



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **68775** (13) **U**  
(51) МПК  
*H02J 3/24* (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

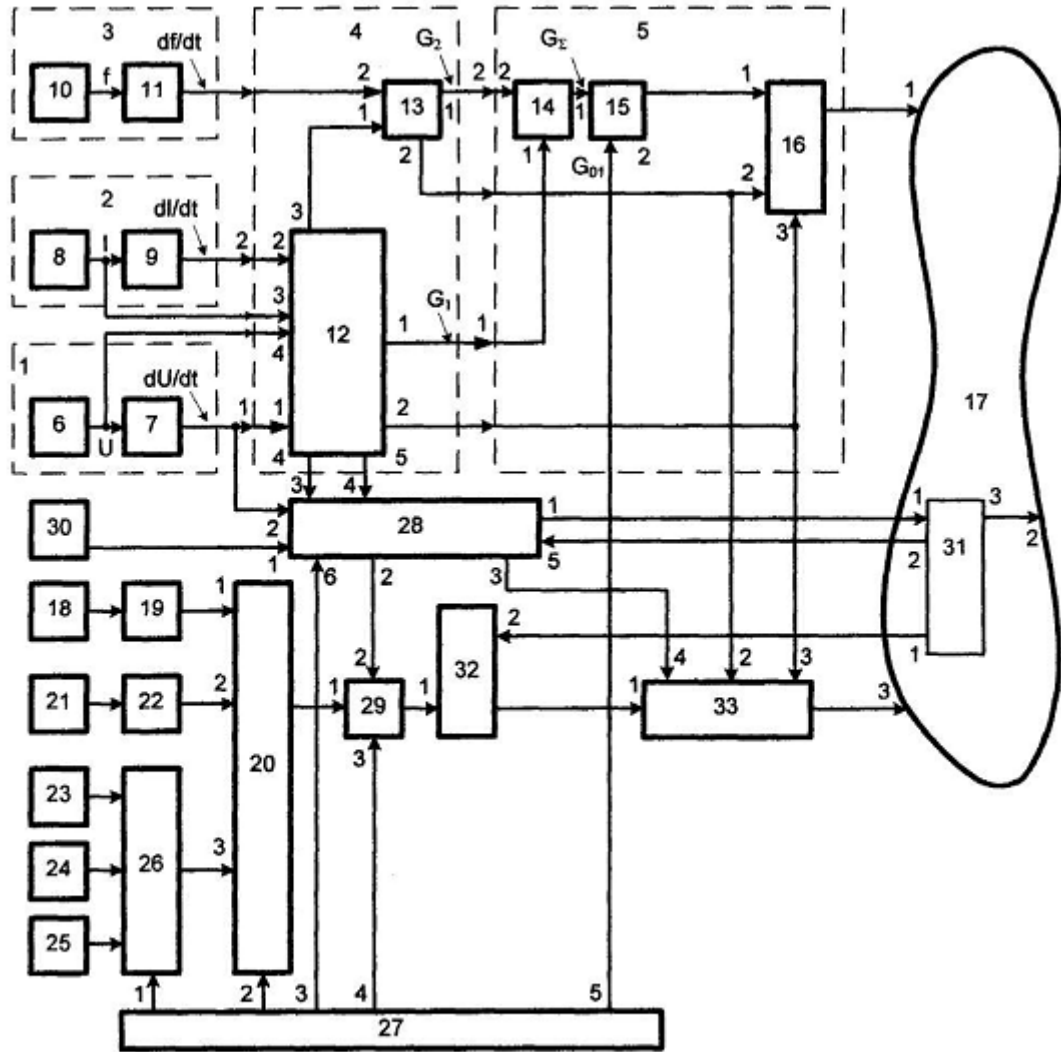
(21) Номер заявки: <b>u 2011 11376</b>	(72) Винахідник(и): <b>Лежнюк Петро Дем'янович (UA), Рубаненко Олександр Євгенійович (UA), Рубаненко Олена Олександрівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>26.09.2011</b>	(73) Власник(и): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.04.2012</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.04.2012, Бюл.№ 7</b>	

## (54) ПРИСТРІЙ РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

### (57) Реферат:

Пристрій регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, який передбачає вимірювання частоти, напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, струмів у контрольованих перерізах системи, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу на зміну структури електричної мережі, який пропорційний до економічному збитку від понаднормованих значень частоти контрольованих струмів. Для кожного трансформатора з регулятором під напругою (РПН) визначають коефіцієнти залишкового ресурсу по параметрам «загальна кількість перемикачів РПН», «струм електричного двигуна» приводу РПН в установленому режимі, «різницю температур корпусів контакторів РПН», коефіцієнт загального залишкового ресурсу РПН, коефіцієнт впливу регулювання параметрів режиму кожним трансформатором на загальносистемні втрати потужності, коефіцієнт якості функціонування кожного трансформатора. Визначають трансформатор, яким потрібно здійснювати корегувальні впливи. Формують регулюючий сигнал на РПН трансформаторів, пропорційний до відхилення поточних сумарних витрат потужності в електроенергетичній системі від їх оптимальних значень з урахуванням значення коефіцієнта якості функціонування трансформатора для поточного режиму.

UA 68775 U



Фир.

