



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 158035

(13) U

(51) МПК

H02J 3/24 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 00240	(72) Винахідник(и): Смагло Іван Іванович (UA), Лежнюк Петро Дем'янович (UA), Рубаненко Олександр Євгенійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 15.01.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.12.2024	(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.12.2024, Бюл.№ 52	

(54) СПОСІБ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З РОЗОСЕРЕДЖЕНИМ ГЕНЕРУВАННЯМ**(57) Реферат:**

Спосіб оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням включає використання вимірювання напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу керуючого впливу на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора, пропорційного економічному збитку від над нормованого відхилення поточного значення частоти від номінального значення. Додавання сигналу, який пропорційний економічному збитку, від над нормованого відхилення величини частоти від номінального значення до сигналу, пропорційного збиткам від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах і отримання сумарного сигналу, який пропорційний збиткам поточного режиму, порівняння отриманого сигналу із сигналом, пропорційним до величини нормативного значення технічних втрат електроенергії, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі. Який є уставкою регулювання, створюють базу можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, формують вектор сигналів керівних впливів на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора шляхом ранжування трансформаторів з пристроєм регулювання під навантаженням за їх впливом на зменшення потужності втрат в розподільних електричних мережах від максимального до мінімального, вибирають з вектора сигналів керуючих впливів перший керуючий вплив, який відповідає максимальному зменшенню втрат потужності, відповідно до вибраного сигналу керуючих впливів з бази можливих режимів. Вибирають відповідні еквіваленти режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням перевіряють відповідність напруг у вузлах розподільної електричної мережі з розосередженим генеруванням до вимог нормативних документів з якості електричної енергії за допомогою сертифікованого програмного забезпечення, для оптимального вибору еквівалентів режимів розподільних мереж з розосередженим генеруванням, вибирають лише ті, при яких напруги задовольняють вимогам з якості електричної енергії. З режимів за допомогою сертифікованого програмного забезпечення вибирають той режим, при якому забезпечується максимальне відбирання потужності від розосередженого джерела енергії, обчислюють режим розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами енергії, який відповідає регулюванню наступним, з вектора сигналів керованих впливів, трансформатором, знову звертаються до бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням і перевіряють виконання умов якості електричної енергії та максимального відбору поточної потужності

UA 158035 U

розосереджених джерел енергії, у разі виконання умов з не порушення вимог по напрузі у вузлах розподільної мережі з розосередженими джерелами енергії, максимального допустимого відбирання генерованої потужності з розосереджених джерел енергії в розподільній мережі, мінімальних втрат активної потужності в розподільній мережі з розосередженими джерелами енергії реалізують розрахований сигнал, а у разі, якщо не досягається виконання однієї з умов, керуючі впливи не реалізують. Спочатку визначають температуру фотоелектричних панелей сонячних електричних станцій визначають поточний технічний стан фотоелектричних станцій з врахуванням температури фотоелектричних панелей, а створення бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим джерелом енергії відбувається з врахуванням максимальної можливої генерації фотоелектричної станції при певній поточній температурі.

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

Відомий спосіб регулювання режиму роботи енергооб'єднання (патент України № 50434, МПК H02J 3/24. Бюл. № 10, 2002 р.) включає регулювання режиму на основі вимірювання величини напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу, пропорційного до економічного збитку від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах порівнюють отриманий сигнал із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, та формування сигналів на зміну структури електричної мережі ЕЕС залежно від цього порівняння.

Головним недоліком такого способу є неврахування того, що складовими частинами умов, в яких доводиться приймати оптимальні рішення, є неточність та невизначеність вхідної інформації відносно параметрів режиму розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами енергії. Відомий спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи (Патент України № 29420, МПК H02J 3/24. Бюл. № 10, 2008 р.), який включає вимірювання значення напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу (в подальшому сигнал керувального впливу на пристрій регулювання під навантаженням (ПРПН) трансформатора), пропорційного до економічного збитку від роботи системи до зміни вузлових потужностей, додавання його з сигналом, пропорційним до збитків від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах, порівняння отриманого сигналу із сигналом, пропорційним до величини допустимих, економічно обґрунтованих збитків, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, та формування сигналів на зміну структури електричної мережі ЕЕС залежно від цього порівняння та одночасний контроль коефіцієнта якості функціонування пристрою РПН, який визначають за формулою:

$$K_{\text{якф.тi}} = a_1 \cdot K_{\text{втрат}} + a_2 \cdot K_{\text{рес}},$$

де i - порядковий номер трансформаторів в системі;

a_1, a_2 - вагові коефіцієнти.

