

**УКРАЇНА****(19) UA****(11) 101148****(13) U****(51) МПК****H02H 7/08 (2006.01)****H02H 7/085 (2006.01)**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 02696	(72) Винахідник(и): Лебедєв Лев Миколайович (UA), Дубовик Володимир Григорович (UA), Заречний Ігор Олександрович (UA), Орлов Микола Валерійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 24.03.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.08.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.08.2015, Бюл.№ 16	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", просп. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)

(54) СПОСІБ ЗАХИСТУ ТРИФАЗНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ**(57) Реферат:**

Спосіб захисту трифазного електродвигуна від перевантажень включає вимірювання рівнів струмів трифазного електродвигуна, визначення значень їх квадратів, формування часового ряду часткових сум квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму трифазного електродвигуна, зміщення на крок вперед вмісту усіх елементів часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов виміряного значення квадрата струму і підсумовування його до вмісту решти елементів часового ряду, формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна від мережі живлення при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі часового ряду припустимого рівня. Струми трифазного електродвигуна вимірюють в двох фазах живлення, а в третій фазі вираховують, з виміряних та вирахованих значень струмів формують інформаційні точки. Визначають фазу живлення з найбільшими значеннями рівня інформаційних точок і по найбільшому значенню сум квадратів струмів, для неї формують часовий ряд часткових сум квадратів струмів на період з моменту формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або впродовж 3...4 постійних часу нагріву трифазного електродвигуна після фактичного його відключення від мережі живлення.

UA 101148 U

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

Відомий спосіб захисту електродвигуна, що включає безперервне вимірювання струму електродвигуна, формування сигналу пропорційного квадрата 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 вимірюваного 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 прототип, визначають еквівалентні струми з часом усереднення від $n \cdot \Delta t$ до $m \cdot n \cdot \Delta t$, де Δt - крок дискретизації вимірів датчика струму; n - кратність дискретизації інформаційної точки; m - кількість елементів часового ряду.

Такий спосіб дозволяє захищати трифазний 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 трифазного електродвигуна, необхідно формувати часовий ряд часткових сум квадратів струму після відключення трифазного електродвигуна від мережі живлення протягом $(3...4) T_H$, що дозволить контролювати еквівалентний струм трифазного електродвигуна 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 та ефективності захисту трифазного електродвигуна за допомогою двох датчиків струму шляхом врахування різниці між еквівалентними струмами його фаз при виникненні несиметричного навантаження, а також з врахуванням теплового стану трифазного електродвигуна в момент пуску.

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 Δt_0 , час роботи при постійному навантаженні Δt_P , за який двигун не нагрівається вище за допустиму температуру Θ_{\max} , і час стоянки Δt_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 , кг·м², 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} , кг·м², орієнтовно можна визначити по формулах:

$$Z = Z_0 \cdot \frac{K_M \cdot K_P}{F_j}; \quad K_M = 1 - \frac{m_{ст.сп}}{m_{д.сп}};$$

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

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

де:

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.

Час Δt_0 , с розгону двигуна до номінальної швидкості обертання визначається по формулі:

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

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

Поставлена задача вирішується у способі захисту трифазного електродвигуна від перевантажень, що включає вимірювання рівнів струмів трифазного електродвигуна, визначення значень їх квадратів, формування часового ряду часткових сум квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму трифазного електродвигуна, зміщення на крок вперед вмісту усіх елементів часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов виміряного значення квадрату струму і підсумовування його до вмісту решти елементів часового ряду, формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна від мережі живлення при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі часового ряду припустимого рівня. Новим є те, що струми трифазного електродвигуна вимірюють в двох фазах живлення, а в третій фазі вираховують, з виміряних та вирахованих значень струмів формують інформаційні точки, визначають фазу живлення з найбільшими значеннями рівня інформаційних точок і по найбільшому значенню сум квадратів струмів, для неї формують часовий ряд часткових сум квадратів струмів на період з моменту формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або впродовж 3...4 постійних часу нагріву трифазного електродвигуна після фактичного його відключення від мережі живлення.

