



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 101377

(13) U

(51) МПК

H02H 7/08 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 02232**

(22) Дата подання заявки: **13.03.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.09.2015**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.09.2015, Бюл.№ 17**

(72) Винахідник(и):

**Лебедєв Лев Миколайович (UA),  
Дубовик Володимир Григорович (UA),  
Шестопад Роман Сергійович (UA),  
Гордієнко Богдан Юрійович (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",  
пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)**

## (54) СПОСІБ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ

(57) Реферат:

Спосіб захисту електричної машини від перевантажень включає вимірювання рівнів струмів електричної машини, визначення значень їх квадратів, формування часового ряду часткових сум квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму електричної машини, зміщення на крок вперед вмісту усіх елементів часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов вимірюваного значення квадрата струму і підсумовування його до вмісту решти елементів часового ряду, формування сигналу на відключення електричної машини від мережі живлення при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі часового ряду припустимого рівня. Формують інформаційні точки часових рядів часткових сум квадратів струмів фаз електричної машини, формують три перші ланки часових рядів з часткових сум квадратів струмів трьох фаз електричної машини, по інформації трьох перших ланок визначають фази з найбільшими та найменшими струмами, для фази з найбільшим струмом формують наступні ланки часового ряду, а також продовжують формувати часовий ряд фази з найбільшими значеннями часткових сум квадратів струмів на період з моменту формування сигналу на відключення електричної машини до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або впродовж 3...4 постійних часу нагріву електричної машини після фактичного її відключення від мережі живлення. При перевищенні допустимого рівня відносної різниці між значеннями часткових сум квадратів струмів фаз з найбільшим та найменшим завантаженнями формують попереджувальний сигнал.

UA 101377 U



Корисна модель належить до електротехніки і може бути використана для захисту електричної машини від перевантажень, також в режимах з частими пусками.

Відомий спосіб захисту електродвигуна, що включає безперервне вимірювання струму електродвигуна, формування сигналу пропорційного квадрату струму електродвигуна, усереднювання вказаного сигналу в часі, відключення електродвигуна від мережі при перевищенні гранично допустимої тривалості струмового перевантаження. Недоліком відомого способу є те, що він має низьку надійність тому, що усереднення сигналу струму навантаження здійснюється на конкретному, прийнятому за допомогою розрахунку часу усереднення, яке не враховує тепловий стан електродвигуна перед пуском [1].

Найбільш близьким до способу, який заявляється, є спосіб захисту електродвигуна, що включає безперервне вимірювання амплітудних значень струмів електродвигуна, зведення їх в квадрат, формування часового ряду квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму електродвигуна, зміщення на крок уперед вмісту елементів пам'яті часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов виміряного значення квадрата струму і підсумовування його до вмісту решти елементів пам'яті, при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі пам'яті заданого рівня формують сигнал на відключення електродвигуна від мережі живлення. Недоліком способу є низька надійність захисту при короткочасних повторних пускових навантаженнях електродвигуна, так як не враховується тепловий стан на момент чергового його пуску [2].

В способі, прийнятому за найближчий аналог, визначають еквівалентні струми з часом усереднення від  $n \cdot \Delta t$  до  $m \cdot n \cdot \Delta t$ , де  $\Delta t$  - крок дискретизації вимірів датчика струму;  $n$  - кратність дискретизації інформаційної точки;  $m$  - кількість елементів часового ряду. Такий спосіб дозволяє захищати електродвигун незалежно від виду його перевантаження, але якщо для розрахунку еквівалентного струму використовують короткі проміжки часу його усереднення, наприклад секунди, то виявити незначні (5 %...10 %), але тривалі струмові перевантаження, неможливо. Якщо еквівалентний струм визначають на тривалому проміжку часу усереднення, наприклад сумісному з тепловою постійною часу електричної машини, то неможливо вчасно виявити перевантаження пусковими струмами, особливо при частих пусках. Для того, щоб врахувати попередній на момент чергового пуску еквівалентний струм електричної машини, необхідно формувати часовий ряд часткових сум квадратів струму після відключення електричної машини від мережі живлення протягом  $(3...4) T_H$ , що дозволить контролювати еквівалентний струм електричної машини під час відімкнення його від мережі живлення. Щоб скоротити  $m$  - кількість елементів часового ряду необхідно їх формувати з ланок з наростаючою кратністю часу усереднення інформаційних точок. Цей спосіб також не дозволяє попередити аварійну ситуацію, наприклад при поступовому збільшенні опору контактів автоматичного вимикача або контактора, що підключає мережу живлення.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення надійності захисту електричної машини від перевантажень з урахування теплового стану в момент пуску, а також підвищення функціональних можливостей шляхом формування попереджувального сигналу при виникненні несиметричного навантаження в фазах електричної машини.

