



УКРАЇНА

(19) UA (11) 47966 (13) U
(51) МПК (2009)
H02H 7/08МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА

1

(21) u200910837

(22) 27.10.2009

(24) 25.02.2010

(46) 25.02.2010, Бюл. № 4, 2010 р.

(72) ЛЕБЕДЕСВ ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ, ДУБОВИК
ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ(73) ЛЕБЕДЕСВ ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ, ДУБОВИК
ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ

(57) Спосіб забезпечення безпеки локального об'єкта, що містить вимірювання струмів електродвигуна і піднесення їх у квадрат, запис квадратів струмів в елементи пам'яті часового ряду вибраної довжини і дискретності, видалення вмісту останнього елемента пам'яті та зсування на крок вмісту всіх елементів пам'яті часового ряду при надходженні чергового значення піднесеного у квадрат струму, вміщення його на перше місце і підсумовування до вмісту всіх подальших елементів пам'яті часового ряду, формування з даних елемен-

2

тів пам'яті вихідного часового ряду додаткових часових рядів, прогнозування на крок вперед зміни значень квадратів струмів у елементах пам'яті вихідного ряду, відмикання електродвигуна від мережі живлення при перевищенні прогнозованими значеннями припустимих сум квадратів струмів електродвигуна, який відрізняється тим, що формують контрольні карти, в які містять заздалегідь розраховані залежності максимально припустимих квадратів струмів електродвигуна, максимально та мінімально припустимих квадратів струмів робочих навантажень електродвигуна від часу, відмикають електродвигун від мережі живлення при виході прогнозованих значень за межі між припустимими максимальними та мінімальними квадратами струмів робочих навантажень у контрольних картах, вмикають попереджувальну сигналізацію при перевищенні квадратів струмів припустимих робочих навантажень.

Корисна модель належить до електротехніки і може бути використана для забезпечення безпеки електродвигуна та технологічної установки.

Відомий спосіб забезпечення безпеки локального об'єкта, що містить вимірювання струмів електродвигуна, піднесення їх у квадрат, запис сум квадратів струму в елементи пам'яті вихідного часового ряду заданої довжини і дискретності, видалення вмісту останнього елемента та зсування на крок вмісту всіх елементів пам'яті часового ряду при надходженні чергового виміряного і піднесеного у квадрат значення струму, вміщення чергового значення квадрату струму на перше місце і підсумовування його до вмісту всіх подальших елементів пам'яті часового ряду, відмикання електродвигуна від мережі при перевищенні гранично припустимого значення квадрата струму в будь-якому елементі пам'яті часового ряду [Патент на корисну модель UA 42964 U, МПК (2009) H02H7/08. Дубовик В.Г., Лебедев Л. М. Спосіб захисту електродвигуна. 27.07.2009, Бюл. №14]. Причиною низьких функціональних можливостей способу є контроль тільки одної залежності квадратів струму від часу.

Найближчим до того, що пропонується є спосіб забезпечення безпеки локального об'єкта, що містить вимірювання струмів електродвигуна і піднесення їх у квадрат, запис квадратів струмів у елементи пам'яті вихідного часового ряду вибраної довжини і дискретності, видалення вмісту останнього елемента та зсування на крок вмісту всіх елементів пам'яті вихідного часового ряду при надходженні чергового значення виміряного струму, вміщення чергового виміряного значення квадрата струму на перше місце і підсумовування його до вмісту всіх подальших елементів пам'яті вихідного часового ряду, формування з даних кожного елемента пам'яті вихідного часового ряду додаткових часових рядів з дискретністю вихідного ряду, прогнозування на крок вперед зміни сум квадратів струмів вихідного ряду за допомогою додаткових часових рядів, відмикання електродвигуна від мережі живлення при перевищенні будь-яким прогнозованим значенням гранично припустимого квадрату струму [Патент на корисну модель UA №43034 МПК (2009), H02H7/08. Дубовик В.Г., Лебедев Л.М., Розен В.П. Спосіб захисту електродвигуна. 27.07.2009. Бюл. №14]. Причиною низьких

(19) UA (11) 47966 (13) U

функціональних можливостей способу є контроль тільки одної залежності квадратів струму від часу.

Технічною задачею, поставленою в основу корисної моделі, є розширення функціональних можливостей способу шляхом використання контрольних карт, що дозволяють контролювати як максимально припустимі так і робочі струми електродвигуна, що має підвищити безпеку експлуатації як електродвигуна, так і технологічної установки.

