіб здійснюється наступним чином.

При визначенні швидкості відхилення напруги в блоці визначення швидкості відхилення напруги 1, сигнал з вимірювального органу напруги 6 надходить до диференціального органа напруги 7, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни напруги в контрольованих вузлах системи.

При визначенні швидкості відхилення струму в блоці визначення швидкості відхилення струму 2, сигнал з вимірювального органа струму 8 надходить до диференціального органа струму 9, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни струму в контрольованих перерізах системи.

При визначенні швидкості відхилення частоти в блоці визначення швидкості відхилення частоти 3, сигнал з вимірювального органа частоти 10 надходить до диференціального органа частоти 11, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни частоти в системі. Вихідні сигнали з диференціального органа напруги 7 та диференціального органа струму 9 надходять відповідно на перший та другий входи блока 4 визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, де на першому виході першого обчислювального блока 12 формується вихідний сигнал, пропорційний до збитків від відхилення перетікань потужностей по контрольованих перерізах від їх оптимальних значень.

В першому обчислювальному блоці 12 обчислюються: швидкість зміни потужності, яка передається по кожній з ліній електропередач, підключених до вузла, визначають перетікання

потужності в кожній з ліній, потужність вузлового навантаження, часткова похідна $\left[\frac{dU}{dS} \right]$, що відповідає залежності зміни напруги від зміни вузлової потужності, які використовуються при формуванні вихідного сигналу, пропорційного до збитків від відхилення перетікань потужностей по контрольованих перерізах від їх оптимальних значень.

На другому виході першого обчислювального блока 12 формують сигнал про наявність перевищення потужності, яка передається по лініях електропередач над максимальним допустимим значенням. На третьому виході першого обчислювального блока 12 формують сигнал, пропорційний швидкості зміни вузлового навантаження.

Сигнали з виходу диференційного органа частоти 11 блока 3 визначення швидкості відхилення частоти та сигнал з третього виходу першого обчислювального блока 12 надходять відповідно на другий і перший входи другого обчислювального блока 13, в якому: визначається швидкість зміни частоти в системі $\frac{df}{dS}$, і порівнюється відхилення поточного значення частоти

5 від номінального значення частоти.

На першому виході другого обчислювального блока 13 формується сигнал, пропорційний економічному збиткові від відхилення величини частоти, а на другому виході формується сигнал про наявність відхилення величини частоти від максимального значення такого відхилення.

10 В суматорі 14 блока 5 формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи, додають сигнал з першого виходу першого обчислювального блока 12, пропорційний збиткам від відхилення перетікань потужностей по контрольованих перерізах, до сигналу з першого виходу другого обчислювального блока 13, пропорційний економічному збиткові від відхилення величини частоти від максимального значення такого відхилення, які надходять, відповідно, на перший та другий входи суматора 14.

15 Сигнал (G) з виходу суматора 14 передається на перший вхід органа порівняння 15, в якому він порівнюється з сигналом (G_0), пропорційним до величини економічно обґрунтованих збитків, який є уставкою регулювання. Сигнал G_0 , надходить на другий вхід органа порівняння 15 з персональної електронної обчислювальної машини під час періодичного програмування органа порівняння 15 та зберігається в пам'яті блока порівняння 15. При виконанні умови $G \geq G_0$ сигнал з

20 виходу блока порівняння 15 подається на перший вхід органа керування 16.
На третій вхід органа керування 16 подається сигнал про наявність перевищення потужності з другого виходу першого обчислювального блока 12, а на другий вхід органа керування 16 подається сигнал про наявність відхилення величини частоти від максимального значення такого відхилення з другого виходу другого обчислювального блока 13. З урахуванням сигналів

25 на входах орган керування 16 формується сигнал на його виході.
З виходу органа керування 16, сигнал у вигляді регульованих впливів подається на перший вхід електроенергетичної системи 17, а саме на виконавчі органи електроенергетичної системи 17 (наприклад, на приводи високовольтних вимикачів), які відповідають за зміну режиму роботи та структури ЕЕС, наприклад, шляхом включення резервної лінії електропередач.