Двигуни загальнопромислового призначення основного виконання можуть працювати в різних режимах відповідно до ГОСТ 28173 (МЭК 60034-1).

Наприклад, при періодично повторно-короткочасному режимі S4 з впливом пускових процесів відбувається послідовність ідентичних циклів роботи, кожен з яких включає час пуску  $\Delta t_o$ , час роботи при постійному навантаженні  $\Delta t_p$ , за яке двигун не нагрівається вище за допустиму температуру  $\Theta_{max}$ , і час стоянки  $\Delta t_R$ , за який двигун не охолоджується до температури навколишнього середовища.

Допустиме число пусків в годину  $Z$  двигуна, що має динамічний момент інерції ротора  $J_M$ ,  $\text{кгм}^2$ , що працює в режимі S4 із статичним навантаженням на валу, визначуваним потужністю  $P_2$ , кВт, і динамічним навантаженням, визначуваним динамічним моментом інерції машини  $J_{EXT}$ ,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ , орієнтовно можна визначити по формулах:

$$Z = Z_o \cdot \frac{K_M \cdot K_P}{F_j} ; K_M = 1 - \frac{m_{ст.ср}}{m_{д.ср}} ;$$

$$K_P = 1 - \left( \frac{P_2}{P_{2H}} \right) \cdot \frac{(1 - K_0) \cdot \frac{PB}{100}}{(1 - K_0) \cdot \frac{PB}{100} + \left( 1 - \frac{PB}{100} \right) \cdot \beta_0};$$

$$F_j = \frac{J_M + J_{EXT}}{J_M}; m_{д.ср.} = \frac{m_n + 2 \cdot m_k + 2 \cdot m_M + 1}{6},$$

де:

5  $Z_0$  - допустиме число пусків в годину двигуна без статичного і динамічного навантаження на валу;

$m_{ст.ср.}$  - відносне значення середнього за час розгону статичного моменту на валу електричної машини;

$m_{д.ср.}$  - відносне значення середнього за час розгону моменту обертання електричної машини.

10 Час  $\Delta t_0$ , с розгону двигуна до номінальної швидкості обертання визначається по формулі:

$$\Delta t_0 = 0,109 \cdot \left( \frac{n_1}{100} \right) \cdot \frac{J_M + J_{EXT}}{P_{2H}} \cdot \frac{1}{m_{д.ср.} \cdot m_{ст.ср.}};$$

При зміні окремих періодів повторно-короткочасного режиму відбувається струмове перевантаження електричної машини і його температура може перевищувати допустиме значення  $\Theta_{max}$ .

15 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб захисту електричної машини від перевантажень, що включає вимірювання рівнів струмів електричної машини, визначення значень їх квадратів, формування часового ряду часткових сум квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму електричної машини, зміщення на крок вперед вмісту усіх елементів часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов вимірюваного значення квадрата струму і підсумовування його до вмісту решти елементів часового ряду, формування сигналу на відключення електричної машини від мережі живлення при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі часового ряду припустимого рівня. Новим є те, що формують інформаційні точки часових рядів часткових сум квадратів струмів фаз електричної машини,

20 формують три перші ланки часових рядів з часткових сум квадратів струмів трьох фаз електричної машини, по інформації трьох перших ланок визначають фази з найбільшими та найменшими струмами, для фази з найбільшим струмом формують наступні ланки часового ряду, а також продовжують формувати часовий ряд фази з найбільшими значеннями часткових сум квадратів струмів на період з моменту формування сигналу на відключення електричної машини до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або впродовж 3...4

30 постійних часу нагріву електричної машини після її фактичного відключення від мережі живлення, а при перевищенні допустимого рівня відносної різниці між значеннями часткових сум квадратів струмів фаз з найбільшим та найменшим навантаженнями формують попереджувальний сигнал.