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

5 Відомий пристрій для вимірювання спрацювання силових трансформаторів (Патент № 21813 (Україна), М. кл. G01R 31/06, бюл. № 2, 1998), що містить блок установки нуля, вихід якого підключений до установчих входів першого лічильника імпульсів та першого і другого реєстрів, другий датчик температури через другий перетворювач температури в постійну напругу з'єднаний із першим входом диференціального підсилювача, другий вхід якого підключений до виходу джерела опорної напруги, вихід диференціального підсилювача через 10 перший масштабуючий підсилювач з'єднаний з першим входом блока множення, другий вхід якого підключений до виходу другого суматора, а вихід з'єднаний з аналоговим входом аналого-цифрового перетворювача (АЦП), керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вхідна цифрова шина якого з'єднана з цифровою вихідною шиною першого лічильника імпульсів, а перший вихід підключений до керуючого входу пристрою вибірки-зберігання (ПВЗ), до входу якого підключений вихід датчика напруги через перетворювач змінної напруги в постійну, вихід ПВЗ підключений до входів першого, другого і третього функціональних перетворювачів, виходи яких, у свою чергу, з'єднані через другий, третій і четвертий масштабуючі підсилювачі відповідно з першим, другим і третім входами другого суматора, вихідна цифрова шина АЦП підключена до першої вхідної цифрової шини цифрового суматора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого реєстра, вхідна цифрова шина якого і перша вхідна цифрова шина цифрового компаратора підключені до вихідної цифрової шини першого реєстра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, керуючий вхід першого реєстра підключений до третього виходу дешифратора, четвертий вихід якого з'єднаний з керуючим входом другого реєстра, вихідна цифрова шина блока задання ресурсу підключена до другої вхідної цифрової шини цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з входом першого індикатора і з другим входом логічного елемента АБО, вихід якого підключений до кіл сигналізації, а третій вхід і вхід другого індикатора з'єднані з виходом другого логічного елемента І, n-входів якого підключені відповідно до виходів n-розрядів третього лічильника імпульсів, установчий вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, а лічильний вхід і вхід другого лічильника імпульсів підключені до виходу першого логічного елемента І, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого генератора імпульсів, а другий вхід підключений до виходу RS-тригера, S-вхід якого і установчий вхід другого лічильника імпульсів з'єднані з четвертим виходом дешифратора, а R-вхід RS-тригера підключений до виходу першого компаратора, перший вхід якого з'єднаний з виходом четвертого функціонального перетворювача, вхід якого підключений до виходу першого суматора, вихід першого датчика температури через перший перетворювач температури в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого суматора, до другого входу якого підключений вихід датчика струму через перетворювач струму в постійну напругу, вихідна цифрова шина другого лічильника імпульсів з'єднана з вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), вихід якого підключений до другого входу першого компаратора, вихід датчика тиску через перетворювач тиску в постійну напругу з'єднаний з входом другого компаратора, вихід якого підключений до входу третього індикатора і до першого входу логічного елемента АБО, вихід першого генератора імпульсів з'єднаний з входом першого лічильника імпульсів.

45 Недоліком даного пристрою є не урахування стану регулятора під напругою (РПН) масляного трансформатора при оцінюванні залишкового робочого ресурсу силового масляного трансформатора, а тому низька точність оцінювання залишкового робочого ресурсу силового масляного трансформатора і низька якість регулювання режиму роботи електроенергетичної системи з використанням пристрою оцінювання залишкового робочого ресурсу силового 50 масляного трансформатора з РПН.

Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, є пристрій, описаний в патенті України на винахід № 50434А, М. кл. H02J3/24 Бюл. № 10, 2002 р., який містить блок визначення швидкості відхилення напруги, блок визначення швидкості відхилення струму, блок визначення швидкості відхилення частоти, блок визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, блок формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи, вимірювальний орган напруги, диференціальний орган напруги, вимірювальний орган струму, диференціальний орган струму, вимірювальний орган частоти, диференціальний орган частоти, перший обчислювальний блок, другий обчислювальний блок, суматор, орган порівняння, орган керування, електроенергетична систему.

При цьому, вихід блока визначення швидкості відхилення напруги приєднаний до першого входу блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід блока визначення швидкості відхилення струму приєднаний до другого входу блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід блока визначення швидкості відхилення частоти приєднаний до другого входу другого обчислювального блока. Вихід вимірювального органу напруги приєднаний до входу диференціального органу напруги. Вихід вимірювального органу струму приєднаний до входу диференціального органу струму. Вихід вимірювального органу частоти приєднаний до входу диференціального органу частоти. Вихід диференціального органу напруги та вихід диференціального органу струму, відповідно, приєднані до першого та другого входів блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід диференційного органу частоти блока визначення швидкості відхилення частоти та вихід третього виходу першого обчислювального блока приєднані, відповідно, до другого та першого входів другого обчислювального блока.

Вихід суматора блока формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи приєднаний до першого входу органу порівняння. Перший вихід першого обчислювального блока та перший вихід другого обчислювального блока приєднані до, відповідно, першого та другого входів суматора. Вихід суматора приєднаний до першого входу органу порівняння. Вихід блока порівняння приєднаний до першого входу органу керування. Третій вхід органу керування приєднаний до другого виходу першого обчислювального блока, а другий вхід органу керування приєднаний до другого виходу другого обчислювального блока. Вихід органу керування приєднаний до першого входу електроенергетичної системи.