30 Також за допомогою сенсора накопиченого струму 18 електричного двигуна вимірюють струм електричного двигуна привода РПН (вимірюється відразу по закінченні протікання пускового струму, за умови, що струм усталеного режиму не перевищує похибки засобів його контролю).

35 Визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "накопичений комутований струм" привода РПН, а тим самим контролюють чи не перевищує струм двигуна встановлене значення.

Для цього на вхід третього обчислювального блока 19, в якому обчислюється значення коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру "накопичений комутований струм" привода РПН, надходить сигнал з виходу сенсора струму 18 електричного двигуна, який встановлений в шафі керування РПН. З виходу третього обчислювального блока 19 сигнал, пропорційний коефіцієнту залишкового ресурсу по параметру "накопичений комутований струм" подається на перший вхід шостого блока обчислень 24, в якому обчислюється значення коефіцієнта якості функціонування РПН.

45 Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "кількість перемикачів" в третьому обчислювальному блоці 19, обчислюють перед j-тим перемиканням за формулами (6) і (7).

Вимірюють кількість перемикачів РПН для кожного трансформатора за допомогою сенсора кількості перемикачів РПН 20, який встановлений в шафі керування РПН. Визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "кількість перемикачів" для кожного трансформатора. Для цього на вхід четвертого обчислювального блока 21, в якому обчислюється значення коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру "кількість перемикачів", передають сигнал з виходу сенсора кількості перемикачів РПН 20.

50 З виходу четвертого обчислювального блока 21 сигнал, пропорційний коефіцієнту залишкового ресурсу по параметру "кількість перемикачів" подають на другий вхід шостого блока обчислень 24.

55 Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "кількість перемикачів" обчислюють за формулою (8).

В п'ятому блоці обчислення 23 впливу перемикачів РПН обчислюють загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач, оптимальну кількість перемикачів, коефіцієнт впливу

перемикання РПН контрольованим і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності з урахуванням обмежень: за напругами у вузлах, за струмами в гілках та за крайніми положеннями вибирача РПН та за зоною нечутливості РПН.

5 Обмеження задають та корегують в п'ятому блоці обчислення 23 за допомогою сигналу, який подають з першого виходу переносної персональної електронної обчислювальної машини 22 на шостий вхід п'ятого блока обчислення 23.

10 Сигнал з вимірювального органа напруги 6 та сигнал з вимірювального органа струму 8, також подають відповідно на третій та четвертий входи першого обчислювального блока 12, з четвертого виходу якого сигнал пропорційний потужності навантаження підстанції, а з п'ятого його виходу сигнал пропорційний потужності, яка передається по лініях електропередач підстанції відповідно передають на третій та четвертий входи п'ятого блока обчислення 23 впливу перемикачів РПН, з другого виходу якого сигнал, пропорційний коефіцієнту впливу перемикачів РПН контрольованого трансформатора, подають на четвертий вхід шостого блока обчислення 24 коефіцієнта якості функціонування.

15 На перший вхід п'ятого блока обчислення 23 впливу перемикачів РПН подають сигнал з виходу сенсора положення приводу РПН 25, який відповідає номеру ступеня регулювання. На другий вхід п'ятого блока обчислення 23 впливу перемикачів РПН подають сигнал з виходу вимірювального органа напруги 6.

20 На п'ятий вхід п'ятого блока обчислення 23 впливу перемикачів РПН подають сигнал з другого виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи 26. Цей сигнал несе інформацію про потужності у гілках та вузлах схеми електроенергетичної системи.

З першого виходу п'ятого блока обчислення 23 подають сигнал на другий вхід оперативно-інформаційного комплексу 26 електроенергетичної системи 17. Цей сигнал несе інформацію про потужності навантаження і гілок контрольованої підстанції.

