



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **44768** (13) **U**  
(51) МПК (2009)  
G01R 31/34МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ**ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

1

(21) u200905174

(22) 25.05.2009

(24) 12.10.2009

(46) 12.10.2009, Бюл.№ 19, 2009 р.

(72) СЕРГІЄНКО СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, РОДЬКІН ДМИТРО ЙОСИПОВИЧ, КОЗАК ОЛЬГА ОЛЕКСАНДРІВНА, КОВАЛЬ ВІТАЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ  
(73) КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

(57) Пристрій керування системою динамічного навантаження двигунів постійного струму, що включає випробовуваний двигун, який з'єднаний через датчик струму з якірним ланцюгом генератора постійного струму паралельного збудження, напруга на якому контролюється датчиком, збуджувач двигуна, з'єднаний через датчик струму з обмоткою збудження двигуна, напруга на якій контролюється датчиком напруги обмотки збудження двигуна, датчик швидкості обертання двигуна, привідний синхронний двигун зі збуджувачем, що під'єднаний до мережі змінної напруги, релейний блок, на який надходить сигнал з датчика струму генератора, блок визначення ефективного значення струму, інформаційний блок, на який надходять сигнали з датчиків напруги та струму збудження двигуна, датчика швидкості двигуна, датчика струму паралельної обмотки збудження генератора, датчиків струму та напруги двигуна, що випробовується, датчика температури двигуна, який **відрізняється** тим, що паралельна обмотка збудження

2

підключається через резистор на затискачі генератора постійного струму з періодичним шунтуванням додаткового опору паралельної обмотки збудження генератора блок-контактом релейного блока, який розмикається при досягненні струмом якоря генератора  $I_{\text{макс}}$  і замикається при струмі якоря генератора, що дорівнює  $I_{\text{мін}}$ , у випадку, коли ефективне значення струму якоря генератора

менше заданого,  $I_e(t) < \sqrt{I_0^2 + \frac{I_m^2}{2}}$ , де

$$I_0 = \frac{M_{\text{хх}} \cdot \omega_{\text{н}}}{\omega_{\text{хх}} \cdot k\phi_{\text{н}}}, \quad I_m = \sqrt{2 \cdot (I_{\text{н}}^2 - I_0^2)},$$
 періодично зміню-

ється сигнал з блока визначення ефективного значення струму, який керує реле, що розмикає свій контакт і виводить додатковий опір в ланцюзі збудження двигуна, що випробовується, змінюючи напругу задання збуджувача двигуна, сигнал, що дорівнює добутку миттєвих значень струму і напруги генератора  $I(t) \cdot U(t) = P(t)$  відповідно до отриманої величини, змінює струм збудження синхронного двигуна, якщо величина реактивної потужності мережі перевищує заданий рівень  $Q = Q_{\text{н}} \pm Q_{\text{доп}}$ , на збуджувач СД надходить сигнал з блока форсування та формування керуючого впливу обмотки збудження, змінюючи струм збудження синхронного двигуна.

Запропонована корисна модель відноситься до випробувальної техніки, а саме до навантажувальних пристроїв для випробування електродвигунів постійного струму, і може бути використана для зменшення впливу на живлячу мережу приводних двигунів систем динамічного навантаження під час післяремонтних випробувань машин постійного струму без агрегування з навантажувальною машиною.

Відоме технічне рішення зниження коливання напруги живлячої мережі за допомогою спеціальних синхронних компенсаторів [«Качество элек-

троэнергии на промышленных предприятиях» / В.И. Жежеленко, М.Л. Рабинович, В.М. Божко. К.: Техніка, 1981 - 116 с.]. Особливістю даних компенсаторів є здатність швидкого наростання реактивної потужності, що видається, завдяки невеликим постійним часу обмотки збудження і застосування тиристорного збуджувача, що забезпечує багаторазове форсування напруги збудження компенсатора при різкоперемінних накидах реактивної потужності.

Недоліками пристрою є наявність окремого компенсатора, що обумовлює додаткові витрати,

(13) **U**(11) **44768**(19) **UA**

низька чутливість до незначних коливань та відхилень напруги.

Відоме технічне рішення навантаження двигунів постійного струму з урахуванням технологічного навантаження [Патент СРСР № 1633986, заявка № 4443526, G01R 31/34, «Пристрій для динамічного навантаження двигунів постійного струму», Автори: Родькін Д.Й., Яні М.Д. та ін.]. Навантаження здійснюється шляхом формування постійних та періодичних впливів на ланцюги збудження генератора і двигуна, що випробовується, що дозволяє випробовувати двигуни, які значно відрізняються за параметрами від генератора, величина реактивної потужності контролюється датчиками, порівнюється з заданою величиною, в результаті чого коригується сигнал на збуджувач приводного синхронного двигуна (СД). На підставі параметрів навантажувального режиму роблять висновки про працездатність випробовуваної машини.