Здійснюється спосіб наступним чином. Вимірюють значення струмів у двох фазах трифазного електродвигуна, а в третій фазі вираховують, з виміряних та вирахованих значень струмів формують інформаційні точки, з дискретністю Δt , визначають фазу живлення з найбільшими значеннями рівня інформаційних точок, які далі формують, усереднюючи виміряні значення на інтервалі часу $n \cdot \Delta t$, де Δt - час дискретизації вимірів датчика струму; n - кратність часу дискретизації інформаційних точок часового ряду. Порівнюють рівень інформаційних точок у фазах. Далі підносять до квадрату значення інформаційних точок фази з найбільшим рівнем. З квадратів інформаційних точок формують часові ряди часткових сум квадратів струмів. При надходженні чергового значення квадрата струму електродвигуна 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 трифазного електродвигуна від мережі живлення. Довжину часового ряду з моменту формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна вибирають кратним від трьох до чотирьох значенню теплової постійної часу нагріву трифазного електродвигуна або до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду після фактичного його відключення від мережі живлення. Це дає змогу враховувати рівень сум квадратів струмів трифазного електродвигуна перед черговим запуском.

Визначення гранично припустимих значень часткових сум квадратів струмів в кожному елементі часового ряду проводять, виходячи, наприклад, з рекомендацій для струмового

захисту з витримкою часу. Гранично допустиме значення сум квадратів струмів i -того елементу часового ряду дорівнює:

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

де n - порядковий номер елемента часового ряду, $I_{\text{ном}}$ - номінальний струм трифазного

5 електродвигуна, K - постійна, Δt - період дискретизації.

Порівнюють значення часткових сум квадратів струму в елементах часового ряду з їх гранично припустимими значеннями. При виході за граничні межі цих значень, хоча б в одному з елементів часового ряду формують сигнал на відключення трифазного електродвигуна від мережі. Таким чином контролюють часострумову криву припустимих перевантажень з

10 урахуванням теплового стану електричної трифазного електродвигуна перед пуском за допомогою двох датчиків струму.

Таким чином підвищується надійність та ефективність захисту трифазного електродвигуна за допомогою двох датчиків струму шляхом врахування різниці між еквівалентними струмами його фаз при виникненні несиметричного навантаження, а також з врахуванням теплового стану

15 трифазного електродвигуна в момент пуску.

Джерела інформації:

1. Авторское свидетельство СССР. SU № 1365226 A1, 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.

20 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

25 Спосіб захисту трифазного електродвигуна від перевантажень, що включає вимірювання рівнів струмів трифазного електродвигуна, визначення значень їх квадратів, формування часового ряду часткових сум квадратів струмів, видалення останнього значення часового ряду при надходженні чергового значення квадрата струму трифазного електродвигуна, зміщення на

30 крок вперед вмісту усіх елементів часового ряду, встановлення на перше місце часового ряду знов виміряного значення квадрата струму і підсумовування його до вмісту решти елементів часового ряду, формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна від мережі живлення при перевищенні суми квадратів струму в будь-якому елементі часового ряду припустимого рівня, який **відрізняється** тим, що струми трифазного електродвигуна вимірюють

35 в двох фазах живлення, а в третій фазі вираховують, з виміряних та вирахованих значень струмів формують інформаційні точки, визначають фазу живлення з найбільшими значеннями рівня інформаційних точок і по найбільшому значенню сум квадратів струмів, для неї формують часовий ряд часткових сум квадратів струмів на період з моменту формування сигналу на відключення трифазного електродвигуна до моменту обнуління всіх складових елементів часового ряду або впродовж 3...4 постійних часу нагріву трифазного електродвигуна після

40 фактичного його відключення від мережі живлення.

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

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