25 З другого виходу оперативно-інформаційного комплексу 26 сигнал про напругу та навантаження вузлів і про струми гілок передають на другий вхід електроенергетичної системи 17, а саме на пристрої обробки інформації (п'ятий обчислювальний блок 23 інших підстанцій). Коефіцієнт втрат, який показує як, впливає РПН і-того трансформатора на загальносистемні втрати, знаходиться за виразом:

30

$$K_{\text{втрат}} = \frac{\Delta P_{\text{невик},i} - \Delta P_{\text{опт},i}}{\Delta P_{\text{невик},i}}, \quad (17)$$

де: $\Delta P_{\text{невик},i}$ - загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок невикористання перемикачів РПН і-того трансформатора;

35 $\Delta P_{\text{опт},i}$ - загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок використання РПН і-того трансформатора з метою встановлення оптимального положення РПН з урахуванням обмежень за напругою у вузлах, за струмами у гілках, та за крайніми положеннями РПН.

40 З виходу четвертого обчислювального блока 21, сигнал подають на другий вхід шостого обчислювального блока 24, в якому визначають значення коефіцієнта якості функціонування трансформатора.

З другого виходу п'ятого обчислювального блока 23 сигнал подають на четвертий вхід шостого обчислювального блока 24. Цей сигнал несе інформацію про значення коефіцієнта впливу перемикачів РПН контрольованим і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності.

45 Визначають коефіцієнт якості функціонування трансформатора з урахуванням коефіцієнта залишкового ресурсу РПН по параметру "накопичений комутований струм", коефіцієнта залишкового ресурсу РПН по параметру "кількість перемикачів", коефіцієнта впливу перемикачів РПН і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності, вартість втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, вартість ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачях, вартість понаднормованих технічних втрат потужності.

50 Інформацію про вартість втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, вартість ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачях, вартість понаднормованих технічних втрат потужності подають з другого виходу переносної персональної електронної обчислювальної машини на третій вхід шостого обчислювального блока 24. З третього виходу оперативно-інформаційного комплексу

55

електроенергетичної системи 26 подають сигнал про прирости активної потужності у вузлах на сьомий обчислювальний блок 27.

В сьомому обчислювальному блоці 27 обчислюють елементи матриці чутливості T , яка складається з елементів виду t_{mg} , і встановлює зв'язок між приростами втрат потужності у гілках ЕЕС і змінами активної потужності у вузлах за формулами (15) і (16). Далі з обчислювального блока 27 подається сигнал на другий вхід блока 28.

З другого виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи 26 подають сигнал про зміну активної потужності у вузлах на восьмий обчислювальний блок 28.

Далі з обчислювального блока 28 подається сигнал на перший вхід блока 29. Далі визначають трансформатор, яким потрібно здійснювати корегувальний вплив, за більшим значенням коефіцієнта якості функціонування. Для цього сигнал з третього виходу п'ятого блока обчислень 23 подають на четвертий вхід блока вибору трансформатора 29 автоматизованої системи керування параметрами нормального режиму електроенергетичної системи.

На третій вхід блока вибору трансформатора 28 надходить сигнал з першого виходу оперативно-інформаційного комплексу 26 електроенергетичної системи 17. Цей сигнал несе інформацію про коефіцієнти якості функціонування інших трансформаторів електроенергетичної системи.

В блоці вибору трансформатора 28 здійснюється ранжування трансформаторів у відповідності до значень коефіцієнта якості функціонування і коефіцієнта чутливості втрат в потужності в цій гілці від зміни потужності в вузлах.

За результатами ранжування вибирається трансформатор з більшим значенням коефіцієнта якості функціонування і гілки за більшим значенням коефіцієнта чутливості втрат в потужності в цій гілці від зміни потужності в вузлах, в якій стоїть трансформатор з РПН.

Далі формують регулюючий сигнал на РПН вибраного трансформатора, пропорційно до відхилення поточних сумарних втрат потужності в ЕЕС від їх оптимальних значень з 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, значення коефіцієнта чутливості втрат в потужності в гілках від зміни активної потужності в вузлах.