Пристрій для динамічного навантаження двигунів постійного струму включає приводний двигун, вал якого з'єднаний з валом генератора постійного струму, вихід якоря якого через датчик струму з'єднаний з клемми для підключення ротора двигуна, що випробовується, збуджувачі генератора, випробовуваного та приводного двигунів.

Недоліками пристрою є наявність додаткового джерела живлення для незалежної обмотки збудження генератора, як наслідок додаткового збуджувача, пристрій не дає змоги контролювати ефективне значення струму двигуна, що випробовується та формувати навантажувальний режим в залежності від величини та частоти зміни струму якоря двигуна.

Дана корисна модель прийнята у якості прототипу пристрою, що заявляється.

Метою корисної моделі є підвищення ефективності та інформативності навантаження та зниження втрат енергії в якірному ланцюзі та мережі живлення, яке досягається шляхом формування навантажувального режиму випробовуваного двигуна залежно від величини та частоти зміни якірного струму двигуна за допомогою керування додатковим опором паралельної обмотки збудження генератора, при цьому контролюються струм і напруга мережі живлення та активна потужність генератора постійного струму, на основі отриманих даних формується керуючий вплив на збуджувач приводного СД.

Корисна модель пояснюється фігурою, на якій зображена блок-схема системи навантаження на базі генератора постійного струму з самозбудженням, з прийнятими позначеннями:

1 - випробовуваний двигун постійного струму; 2 - генератор постійного струму; 3 - привідний синхронний двигун; 4 - обмотка збудження випробовуваного двигуна; 5 - паралельна обмотка збудження генератора; 6 - датчик струму генератора; 7 - датчик напруги генератора; 8 - релейний блок, що керує додатковим опором паралельної обмотки збудження генератора; 9 - блок-контакт блоку 8; 10 - блок визначення ефективного струму; 11 - релейний блок, що керує додатковим опором ланцюга керування збуджувачем випробовуваного двигуна; 12 - блок-контакт блоку 11; 13 - додатковий опір ланцюга керування збуджувачем випро-

бовуваного двигуна; 14 - додатковий опір паралельної обмотки збудження генератора; 15 - датчик струму ланцюга збудження генератора; 16 - датчик напруги якірного ланцюга двигуна; 17 - датчик струму якірного ланцюга двигуна; 18 - датчик швидкості випробовуваного двигуна; 19 - датчик струму ланцюга збудження випробовуваного двигуна; 20 - датчик напруги ланцюга збудження двигуна; 21 - датчик температури випробовуваного двигуна; 22 - датчик струму мережі живлення; 23 - датчик напруги мережі живлення; 24 - блок визначення реактивної потужності мережі живлення; 25 - збуджувач випробовуваного двигуна; 26 - блок визначення активної потужності генератора; 27 - блок форсування та формування керуючого впливу на збудження синхронного двигуна; 28 - збуджувач синхронного двигуна; 29 - інформаційний блок; 30 - блок визначення модуля значення струму; 31 - блок нечутливості і обмеження реактивної потужності; 32 - дисплей.

Пристрій керування системою динамічного навантаження двигунів постійного струму, що включає випробовуваний двигун, який з'єднаний через датчик струму з якірним ланцюгом генератора постійного струму паралельного збудження, напруга на якому контролюється датчиком, збуджувач двигуна, з'єднаний через датчик струму з обмоткою збудження двигуна, напруга на якій контролюється датчиком напруги обмотки збудження двигуна, датчик швидкості обертання двигуна, привідний синхронний двигун зі збуджувачем, що під'єднаний до мережі змінної напруги, релейний блок, на який надходить сигнал з датчика струму генератора, блок визначення ефективного значення струму, інформаційний блок, на який надходять сигнали з датчиків напруги та струму збудження двигуна, датчика швидкості двигуна, датчика струму паралельної обмотки збудження генератора, датчиків струму та напруги двигуна, що випробовується, датчика температури двигуна, в якому паралельна обмотка збудження генератора підключається через резистор на зажими генератора постійного струму з періодичним шунтуванням додаткового опору паралельної обмотки збудження генератора блок-контактом релейного блоку, який розмикаються при досягненні струмом якоря генератора  $I_{\text{макс}}$  і замикаються при струмі якоря генератора, що дорівнює  $I_{\text{мін}}$ , у випадку, коли ефективне значення струму якоря генератора менше заданого, періодично змінюється сигнал з блоку визначення ефективного значення струму, який керує реле, що замикає свій контакт і виводить додатковий опір у ланцюзі управління збуджувачем двигуна, що випробовується, змінюючи напругу задання збуджувача двигуна, при цьому сигнал, що дорівнює добутку миттєвих значень струму і напруги генератора відповідно до отриманої величини, змінює струм збудження синхронного двигуна, якщо величина реактивної потужності, яка поступає з блоку нечутливості і обмеження, перевищує заданий рівень на збуджувач СД поступає сигнал з блоку керування збудженням, змінюючи струм збудження СД.