Недоліками такого пристрою 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 не врахування (при ранжуванні трансформаторів, які приймають участь в процесі регулювання параметрів режиму ЕЕС, у відповідності до їх якості функціонування трансформаторів) впливу трансформаторів на загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач, не врахування вартості втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, вартості ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемиканнях, 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 перемиканнями, пошкодження РПН під час спроб реалізації регулювальних впливів з причини не врахування залишкового ресурсу електричного двигуна приводу РПН, залишкового ресурсу РПН по кількості гарантованих виробником перемикань та з причини не врахування різниці температур корпусів контакторів РПН виносного типу різних фаз між собою у одного і того самого трансформатора.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою регулювання режимів роботи ЕЕС, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків досягається можливість підвищити якість регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, що призводить до зменшення пошкоджень обладнання під час регулювання та підвищення ефективності регулювання.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, який складається з блока визначення швидкості відхилення напруги, блока визначення швидкості відхилення струму, блока визначення швидкості відхилення частоти, блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, блока формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи, вимірювального органу напруги, диференціального органу напруги, вимірювального органу струму, диференціального органу струму, вимірювального органу частоти, диференціального органу частоти, першого обчислювального блока, другого обчислювального блока, суматора, органу порівняння, органу керування, електроенергетичної системи, при цьому вихід блока визначення швидкості відхилення напруги приєднаний до першого входу блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід блока визначення швидкості відхилення струму приєднаний до другого входу блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід блока визначення швидкості відхилення частоти приєднаний до другого входу другого обчислювального блока. Вихід вимірювального органу напруги приєднаний до входу диференціального органу напруги. Вихід вимірювального органу струму приєднаний до входу диференціального органу струму. Вихід вимірювального

органу частоти приєднаний до входу диференціального органу частоти. Вихід диференціального органу напруги та вихід диференціального органу струму, відповідно, приєднані до першого та другого входів блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід диференційного органу частоти блока визначення швидкості відхилення частоти та вихід третього виходу першого обчислювального блока приєднані, відповідно, до другого та першого входів другого обчислювального блока. Вихід суматора блока формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи приєднаний до першого входу органу порівняння. Перший вихід першого обчислювального блока та перший вихід другого обчислювального блока приєднані до, відповідно, першого та другого входів суматора. Вихід суматора приєднаний до першого входу органу порівняння. Вихід блока порівняння приєднаний до першого входу органу керування. Третій вхід органу керування приєднаний до другого виходу першого обчислювального блока, а другий вхід органу керування приєднаний до другого виходу другого обчислювального блока. Вихід органу керування приєднаний до першого входу електроенергетичної системи.

Крім того, до пристрою входять сенсор струму електричного двигуна, третій обчислювальний блок, четвертий обчислювальний блок, сенсор кількості перемикачів РПН, п'ятий обчислювальний блок, сенсор температури корпусу фази А контактора РПН виносного типу, сенсор температури корпусу фази В контактора РПН виносного типу, сенсор температури корпусу фази С контактора РПН виносного типу, шостий обчислювальний блок, переносна персональна електронна обчислювальна машина, сьомий обчислювальний блок, восьмий обчислювальний блок, сенсор положення приводу РПН, оперативно-інформаційний комплекс, блок вибору трансформатора, блок формувача сигналу на РПН трансформатора.

А також, п'ятий вихід ПЕОМ приєднаний до другого входу органу порівняння. Вхід четвертого обчислювального блока приєднаний до виходу сенсора струму електричного двигуна. Вихід четвертого обчислювального блока приєднаний до першого входу четвертого обчислювального блока. Вхід п'ятого обчислювального блока приєднаний до виходу сенсора кількості перемикачів РПН. Вихід п'ятого обчислювального блока приєднаний до другого входу четвертого обчислювального блока. Вхід шостого обчислювального блока приєднаний до виходів сенсорів температури корпусів фаз А, В, С контакторів РПН виносного типу. Перший, другий та третій входи шостого обчислювального блока приєднані до сенсорів температури, а до четвертого входу шостого обчислювального блока приєднаний перший вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини. Вихід шостого обчислювального блока приєднаний до третього входу четвертого обчислювального блока. Другий вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини приєднаний до шостого входу сьомого блока обчислення. Вихід вимірювального органу напруги та вихід вимірювального органу струму приєднані, відповідно, до третього та четвертого входів першого обчислювального блока, до четвертого та п'ятого входів якого приєднані третій та четвертий входи сьомого блока обчислення впливу перемикачів РПН. До другого виходу якого приєднаний другий вхід восьмого обчислювального блока коефіцієнта якості функціонування. Перший вхід сьомого блока обчислення впливу перемикачів РПН приєднаний до виходу сенсора положення приводу РПН. Другий вхід сьомого блока обчислення впливу перемикачів РПН приєднаний до виходу вимірювального органу напруги. П'ятий вхід сьомого блока обчислення впливу перемикачів РПН приєднаний до другого виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи. Перший вихід сьомого блока обчислення приєднаний до першого входу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи. Третій вихід оперативно-інформаційного комплексу приєднаний до другого входу електроенергетичної системи. Вихід четвертого обчислювального блока приєднаний до першого входу восьмого обчислювального блока. Другий вихід сьомого обчислювального блока приєднаний до другого входу восьмого обчислювального блока. Четвертий вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини приєднаний до третього входу восьмого обчислювального блока. Вихід восьмого обчислювального блока коефіцієнта якості функціонування приєднаний до першого входу блока вибору трансформатора пристрою регулювання режиму роботи електроенергетичної системи.