Для цього, сигнал з виходу блока вибору трансформатора 28 подається на перший вхід формувача сигналу на РПН трансформатора 29, з виходу якого, сигнал подається на третій вхід електроенергетичної системи 17, а саме на привід РПН вибраного трансформатора електроенергетичної системи 17.

На четвертий вхід формувача сигналу на РПН трансформатора 29 подається сигнал про кількість перемикачів РПН вибраного трансформатора з четвертого виходу п'ятого обчислювального блока 23, а на другий і третій входи формувача сигналу на РПН трансформатора 29 подаються сигнали з других виходів, відповідно, першого обчислювального блока 12 та другого обчислювального блока 13. Ці сигнали блокують формування сигналу на виході формувача сигналу на РПН трансформатора 29 в аварійному режимі роботи електроенергетичної системи. Коефіцієнт якості функціонування РПН трансформатора визначається за формулою (14).

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

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб оптимального керування режимами роботи електроенергетичної системи, який включає вимірювання величини напруг в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання величини струмів у контрольованих перерізах системи, формування сигналу, пропорційного до величини економічних збитків від відхилення перетікання потужності в контрольованих перерізах від припустимої величини потужності, вимірювання значення частоти в електроенергетичній системі (ЕЕС), 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, врахування

коефіцієнта якості функціонування регулятора під навантаженням (РПН), та визначення коефіцієнта втрат, коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру накопиченого комутованого струму за формулою:

$$k_{\text{рес1}} = \frac{I_{\text{зал}} - n \cdot I_{\text{ком}}}{I_{\text{пасп}}}, \quad (1)$$

5 залишкового струму комутації за формулою:

$$I_{\text{зал}} = I_{\text{пасп}} - I_{\text{нак}} \quad (2)$$

або коефіцієнта ресурсу по параметру кількості перемикачів за формулою:

$$k_{\text{рес}_n} = \frac{n_{\text{зал}} - n}{n_{\text{пасп}}}, \quad (3)$$

вагових коефіцієнтів за виразами:

10 $a_1 = \frac{B_1}{B_{\text{сум}}}, \quad (4)$

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

$$a_3 = \frac{B_3}{B_{\text{сум}}}, \quad (6)$$

вартості понаднормованих технічних втрат потужності за виразом:

$$B_3 = (\Delta P_{\text{пот}} - \Delta P_{\text{норм}}) \tau C, \quad (7)$$

15 сумарної вартості, яку визначають за виразом:

$$B_{\text{сум}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (8)$$

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

20 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

25 значення технічних втрат активної потужності; $\Delta P_{\text{пот}}$ - поточне значення втрат активної потужності; C - вартість електроенергії; τ - тривалість періоду між перемикачями, який **відрізняється** тим, що коефіцієнт якості функціонування трансформатора розраховують за виразом:

$$k_{\text{як.функ.}} = (a_1 + a_2) \cdot k_{\text{рес}_n} \cdot k_{\text{рес1}} \cdot a_3 \cdot k_{\text{втрат}}, \quad (9)$$

обчислюють елементи матриці чутливості T , яка складається з елементів виду t_{mg} , і

30 встановлює зв'язок між приростами втрат потужності у гілках ЕЕС і змінами потужності у вузлах, при зміні тільки активної потужності ($\delta Q_g = 0, \delta P_g \neq 0$), коефіцієнт чутливості втрат в m -тій гілці від зміни потужності в g -тому вузлі розраховується за формулою (10):

$$i_{mg} = \frac{\delta P_{mg}}{\delta P_g} + j \frac{\delta Q_{mg}}{\delta P_g}; \quad (10)$$

35 при зміні тільки реактивної потужності (вмикається або вимикається джерело реактивної потужності, коефіцієнт чутливості втрат розраховується за формулою (11):

$$i_{mg} = \frac{\delta Q_{mg}}{\delta Q_g} - j \frac{\delta P_{mg}}{\delta P_g}, \quad (11)$$