Для вирішення технічної задачі спосіб забезпечення безпеки локального об'єкту, який містить вимірювання струмів електродвигуна і піднесення їх у квадрат, запис квадратів струмів в елементи пам'яті часового ряду вибраної довжини і дискретності, видалення вмісту останнього елемента пам'яті та зсування на крок вмісту всіх елементів пам'яті часового ряду при надходженні чергового значення піднесеного у квадрат струму, вміщення його на перше місце і підсумовування до вмісту всіх подальших елементів пам'яті часового ряду, формування з даних елементів пам'яті вихідного часового ряду додаткових часових рядів, прогнозування на крок вперед зміни значень квадратів струмів у елементах пам'яті вихідного ряду, відмикання електродвигуна від мережі живлення при перевищенні прогнозованими значеннями припустимих сум квадратів струмів електродвигуна відізняється тим, що формують контрольні карти, які містять заздалегідь розраховані залежності максимально припустимих квадратів струмів електродвигуна, максимально і мінімально припустимих квадратів струмів робочих навантажень електродвигуна від часу, відмикають електродвигун від мережі живлення при виході прогнозованих значень за межі між припустимими максимальними та мінімальними квадратами струмів робочих навантажень у контрольних картах, вмикають попереджувальну сигналізацію при перевищенні квадратів струмів припустимих робочих навантажень.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю істотних ознак і технічним результатом, який досягається, полягає в наступному. При змінному характері навантажень технологічної установки контролюють еквівалентні за тепловими втратами значення струмів електродвигуна. Якщо період еквівалентного струму вибрати з коротким проміжком часу (секундами), то виявити тривалі але незначні - 5%-10% перевантаження неможливо. Якщо вибрати період розрахунку еквівалентного струму з тривалим часом (десятками хвилин), то неможливо вчасно виявити перевантаження електродвигуна пусковими струмами. Для того, щоб не пропустити і короточасних кратних і незначних тривалих перевантажень потрібно контролювати еквівалентні струми з періодами від Δt до $n \cdot \Delta t$, де Δt - крок дискретизації контрольованого часового інтервалу перевантаження, n - кількість кроків, $n \cdot \Delta t$ - найбільша тривалість контрольованого часу перевантажень. Такий контроль забезпечують інформаційні лінії - ряди з частковими сумами перших m -членів, де $m=0, 1, 2, \dots, M$, розташованих у порядку зростання кількості складових часткових сум та контрольні карти з декількома залежностями квадратів струму від часу.

У контрольні карти містять максимально припустимі значення сум квадратів струмів електродвигуна, максимальні і мінімальні значення сум квадратів струмів робочого навантаження електродвигуна установки. Перші дані забезпечують безпеку електродвигуна, другі та треті - технологічної установки. Наприклад, при забезпеченні безпеки насосної установки, перші дані контролюють час протікання через електродвигун еквівалентних струмів, які перевищують номінальні. Другі контролюють перевищення робочих струмів насосної установки, що потребує уваги обслуговуючого персоналу. Треті контролюють зниження навантаження до холостого ходу, що вказує на відсутність рідини в насосній установці і потребує відімкнення електродвигуна від мережі живлення.

Для формування сталої витримки часу, потрібної для оперативних перемикачів перед відімкненням електродвигуна, прогнозують зміну сум квадратів струму в елементах пам'яті вихідного часового ряду. Для прогнозування формують додаткові часові ряди. Вибирають їх довжину та кількість. Довжина додаткових часових рядів забезпечує бажану точність прогнозування, кількість - бажану точність виявлення струмових перевантажень, шаг прогнозу бажаний часу на проведення необхідних оперативних перемикачів перед відімкненням електродвигуна від мережі живлення.

Усі наведені у формулі корисної моделі суттєві ознаки є істотними, а їх сукупність достатня для досягнення заявленого технічного результату - підвищення безпеки функціонування і електродвигуна і технологічної установки.