Другий вхід блока вибору трансформатора приєднаний до третього виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи. Вихід блока вибору трансформатора приєднаний до першого входу формувача сигналу на РПН трансформатора, до виходу якого приєднаний до третього входу електроенергетичної системи. Четвертий вхід формувача сигналу на РПН трансформатора приєднаний до третього виходу сьомого обчислювального блока, а другий і третій входи формувача сигналу на РПН трансформатора приєднані до інших виходів, відповідно, першого обчислювального блока та другого обчислювального блока.

На кресленні показана функціональна схема пристрою регулювання режиму роботи 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 струму електричного двигуна 18, третій обчислювальний блок 19, четвертий обчислювальний блок 20, сенсор кількості перемикачів РПН 21, п'ятий обчислювальний блок 22, сенсор температури корпусу фази А контактора РПН виносного типу 23, сенсор температури корпусу фази В контактора РПН виносного типу 24, сенсор температури корпусу фази С контактора РПН виносного типу 25, шостий обчислювальний блок 26, переносна персональна електронна обчислювальна машина 27, сьомий обчислювальний блок 28, восьмий обчислювальний блок 29, сенсор положення приводу РПН 30, оперативно-інформаційний комплекс 31, блок вибору трансформатора 32, блок формувача сигналу на РПН трансформатора 33.

Вихід блока визначення швидкості відхилення напруги 1 приєднаний до першого входу блока 4 визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід блока визначення швидкості відхилення струму 2 приєднаний до другого входу блока 4 визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід блока визначення швидкості відхилення частоти 3 приєднаний до другого входу другого обчислювального блока 13. Вихід вимірювального органу напруги 6 приєднаний до входу диференціального органу напруги 7. Вихід вимірювального органу струму 8 приєднаний до входу диференціального органу струму 9. Вихід вимірювального органу частоти 10 приєднаний до входу диференціального органу частоти 11. Вихід диференціального органу напруги 7 та вихід диференціального органу струму 9, відповідно, приєднані до першого та другого входів блока 4 визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень. Вихід диференційного органу частоти 11 блока 3 визначення швидкості відхилення частоти та вихід третього виходу першого обчислювального блока 12 приєднані, відповідно, до другого та першого входів другого обчислювального блока 13. Вихід суматора 14 блока 5 формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи приєднаний до першого входу органу порівняння 15. Перший вихід першого обчислювального блока 12 та перший вихід другого обчислювального блока 13 приєднані до, відповідно, першого та другого входів суматора 14. Вихід суматора 14 приєднаний до першого входу органу порівняння 15. П'ятий вихід ПЕОМ приєднаний до другого входу органу порівняння 15. Вихід блока порівняння 15 приєднаний до першого входу органу керування 16. Третій вхід органу керування 16 приєднаний до другого виходу першого обчислювального блока 12, а другий вхід органу керування 16 приєднаний до другого виходу другого обчислювального блока 13. Вихід органу керування 16 приєднаний до першого входу електроенергетичної системи 17. Вхід четвертого обчислювального блока 19 приєднаний до виходу сенсора струму 18 електричного двигуна. Вихід четвертого обчислювального блока 19 приєднаний до першого входу четвертого обчислювального блока 20. Вхід п'ятого обчислювального блока 22 приєднаний до виходу сенсора кількості перемикачів РПН 21. Вихід п'ятого обчислювального блока 22 приєднаний до другого входу четвертого обчислювального блока 20. Вхід шостого обчислювального блока 26 приєднаний до виходів сенсорів температури корпусів фаз А, В, С контакторів РПН виносного типу 23, 24, 25. Перший, другий та третій входи шостого обчислювального блока 26 приєднані до сенсорів температури 23, 24, 25, а до четвертого входу шостого обчислювального блока 26 приєднаний перший вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини 27. Вихід шостого обчислювального блока 26 приєднаний до третього входу четвертого обчислювального блока 20. Другий вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини 27 приєднаний до шостого входу сьомого блока обчислення 28. Вихід вимірювального органу напруги 6 та вихід вимірювального органу струму 8 приєднані, відповідно, до третього та четвертого входів першого обчислювального блока 12, до четвертого та п'ятого виходів якого приєднані третій та четвертий входи сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН. До другого виходу якого приєднаний другий вхід восьмого обчислювального блока 29 коефіцієнта якості функціонування. Перший вхід сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН приєднаний до виходу сенсора положення приводу РПН 30. Другий вхід сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН приєднаний до виходу вимірювального органу напруги 6. П'ятий вхід сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН приєднаний до другого

виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи 31. Перший вихід сьомого блока обчислення 28 приєднаний до першого входу оперативно-інформаційного комплексу 31 електроенергетичної системи 17. Третій вихід оперативно-інформаційного комплексу 31 приєднаний до другого входу електроенергетичної системи 17. Вихід четвертого обчислювального блока 20 приєднаний до першого входу восьмого обчислювального блока 29. Другий вихід сьомого обчислювального блока 28 приєднаний до другого входу восьмого обчислювального блока 29. Четвертий вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини 27 приєднаний до третього входу восьмого обчислювального блока 29. Вихід восьмого обчислювального блока 29 коефіцієнта якості функціонування приєднаний до першого входу блока вибору трансформатора 32 пристрою регулювання режиму роботи електроенергетичної системи. Другий вхід блока вибору трансформатора 32 приєднаний до третього виходу оперативно-інформаційного комплексу 31 електроенергетичної системи 17. Вихід блока вибору трансформатора 32 приєднаний до першого входу формувача сигналу на РПН трансформатора 33, вихід якого приєднаний до третього входу електроенергетичної системи 17. Четвертий вхід формувача сигналу на РПН трансформатора 33 приєднаний до третього виходу сьомого обчислювального блока 28, а другий і третій входи формувача сигналу на РПН трансформатора 33 приєднані до інших виходів, відповідно, першого обчислювального блока 12 та другого обчислювального блока 13.