Коефіцієнт втрат знаходять за виразом:

$$K_{\text{втрат}} = (\Delta P_{\text{неопт}} - \Delta P_{\text{опт}}) / \Delta P_{\text{опт}},$$

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

Коефіцієнт залишкового ресурсу визначають за виразом:

$$K_{\text{рес}} = k_1 \cdot [1 - (n_2 - n_1) / n_2],$$

n_1 - це кількість потрібних перемикань регулятора під напругою трансформатора;

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

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

Недоліком такого способу є низька точність регулювання через неврахування вартості втрат електроенергії, які зумовлені роботою мережі в неоптимальному режимі через невідповідність показників якості електроенергії ГОСТу 13109-97 в розподільних електричних мережах з розосередженим генеруванням, викликаним відсутністю поточних даних про параметри режимів цих мереж.

Найбільш близьким до способу, що запропонований, є спосіб оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням (патент України № 111395, МПК H02J3/24. Бюл. № 21, 2016 р.), в якому вимірюють напругу в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірюють струм в перерізах та частоту в системі, визначають чутливість параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формують сигнал керуючого впливу на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора, пропорційного економічному збитку від понад нормованого відхилення поточного значення частоти від номінального значення, додають сигнал, який пропорційний економічному збитку, від понад нормованого відхилення величини частоти від номінального значення до сигналу, пропорційного збиткам від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах і отримують сумарний сигнал, пропорційний збиткам поточного режиму, порівнюють отриманий

сигнал з сигналом, пропорційним до величини нормативного значення технічних втрат електроенергії, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, причому спочатку створюють базу можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, формують вектор сигналів керуючих впливів на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора шляхом ранжування трансформаторів з пристроєм регулювання під навантаженням за їх впливом на зменшення потужності втрат в розподільних електричних мережах від максимального до мінімального, вибирають з вектора сигналів керуючих впливів перший керуючий вплив, який відповідає максимальному зменшенню втрат потужності, відповідно до вибраного сигналу керуючих впливів з бази можливих режимів вибирають відповідні еквіваленти режимів для розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, перевіряють відповідність значень напруг у вузлах розподільної електричної мережі з розосередженим генеруванням до вимог нормативних документів з якості електричної енергії за допомогою сертифікованого програмного забезпечення, далі з вибраних еквівалентів режимів розподільних мереж з розосередженим генеруванням вибирають лише ті, при яких напруги задовольняють вимогам з якості електричної енергії, далі з вибраних режимів за допомогою сертифікованого програмного забезпечення вибирають той режим, при якому забезпечують максимальне відбирання потужності від розосередженого джерела енергії, далі за допомогою сертифікованого програмного забезпечення обчислюють режим розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами енергії, який відповідає регулюванню наступним, з вектора сигналів керуючих впливів, трансформатором, знову вертають до бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням і перевіряють виконання умов якості електричної енергії та максимального відбору поточної потужності розосереджених джерел енергії, у разі виконання умов з не порушення вимог по напрузі у вузлах розподільної мережі з розосередженими джерелами енергії, максимального допустимого відбирання генерованої потужності з розосереджених джерел енергії в розподільній мережі, мінімальних втрат активної потужності в розподільній мережі з розосередженими джерелами енергії реалізують розрахований сигнал, у разі якщо не досягають виконання однієї з умов, то тоді керуючі впливи не реалізують.

Недоліками такого способу є низька точність регулювання регуляторів під навантаженням (РПН) силових високовольтних трансформаторів ЕЕС, так як не враховують технічний стан розподільних електричних мереж, що обмежує ефективність їх використання, крім того не враховують прогнозоване значення генерування, яке залежить від температури навколишнього середовища.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити спосіб оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності мінімізують збитки від порушення нормального і оптимального режимів роботи ЕЕС, що сприяє підвищенню точності регулювання регуляторів під навантаженням силових високовольтних трансформаторів ЕЕС, крім того ощадливо використовують технічні ресурси РПН трансформаторів та фотоелектричних модулів в умовах високих температур повітря.