35 Здійснюється спосіб наступним чином. Вимірюють значення струмів у фазах електричної машини з дискретністю  $\Delta t$ . Формують інформаційні точки, усереднюючи виміряні значення на інтервалі часу  $n \cdot \Delta t$ , де  $n$  - кратність часу дискретизації інформаційних точок першої ланки часового ряду;  $\Delta t$  - час дискретизації вимірів датчика струму. Далі підносять до квадрату значення інформаційних точок. З інформаційних точок формують часові ряди часткових сум квадратів струмів. При надходженні чергового значення квадрата струму електричної машини, видаляють останнє значення та зсовують на крок вперед вміст усіх елементів пам'яті часового ряду кожної фази. На перше місце ставлять останній визначений рівень квадрата струму і підсумовують його до вмісту решти елементів часового ряду. При перевищенні заданого рівня суми квадратів струмів в будь-якому елементі часового ряду формують сигнал на відключення

45 електричної машини від мережі живлення. Довжину часового ряду вибирають кратним 3 або 4 значення теплової постійної часу електричної машини. Щоб скоротити кількість елементів часових ряди формують з ланок з наростаючою кратністю часу усереднення інформаційних точок  $n_1 < n_2 < n_n$ . Наприклад, першу ланку формують з інформаційних точок тривалістю в секунди, а другу - в хвилини. Таким чином, кількість елементів дволанкового часового ряду значно зменшується. Перші ланки часових рядів фаз використовують для визначення фаз з мінімальним та максимальними струмами в фазах та визначення моменту формування сигналу

50

на включення попереджувальної сигналізації. На період з моменту формування сигналу на відключення електричної машини до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або протягом часу в 3...4 теплові постійні часу її нагріву продовжують формувати часовий ряд з максимальним струмом. Це дає змогу визначити рівень еквівалентного струму електричної машини перед його черговим запуском.

Визначення гранично припустимих значень сум квадратів струму в кожному елементі часового ряду проводять, виходячи, наприклад, з рекомендацій для струмового захисту електрообладнання з витримкою часу. Гранично допустиме значення сум квадратів струмів т-ньому елементу часового ряду дорівнює:

$$\sum_{n=1}^N I_{\text{екв}n}^2 = n I_{\text{ном}}^2 [(K/n\Delta t) + 1],$$

де  $n$  - порядковий номер елементу часового ряду,  $I_{\text{ном}}$  - номінальний струм електричної машини,  $K$  - постійна,  $\Delta t$  - період дискретизації.

Порівнюють значення часткових сум квадратів струму в елементах часового ряду з їх гранично припустимими значеннями. При виході за межі хоча б в одному з елементів часового ряду, формують сигнал на відключення електричної машини від мережі. Таким чином контролюють криву припустимих струмових перевантажень з урахуванням теплового стану електричної машини перед пуском.

Сигнал на включення перед аварійної сигналізації формують з урахуванням відносного значення різниці між максимальними та мінімальними значеннями сум квадратів струму перших ланок часових рядів. Сигнал перед аварійного стану свідчить про наявність несиметричного навантаження в фазах електричної машини, яке може виникати при збільшенні опору контактів комутаційного апарату, наприклад пускача або контактора, для підключення електричної машини до мережі живлення.

Джерела інформації:

1. Авторское свидетельство СССР. SU № 1365226 АІ, МПК H02H 5/04, 7/08. Аистов В.В., Левашов Б.И., Медяков И.Н. "Способ тепловой защиты электродвигателя следящей системы". Оpubл. 07.01.88.

2. Патент України UA 42964 U, МПК H02H 7/08. Дубовик В.Г., Лебедев Л.М. "Спосіб захисту електродвигуна". Оpubл. 27.07.2009.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб захисту електричної машини від перевантажень, що включає вимірювання рівнів струмів електричної машини, визначення значень їх квадратів, формування часового ряду часткових сум квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму електричної машини, зміщення на крок вперед вмісту усіх елементів часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов вимірюваного значення квадрату струму і підсумовування його до вмісту решти елементів часового ряду, формування сигналу на відключення електричної машини від мережі живлення при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі часового ряду припустимого рівня, який **відрізняється** тим, що формують інформаційні точки часових рядів часткових сум квадратів струмів фаз електричної машини, формують три перші ланки часових рядів з часткових сум квадратів струмів трьох фаз електричної машини, по інформації трьох перших ланок визначають фази з найбільшими та найменшими струмами, для фази з найбільшим струмом формують наступні ланки часового ряду, а також продовжують формувати часовий ряд фази з найбільшими значеннями часткових сум квадратів струмів на період з моменту формування сигналу на відключення електричної машини до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або впродовж 3...4 постійних часу нагріву електричної машини після фактичного її відключення від мережі живлення, а при перевищенні допустимого рівня відносної різниці між значеннями часткових сум квадратів струмів фаз з найбільшим та найменшим навантаженнями формують попереджувальний сигнал.

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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

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