Пристрій працює наступним чином.

При визначенні швидкості відхилення напруги в блоці визначення швидкості відхилення напруги 1 сигнал з вимірювального органу напруги 6 надходить до диференціального органу 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 органу струму 8 надходить до диференціального органу 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 органу частоти 10 надходить до диференціального органу частоти 11, вихідний сигнал якого пропорційний швидкості зміни частоти в системі.

Вихідні сигнали з диференціального органу напруги 7 та диференціального органу 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 перетоків потужностей по контрольованим перетинам від їх оптимальних значень. В першому обчислювальному блоці 12 обчислюються: швидкість зміни потужності, яка передається по кожній з ліній електропередач, підключених до вузла, визначають перетоки 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 перетоків потужностей по контрольованим перетинам 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 органу 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

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.

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 перетоків потужностей по контрольованим перерізам, 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.

Сигнал (G) з виходу суматора 14 передається на перший вхід органу порівняння 15, в якому він порівнюється з сигналом (G<sub>0</sub>), пропорційним до величини економічно обґрунтованих збитків, який є уставкою регулювання. Сигнал G<sub>0</sub> надходить на другий вхід органу порівняння 15 з ПЕОМ під час періодичного програмування органу порівняння 15 та зберігається в пам'яті блока порівняння 15,

При виконанні умови G ≥ G<sub>0</sub> сигнал з виходу блока порівняння 15 подається на перший вхід органу керування 16. На третій вхід органу керування 16 подається сигнал про наявність перевищення потужності з другого виходу першого обчислювального блока 12, а на другий вхід органу керування 16 подається сигнал про наявність відхилення величини частоти від максимального значення такого відхилення з другого виходу другого обчислювального блока 13.

З урахуванням сигналів на входах органу керування 16 формується сигнал на його виході. З виходу органу керування 16, сигнал у вигляді регулювальних 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.

Також за допомогою сенсора 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).

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

Для цього на вхід четвертого обчислювального блока 19, в якому обчислюється значення коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна" привода РПН, надходить сигнал з виходу сенсора струму 18 електричного двигуна, який встановлений в шафі керування РПН. З виходу четвертого обчислювального блока 19 сигнал, пропорційний коефіцієнту залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна", подається на перший вхід четвертого обчислювального блока 20, в якому обчислюється значення коефіцієнта загального залишкового ресурсу РПН.

Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна" в третьому обчислювальному блоці 19 обчислюють перед j-тим перемиканням за формулою:

$$K_{РЕС\ IДВ} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta I_{двj-1} < 0 \\ 1, & \text{якщо } \Delta I_{двj-1} = 0 \\ \frac{\Delta I_{двдоп} - \Delta I_{двj-1}}{\Delta I_{двдоп}}, & \text{якщо } \Delta I_{двдоп} \geq \Delta I_{двj-1} \\ 0, & \text{якщо } \Delta I_{двдоп} < \Delta I_{двj-1} \end{cases}, \quad (6)$$

де ΔI<sub>доп</sub> - допустиме перевищення струму електричного двигуна привода РПН над номінальним струмом, ΔI<sub>двj-1</sub> - перевищення струму електричного двигуна привода РПН над номінальним струмом під час останнього, i-1-го корегувального впливу.

Вимірюють кількість перемикачів РПН для кожного трансформатора за допомогою сенсора кількості перемикачів РПН 21, який встановлений в шафі керування РПН.

Визначають коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН" для кожного трансформатора.

Для цього на вхід п'ятого обчислювального блока 22, в якому обчислюється значення коефіцієнта залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН", передають сигнал з виходу сенсора кількості перемикачів РПН 21. З виходу п'ятого обчислювального блока 22 сигнал, пропорційний коефіцієнту залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН" подають на другий вхід четвертого обчислювального блока 20.

Коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН" обчислюють за формулою:

$$K_{комут\ i} = \frac{n_{пасп} - (n_{до\ i} + n_{підчас\ i})}{n_{пасп}}, \quad (10)$$



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

5 За допомогою сенсорів температури вимірюють температури корпусів контакторів РПН виносного типу відповідно до фаз А (23), В (24), С (25).

В шостому обчислювальному блоці 26 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".

10 Для цього на перший, другий та третій входи шостого обчислювального блока 26 подають сигнали від сенсорів температури, які встановлені на корпусах контакторів РПН виносного типу різних фаз, або оператором з клавіатури з першого виходу переносної персональної електронної обчислювальної машини 27 за результатами тепловізійного обстеження. З виходу шостого обчислювального блока 26 сигнал, пропорційний коефіцієнту залишкового ресурсу по параметру "максимальна різниця температур корпусів контакторів РПН" подають на третій вхід четвертого обчислювального блока 20.

15 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:

$$k_{ti} = \frac{\Delta t_{доп} - \Delta t_i}{\Delta t_{доп}}, \quad (11)$$

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

25 Визначають коефіцієнт 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 обчислюється за формулою:

$$k_{РЕС.РПН} = k_{РЕС.ДВ} \cdot k_{комут} \cdot k_t, \quad (12)$$

30 де  $k_{РЕС.ДВ}$  - коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "струм електричного двигуна",  $k_{комут}$  - коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру "загальна кількість перемикачів РПН",  $k_{комут}$  (залежить не лише від кількості перемикачів під навантаженням, 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.