Поставлена задача вирішується в способі оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, який включає визначення температури фотоелектричних панелей сонячних електричних станцій, визначення поточного технічного стану фотоелектричних станцій з врахуванням температури фотоелектричних панелей, а створення бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим джерелом енергії відбувається з врахуванням максимальної можливої генерації фотоелектричної станції при поточній температурі, використання вимірювання напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу керуючого впливу на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора, пропорційного економічному збитку від над нормованого відхилення поточного значення частоти від номінального значення, додавання сигналу, який пропорційний економічному збитку, від над нормованого відхилення величини частоти від номінального значення до сигналу, пропорційного збиткам від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах і отримання сумарного сигналу, який пропорційний збиткам поточного режиму, порівняння отриманого сигналу із сигналом, пропорційним до величини нормативного значення технічних втрат електроенергії, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, створюють базу можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим

генеруванням, формують вектор сигналів керівних впливів на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора шляхом ранжування трансформаторів з пристроєм регулювання під навантаженням за їх впливом на зменшення потужності втрат в розподільних електричних мережах від максимального до мінімального, вибирають з вектора сигналів керуючих впливів перший керуючий вплив, який відповідає максимальному зменшенню втрат потужності, відповідно до вибраного сигналу керуючих впливів з бази можливих режимів, вибирають відповідні еквіваленти режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням перевіряють відповідність напруг у вузлах розподільної електричної мережі з розосередженим генеруванням до вимог нормативних документів з якості електричної енергії за допомогою сертифікованого програмного забезпечення, для оптимального вибору еквівалентів режимів розподільних мереж з розосередженим генеруванням, вибирають лише ті, при яких напруги задовольняють вимогам з якості електричної енергії, з режимів за допомогою сертифікованого програмного забезпечення вибирають той режим, при якому забезпечують максимальне відбирання потужності від розосередженого джерела енергії, обчислюють режим розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами енергії, який відповідає регулюванню наступним, з вектора сигналів керованих впливів, трансформатором, знову звертають до бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням і перевіряють виконання умов якості електричної енергії та максимального відбору поточної потужності розосереджених джерел енергії, у разі виконання умов з не порушення вимог по напрузі у вузлах розподільної мережі з розосередженими джерелами енергії, максимального допустимого відбирання генерованої потужності з розосереджених джерел енергії розподільній мережі, мінімальних втрат активної потужності в розподільній мережі з розосередженими джерелами енергії реалізують розрахований сигнал, а у разі, якщо не досягають виконання однієї з умов, керуючі впливи не реалізують, згідно з корисною моделлю, спочатку визначають температуру фотоелектричних панелей сонячних електричних станцій, визначають поточний технічний стан фотоелектричних станцій з врахуванням температури фотоелектричних панелей, визначають економічно доцільні витрати електричної енергії на охолодження фотоелектричних модулів фотоелектричних станцій, а створення бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим джерелом енергії відбувається з врахуванням максимальної можливої генерації фотоелектричної станції при поточній температурі та охолодженні та з врахуванням максимальної можливої генерації фотоелектричної станції при поточній температурі.

Спосіб здійснюють наступним чином. Спочатку створюють базу можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, за допомогою оперативно-інформаційного комплексу (ОІК) вимірюють напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірюють температури фотоелектричних панелей, визначають економічно доцільні витрати електричної енергії на охолодження фотоелектричних модулів фотоелектричних станцій, визначають к.к.д. фотоелектричних модулів цих станцій, струми в перерізах та частоту в системі, визначають чутливість параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формують сигнал, який пропорційний економічному збитку від понад нормованого відхилення поточного значення частоти від номінального значення, додають сигнал, який пропорційний економічному збитку, від понад нормованого відхилення величини частоти від номінального значення до сигналу, який пропорційний збиткам від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах і отримують сумарний сигнал, який пропорційний збиткам поточного режиму, викликаним зменшенням генерування фотоелектричних станцій з причин нагріву фотоелектричних модулів та збиткам, викликаним додатковими витратами електричної енергії на штучне охолодження фотоелектричних модулів, порівнюють отриманий сигнал із сигналом, пропорційним до величини нормативного значення технічних втрат електроенергії, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, формують вектор сигналів керованих впливів на ПРПН трансформатора та ранжують трансформатори з ПРПН за їх впливом на зменшення значення втрат потужності в розподільних електричних мережах від максимального до мінімального, вибирають з вектора сигналів керованих впливів перший керований вплив, який відповідає зменшенню втрат потужності, відповідно до вибраного сигналу керованих впливів з бази можливих режимів вибирають відповідні еквіваленти режимів для всіх розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, перевіряють виконання умов з не порушення вимог по напрузі у вузлах розподільної мережі з розосередженими джерелами енергії, максимального допустимого відбирання генерованої потужності з розосереджених джерел енергії в розподільній мережі, мінімальних втрат активної потужності в розподільній мережі з розосередженими джерелами енергії з врахуванням поточного технічного стану