Здійснюють спосіб наступним чином. Вибирають довжину і дискретність вихідного часового ряду струмів електродвигуна. Вимірюють і підносять у квадрат струми електродвигуна. Після чергового вимірювання вміст останнього елемента пам'яті вихідного ряду видалюють і проводять зсування вмісту елементів пам'яті вихідного часового ряду на один крок. Знову виміряне значення квадрату струму ставлять на перше місце і підсумовують до вмісту всіх подальших елементів пам'яті часового ряду. При цьому виходять з наступного. Квадрат еквівалентного струму

$$I_{\text{екв}}^2 = (I_1^2 \Delta t + I_2^2 \Delta t + \dots + I_n^2 \Delta t) / (\Delta t + \Delta t + \dots + \Delta t).$$

При рівності часових проміжків $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n = \Delta t$ значення квадратів еквівалентних струмів за наростаючі проміжки часу становлять

$$I_{\text{екв.1}}^2 = I_1^2;$$

$$I_{\text{екв.2}}^2 = (I_1^2 + I_2^2) / 2;$$

$$I_{\text{екв.3}}^2 = (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2) / 3;$$

$$\dots$$

$$I_{\text{екв.n}}^2 = (I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2) / n.$$

Відповідно суми квадратів струмів у кожному з елементів пам'яті вихідного часового ряду

$$I_1^2 = I_{\text{екв.1}}^2;$$

$$I_1^2 + I_2^2 = 2 I_{\text{екв.2}}^2;$$

$$I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 = 3 I_{\text{екв.3}}^2;$$

$$\dots$$

$$I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2 = n I_{\text{екв.n}}^2.$$

Отже, сума квадратів струмів у кожному з елементів пам'яті дорівнює $I_{\text{екв.}}^2 \cdot n$, де n - номер елемента пам'яті часового ряду, $I_{\text{екв.n}}^2$ - квадрат

еквівалентного струму в останньому елементі пам'яті. Таким чином, у кожному з елементів пам'яті, починаючи з першого, містяться суми квадратів струмів кількість складових яких збільшується зі збільшенням номеру елемента. Період вимірювання еквівалентного струму в останньому елементі пам'яті дорівнює $n \cdot \Delta t$.

Для того, щоб спрогнозувати значення сум квадратів струму вихідного ряду на крок вперед формують додаткові часові ряди. Вибирають довжину додаткових часових рядів. Довжина додаткових часових рядів визначається бажаною точністю прогнозування, кількість - бажаною точністю виявлення перевантажень, шаг прогнозу - бажаним часом на проведення оперативних перемикань. Формують додаткові часові ряди за допомогою даних з елементів пам'яті вихідного часового ряду, які оновлюються при кожному черговому вимірюванні. Кожен з елементів пам'яті вихідного ряду стає першим елементом пам'яті додаткового ряду. Таким чином формують інформаційне поле локального об'єкту, яке має вигляд прямокутної матриці. В цій матриці по одній ортогональній вісі розташовані помножені на номер елемента квадрати еквівалентних струмів з наростаючими періодами їх розрахунку, по другій - їх передісторія. Передісторія необхідна для прогнозування зміни сум квадратів струмів вихідного ряду. Прогнозні дані порівнюють з даними контрольних карт.

Визначення гранично припустимих значень сум квадратів струму для кожного з елементів пам'яті вихідного часового ряду, потрібних для складання контрольних карт, проводять, наприклад, виходячи з рекомендацій для реле з витримкою часу, яка зменшується відповідно до збільшення характеристичної величини. Гранично припустимі

значення сум квадратів струмів n -го елемента пам'яті часового ряду для забезпечення безпеки електродвигуна можна розрахувати за допомогою наступного рівняння:

$$\sum_1^n I_{\text{екв},n}^2 \leq n I_{\text{ном}}^2 (K/n\Delta t) + 1,$$

де n - порядковий номер елемента пам'яті вихідного часового ряду, $I_{\text{ном}}^2$ - квадрат номінального струму електродвигуна, K - стала, Δt - період дискретизації вихідного часового ряду.

Для забезпечення безпеки технологічної установки приймають

$$n I_{\text{роб}}^2 (K/n\Delta t) + 1 \leq \sum_1^n I_{\text{екв},n}^2 \leq n I_{\text{хх}}^2 (K/n\Delta t) + 1,$$

де $I_{\text{роб}}^2$ - квадрат робочого струму технологічної установки, $I_{\text{хх}}^2$ - квадрат мінімального струму технологічної установки.

Електродвигун відмикають від мережі при виході за межу між мінімально та максимально припустимими струмами. При перевищенні максимального робочого струму вмикають сигналізацію. Таким чином контролюють одразу три еквівалентні струми з усіма можливими періодами визначення еквівалентних струмів, що дає можливість підвищити безпеку експлуатації як електродвигуна, так і технологічної установки.

Завдяки прогнозу час для різного роду оперативних перемикань перед відімкненням електродвигуна від мережі дорівнює кроку прогнозу і не залежить від темпу наростання струмових перевантажень.