35 В сьомому блоці обчислення 28 впливу перемикачів РПН обчислюють загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач, оптимальну кількість перемикачів, коефіцієнт впливу перемикачів РПН контрольованим  $i$ -тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності та для з урахуванням обмежень: за напругами у вузлах, за струмами в вітках та за крайніми положеннями вибирача РПН, та за зоною нечутливості РПН. Обмеження задають та корегують в сьомому блоці обчислення 28 за допомогою сигналу, який подають з другого виходу переносної персональної електронної обчислювальної машини 27 на шостий вхід сьомого блока обчислення 28.

45 Сигнал з вимірювального органу напруги 6 та сигнал з вимірювального органу 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 сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН, з другого виходу якого сигнал, пропорційний коефіцієнту впливу перемикачів РПН контрольованого трансформатора, подають на другий вхід восьмого обчислювального блока 29 коефіцієнта якості функціонування.

50 На перший вхід сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН подають сигнал з виходу сенсора положення приводу РПН 30, який відповідає номеру ступеня регулювання. На другий вхід сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН подають сигнал з виходу

вимірювального органу напруги 6. На п'ятий вхід сьомого блока обчислення 28 впливу перемикачів РПН подають сигнал з другого виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи 31. Цей сигнал несе інформацію про потужності у вітках та вузлах схеми електроенергетичної системи. З першого виходу сьомого блока обчислення 28 подають

5 сигнал на перший вхід оперативно-інформаційного комплексу 31 електроенергетичної системи 17. Цей сигнал несе інформацію про потужності навантаження і віток контрольованої підстанції. З третього виходу оперативно-інформаційного комплексу 31 сигнал про напругу та навантаження вузлів і про струми віток передають на другий вхід електроенергетичної системи 17, а саме на пристрої обробки інформації (сьомі обчислювальні блоки 28 інших підстанцій).

10 Коефіцієнт впливу РПН і-того трансформатора на загальносистемні втрати ( $k_{\text{впливу } T, i}$ ), знаходиться за виразом:

$$k_{\text{впливу } T, i} = \frac{\Delta P_{\text{не вик}, i} - \Delta P_{\text{опт}, i}}{\Delta P_{\text{не вик}, i}}, \quad (13)$$

де:  $\Delta P_{\text{не вик}, i}$  - загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок не використання перемикачів РПН і-того трансформатора,  $\Delta P_{\text{опт}, i}$  - загальносистемні втрати

15 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 вітках та за крайніми положеннями РПН.

З виходу четвертого обчислювального блока 20 сигнал подають на перший вхід восьмого обчислювального блока 29, в якому визначають значення коефіцієнта якості функціонування трансформатора.

З другого виходу сьомого обчислювального блока 28 сигнал подають на другий вхід восьмого обчислювального блока 29. Цей сигнал несе інформацію про значення коефіцієнта впливу перемикачів РПН контрольованим і-тим трансформатором на загальносистемні втрати потужності.

25 Визначають коефіцієнт якості функціонування трансформатора з урахуванням коефіцієнта залишкового ресурсу РПН, 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 перемикачах, вартість понад нормованих технічних втрат потужності.

30 Інформацію про вартість втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, вартість ремонту РПН трансформатора в разі його пошкодження при оперативних перемикачах, вартість понад нормованих технічних втрат потужності подають з четвертого виходу переносної персональної електронної обчислювальної машини на третій вхід восьмого обчислювального блока 29.

35 Далі визначають трансформатор, яким потрібно здійснювати корегувальний вплив, за більшим значенням коефіцієнта якості функціонування. Для цього сигнал з виходу восьмого обчислювального блока 29 коефіцієнта якості функціонування подають на перший вхід блока вибору трансформатора 32 пристрою регулювання режиму роботи електроенергетичної системи. На другий вхід блока вибору трансформатора 32 надходить сигнал з третього виходу

40 оперативно-інформаційного комплексу 31 електроенергетичної системи 17. Цей сигнал несе інформацію про коефіцієнти якості функціонування інших трансформаторів електроенергетичної системи. В блоці вибору трансформатора 32 здійснюється ранжування трансформаторів у відповідності до значень коефіцієнта якості функціонування. За результатами ранжування вибирається трансформатор з більшим значенням коефіцієнта якості

45 функціонування.

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

50 електропередач над максимальним допустимим значенням потужності цих ліній.