розподільних електричних мереж та підстанцій в умовах військових дій. У разі виконання цих умов реалізують розрахований сигнал. У випадку не виконання цих умов обчислюють режим розподільних електричних мереж, який відповідає регулюванню наступним, з вектора сигналів керованих впливів, трансформатором. Знову звертають до бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням і перевіряють виконання умов якості електричної енергії, максимального відбору поточної потужності РДЕ та мінімальних втрат активної потужності в розподільній мережі з РДЕ з врахуванням поточного технічного стану розподільних електричних мереж та підстанцій в умовах військових дій. У разі виконання всіх цих умов реалізують визначений керувальний вплив пристрій РПН. У випадку не виконання умов, обчислюють режим розподільних електричних мереж, який відповідає регулюванню наступним, з вектора сигналів керованих впливів, трансформатором. Знову звертають до бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням і перевіряють виконання умов якості електричної енергії та максимального відбору поточної потужності РДЕ. У разі, якщо при всіх доцільних, за умови зменшення поточних втрат активної потужності, сигналах керованих впливів, в наслідок пошкодження війною та з інших причин ліній електропередач, силових трансформаторів, іншого електричного обладнання підстанцій, або внаслідок їх незадовільного технічного стану, внаслідок неможливості виконання інших умов забезпечення якості електричної енергії та максимального відбору поточної потужності РДЕ, та якщо зменшення поточних втрат активної потужності не вирішують внаслідок значного зменшення к.к.д. фотоелектричних панелей та ФЕС в цілому, викликаного зростанням температури, то керовані впливи не реалізують.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, який включає використання вимірювання напруги в контрольованих вузлах електричної мережі, вимірювання струмів в перерізах та частоти в системі, визначення чутливості параметрів режиму роботи системи до зміни вузлових потужностей, формування сигналу керуючого впливу на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора, пропорційного економічному збитку від наднормованого відхилення поточного значення частоти від номінального значення, додавання сигналу, який пропорційний економічному збитку, від наднормованого відхилення величини частоти від номінального значення до сигналу, пропорційного збиткам від відхилення перетоків потужностей по контрольованих перерізах і отримання сумарного сигналу, який пропорційний збиткам поточного режиму, порівняння отриманого сигналу із сигналом, пропорційним до величини нормативного значення технічних втрат електроенергії, обумовлених властивостями та технологічними умовами роботи електричної мережі, який є уставкою регулювання, створюють базу можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, формують вектор сигналів керівних впливів на пристрій регулювання під навантаженням трансформатора шляхом ранжування трансформаторів з пристроєм регулювання під навантаженням за їх впливом на зменшення потужності втрат в розподільних електричних мережах від максимального до мінімального, вибирають з вектора сигналів керуючих впливів перший керуючий вплив, який відповідає максимальному зменшенню втрат потужності, відповідно до вибраного сигналу керуючих впливів з бази можливих режимів, вибирають відповідні еквіваленти режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням, перевіряють відповідність напруг у вузлах розподільної електричної мережі з розосередженим генеруванням до вимог нормативних документів з якості електричної енергії за допомогою сертифікованого програмного забезпечення, для оптимального вибору еквівалентів режимів розподільних мереж з розосередженим генеруванням, вибирають лише ті, при яких напруги задовольняють вимогам з якості електричної енергії, з режимів за допомогою сертифікованого програмного забезпечення вибирають той режим, при якому забезпечується максимальне відбирання потужності від розосередженого джерела енергії, обчислюють режим розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами енергії, який відповідає регулюванню наступним, з вектора сигналів керованих впливів, трансформатором, знову звертаються до бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням і перевіряють виконання умов якості електричної енергії та максимального відбору поточної потужності розосереджених джерел енергії, у разі виконання умов з непорушення вимог по напрузі у вузлах розподільної мережі з розосередженими джерелами енергії, максимального допустимого відбирання генерованої потужності з розосереджених джерел енергії в розподільній мережі, мінімальних втрат активної потужності в розподільній мережі з розосередженими джерелами

енергії реалізують розрахований сигнал, а у разі, якщо не досягається виконання однієї з умов, керуючі впливи не реалізують, який **відрізняється** тим, що спочатку визначають температуру фотоелектричних панелей сонячних електричних станцій, визначають поточний технічний стан фотоелектричних станцій з врахуванням температури фотоелектричних панелей, а створення бази можливих режимів розподільних електричних мереж з розосередженим джерелом енергії відбувається з врахуванням максимальної можливої генерації фотоелектричної станції при певній поточній температурі.