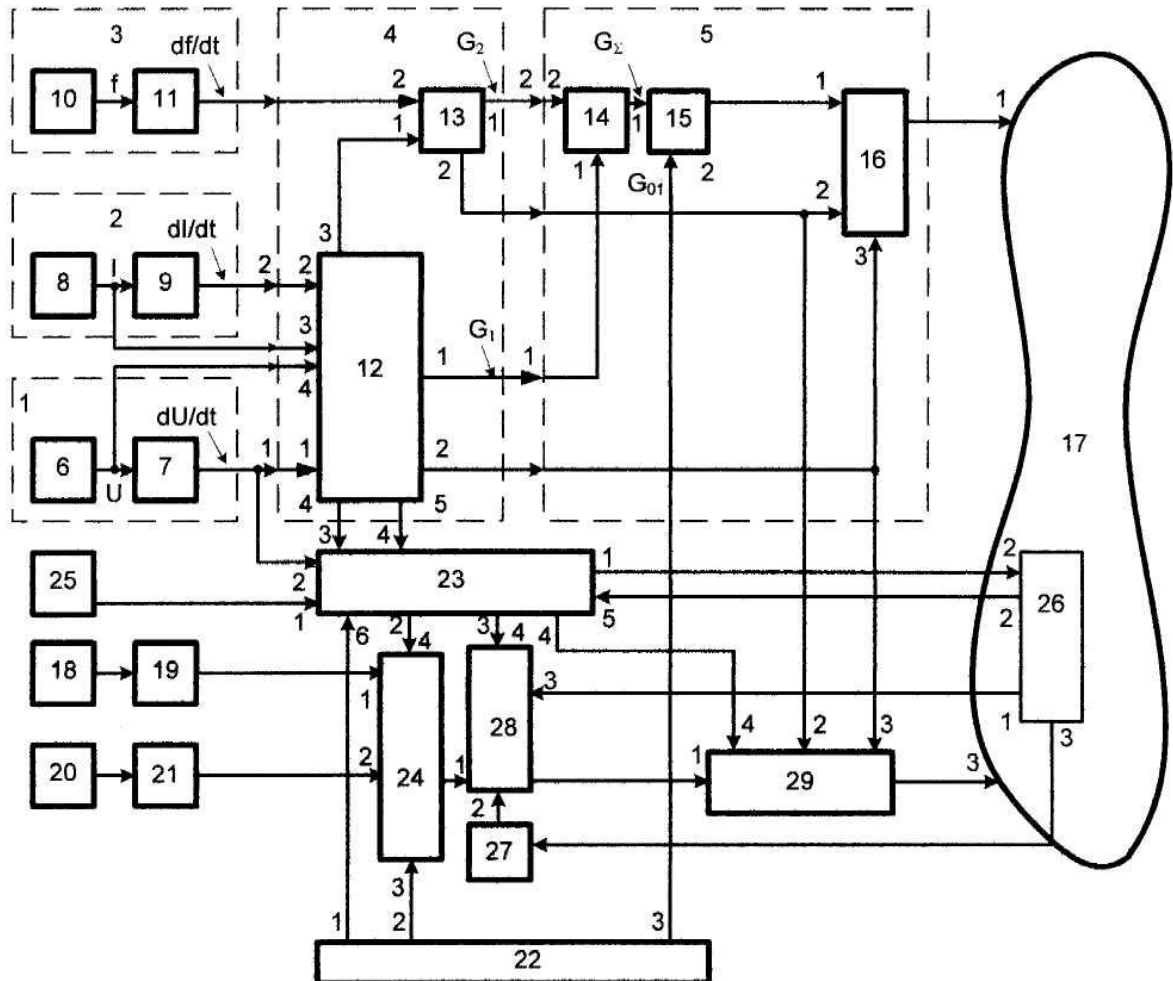
де δP_g - зміна активної потужності в g -му вузлі; δQ_g - зміна реактивної потужності в g -му вузлі;

δP_{mg} - приріст втрат реактивної потужності в m -й гілці від зміни потужності в g -му вузлі; δQ_{mg} -

40 приріст втрат реактивної потужності в m -й гілці від зміни потужності в g -му вузлі; 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 регулятора під навантаженням трансформатора.

5



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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