Для цього, сигнал з виходу блока вибору трансформатора 32 подається на перший вхід формувача сигналу на РПН трансформатора 33, 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

55 трансформатора 33 подається сигнал про кількість перемикачів РПН вибраного трансформатора з третього виходу сьомого обчислювального блока 28, а на другий і третій входи формувача сигналу на РПН трансформатора 33 подаються сигнали з других виходів,

відповідно, першого обчислювальний блока 12 та другого обчислювального блока 13. Ці сигнали блокують формування сигналу на виході формувача сигналу на РПН трансформатора 33 в аварійному режимі роботи електроенергетичної системи. Коефіцієнт якості функціонування РПН трансформатора визначається за формулою

$$5 \quad (k_{\text{як функт.т.і}}) = [1 + a_{1\text{т.і}} \cdot (k_{\text{рес.т.і}} - 1)] \cdot k_{\text{рес.т.і}} \cdot a_{2\text{т.і}} \cdot (k_{\text{рес.т.і}} \cdot e^{1-k_{\text{рес.т.і}}})^{k_1} \cdot [1 + a_{3\text{т.і}} \cdot (k_{\text{впливу.т.і}} - 1)] \cdot k_{\text{впливу.т.і}}, \quad (14)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, який залежить від типу трансформатора та умов проведення ремонту,  $k_1 > 0$ ,  $a_{1\text{т.і}}$ ,  $a_{2\text{т.і}}$ ,  $a_{3\text{т.і}}$  - вагові коефіцієнти, які визначаються за виразами (15)

$$a_1 = \frac{B_1}{B_{\text{сум}}}, \quad a_2 = \frac{B_2}{B_{\text{сум}}}, \quad a_3 = \frac{B_3}{B_{\text{сум}}}, \quad (15)$$

$B_{\text{сум}}$  - сумарна вартість  $B_{\text{сум}}$ , яку визначають за виразом:

$$10 \quad B_{\text{сум}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (16)$$

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 перемиканнях, понаднормованих технічних втрат потужності, яку визначають за виразом

$$B_3 = (\Delta P_{\text{пот}} - \Delta P_{\text{норм}}) \tau C, \quad (17)$$

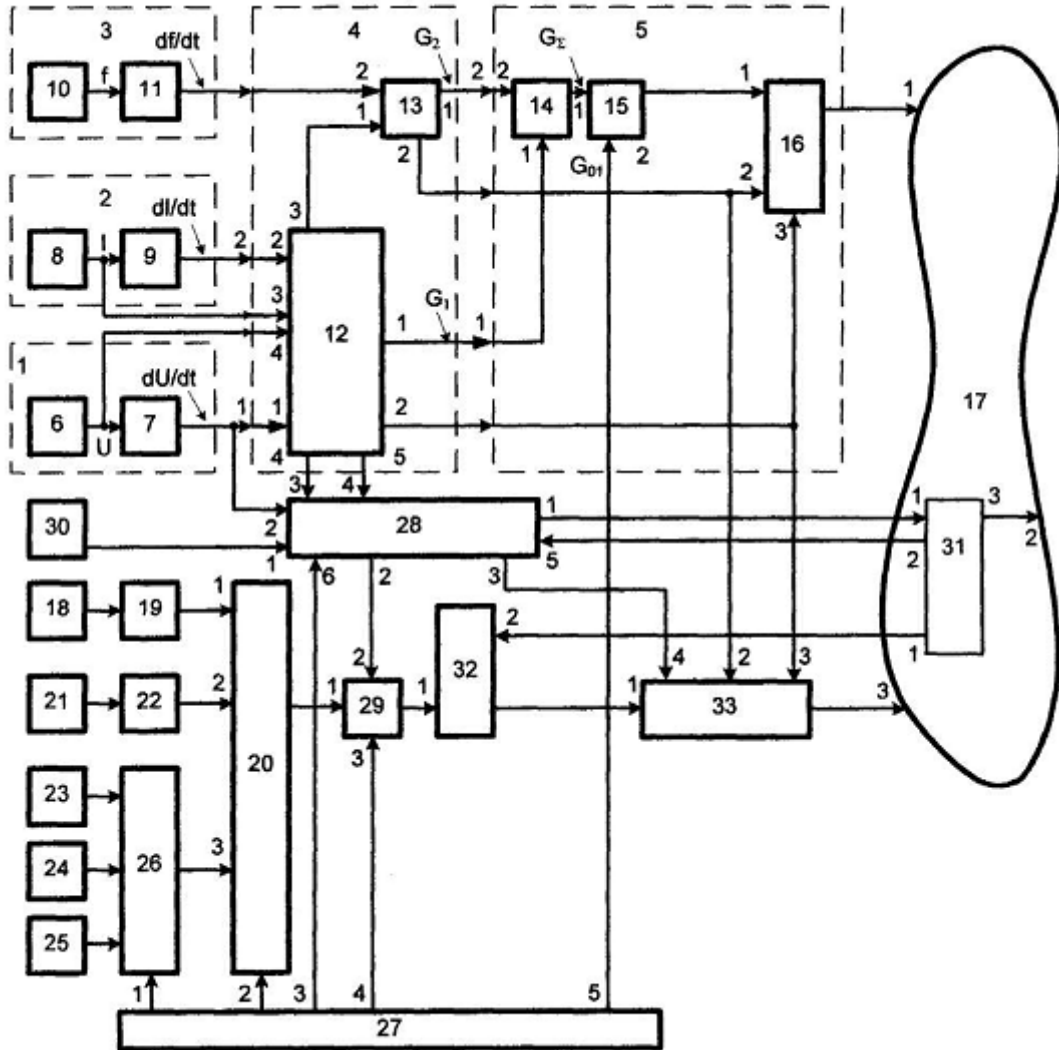
15 де  $\Delta P_{\text{норм}}$  - нормативне значення технічних втрат активної потужності,  $\Delta P_{\text{пот}}$  - поточне значення втрат активної потужності,  $C$  - вартість електроенергії,  $\tau$  - тривалість періоду між перемиканнями.

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

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

25 Пристрій регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, який складається з блока визначення швидкості відхилення напруги, блока визначення швидкості відхилення струму, блока визначення швидкості відхилення частоти, блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, блока формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи, вимірювального органу напруги, диференціального органу напруги, вимірювального органу струму, диференціального органу струму, вимірювального органу частоти, диференціального органу частоти, першого обчислювального блока, другого обчислювального блока, суматора, органу порівняння, органу керування, електроенергетичної системи, при цьому вихід блока визначення швидкості відхилення напруги приєднаний до першого входу блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, вихід блока визначення швидкості відхилення струму приєднаний до другого входу блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, вихід блока визначення швидкості відхилення частоти приєднаний до другого входу другого обчислювального блока, вихід вимірювального органу напруги приєднаний до входу диференціального органу напруги, вихід вимірювального органу струму приєднаний до входу диференціального органу струму, вихід вимірювального органу частоти приєднаний до входу диференціального органу частоти, вихід диференціального органу напруги та вихід диференціального органу струму, відповідно, приєднані до першого та другого входів блока визначення чутливості режиму електричної мережі до зовнішніх збурень, вихід диференційного органу частоти блока визначення швидкості відхилення частоти та вихід третього виходу першого обчислювального блока приєднані, відповідно, до другого та першого входів другого обчислювального блока, вихід суматора блока формування сигналів керування режимом роботи електроенергетичної системи приєднаний до першого входу органу порівняння, перший вихід першого обчислювального блока та перший вихід другого обчислювального блока приєднані до, відповідно, першого та другого входів суматора, вихід суматора приєднаний до першого входу органу порівняння, вихід блока порівняння приєднаний до першого входу органу керування, третій вхід органу керування приєднаний до другого виходу першого обчислювального блока, а другий вхід органу керування приєднаний до другого виходу другого обчислювального блока, вихід органу керування приєднаний до першого входу електроенергетичної системи, який **відрізняється** тим, що до пристрою введені сенсор струму електричного двигуна, третій обчислювальний блок, четвертий обчислювальний блок, сенсор

кількості перемикачів регулятора під напругою, п'ятий обчислювальний блок, сенсор температури корпусу фази А контактора регулятора під напругою виносного типу, сенсор температури корпусу фази В контактора регулятора під напругою виносного типу, сенсор температури корпусу фази С контактора регулятора під напругою виносного типу, шостий обчислювальний блок, переносна персональна електронна обчислювальна машина, сьомий обчислювальний блок, восьмий обчислювальний блок, сенсор положення приводу регулятора під напругою, оперативно-інформаційний комплекс, блок вибору трансформатора, блок формувача сигналу на регулятор під напругою трансформатора, п'ятий вихід персональної обчислювальної машини приєднаний до другого входу органу порівняння, вхід четвертого обчислювального блока приєднаний до виходу сенсора струму електричного двигуна, вихід четвертого обчислювального блока приєднаний до першого входу четвертого обчислювального блока, вхід п'ятого обчислювального блока приєднаний до виходу сенсора кількості перемикачів регулятора під напругою, вихід п'ятого обчислювального блока приєднаний до другого входу четвертого обчислювального блока, вхід шостого обчислювального блока приєднаний до виходів сенсорів температури корпусів фаз А, В, С контакторів регулятора під напругою виносного типу, перший, другий та третій входи шостого обчислювального блока приєднаний до сенсорів температури, а до четвертого входу шостого обчислювального блока, приєднаний перший вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини, вихід шостого обчислювального блока приєднаний до третього входу четвертого обчислювального блока, другий вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини приєднаний до шостого входу сьомого блока обчислення, вихід вимірювального органу напруги та вихід вимірювального органу струму приєднаний, відповідно, до третього та четвертого входів першого обчислювального блока, до четвертого та п'ятого виходів якого приєднані третій та четвертий входи сьомого блока обчислення впливу перемикачів регулятора під напругою, до другого виходу якого приєднаний другий вхід восьмого обчислювального блока коефіцієнта якості функціонування, перший вхід сьомого блока обчислення впливу перемикачів регулятора під напругою приєднаний до виходу сенсора положення приводу регулятора під напругою, другий вхід сьомого блока обчислення впливу перемикачів регулятора під напругою приєднаний до виходу вимірювального органу напруги, п'ятий вхід сьомого блока обчислення впливу перемикачів регулятора під напругою приєднаний до другого виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи, перший вихід сьомого блока обчислення приєднаний до першого входу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи, третій вихід оперативно-інформаційного комплексу приєднаний до другого входу електроенергетичної системи, вихід четвертого обчислювального блока приєднаний до першого входу восьмого обчислювального блока, другий вихід сьомого обчислювального блока сигнал приєднаний до другого входу восьмого обчислювального блока, четвертий вихід переносної персональної електронної обчислювальної машини приєднаний до третього входу восьмого обчислювального блока, вихід восьмого обчислювального блока коефіцієнта якості функціонування приєднаний до першого входу блока вибору трансформатора пристрою регулювання режиму роботи електроенергетичної системи, другий вхід блока вибору трансформатора приєднаний до третього виходу оперативно-інформаційного комплексу електроенергетичної системи, вихід блока вибору трансформатора приєднаний до першого входу формувача сигналу на регулятор під напругою трансформатора, до виходу якого приєднаний до третього входу електроенергетичної системи, четвертий вхід формувача сигналу на регулятор під напругою трансформатора приєднаний до третього виходу сьомого обчислювального блока, а другий і третій входи формувача сигналу на регулятор під напругою трансформатора приєднані до інших виходів, відповідно, першого обчислювального блока та другого обчислювального блока.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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