Робота комплексу динамічного навантаження відбувається наступним чином. Першочергово до мережі підключають синхронний двигун 3 та обмо-

тку збудження випробовуваного двигуна 4. Розганяючись, 3 обертає вал генератора 2, в якому починається процес самозбудження, що характеризується збільшенням струму збудження. При цьому додатковий опір обмотки збудження зашунтований блок-контактом 9. Випробовуваний двигун 1 починає розганятися, живлячись від генератора 2. Це призводить до збільшення струму якоря двигуна 1, діюче значення якого контролюється датчиком струму 17. Дані з датчика струму якоря генератора 6 через блок 30, що визначає модуль струму, надходять на релейний блок 8, який має напругу уставки  $U_{\max}$  і  $U_{\min}$ . Діюче значення струму порівнюються з установленими максимальним і мінімальним значенням струму спрацьовування релейного блоку 8  $I_{\max}$ ,  $I_{\min}$ . При досягненні струмом якоря максимального значення, з релейного блоку 8 надходить сигнал, який розмикає контакт 9 і вводить додатковий опір паралельної обмотки збудження генератора. Введення додаткового опору в паралельну обмотку збудження генератора призводить до зменшення струму збудження генератора, як наслідок зниження струму якоря випробовуваного двигуна. За допомогою датчика 6 діюче значення струму, що надходить на вхід релейного блоку порівнюється з мінімально допустимим  $I_{\min}$ . При досягненні струмом якоря генератора  $I_{\min}$  релейний блок контактом 9 шунтує додатковий опір обмотки збудження генератора 14. При цьому блоком 10 визначається ефективний струм, який порівнюється з заданим, що визначається залежністю:

$$I_e = \sqrt{I_0^2 + \frac{I_m^2}{2}}, \quad (1)$$

$$I_0 = \frac{M_{xx} \cdot \omega_H}{\omega_{xx} \cdot k_{\Phi_H}}, \quad (2)$$

$$I_m = \sqrt{2 \cdot (I_H^2 - I_0^2)}, \quad (3)$$

де  $M_{xx}$ ,  $\omega_{xx}$  - момент та швидкість холостого ходу генератора;

$\omega_H$ ,  $I_H$ ,  $k_{\Phi_H}$  - номінальні швидкість, струм якоря та магнітний потік генератора.

За умови, що ефективний струм якоря випробовуваної машини менше заданого значення, блок 10 формує керуючий вплив на релейний блок 11, що в свою чергу, своїм контактом 12 виводить додатковий опір 13 з ланцюга керування збудженням двигуна, що випробується. Це зменшує значення напруги керування збуджувача двигуна 25:  $U_k = U_{32} - U_{31}$ , що випробовується і в свою чергу зменшує

струм обмотки збудження. Таким чином ефективний струм двигуна збільшується.

Процес шунтування повторюється до завершення часу випробування, який визначається температурою нагріву випробовуваного двигуна, що вимірюється датчиком температури 21. Отже, за допомогою введення/виведення додаткового опору паралельної обмотки збудження, досягається автоколивальний режим генератора, і тим самим підтримується задане значення діючого струму якоря, що характеризує рівень навантаження випробовуваного двигуна.

Змінний характер навантаження призводить до вимушених коливань приводного двигуна, які в свою чергу впливають на зміну напруги живлячої мережі.

За допомогою даних з датчика струму 6 та напруги 7 генератора, що потрапляють на перший і другий входи блоку визначення активної потужності 26, визначаються миттєві значення активної потужності:  $I(t) \cdot U(t) = P(t)$ , з якою працює привідний синхронний двигун.

Система датчиків струму 22 і напруги 23, дозволяє фіксувати коливання струму та напруги у кожній фазі мережі живлення. Сигнали з датчиків надходять на перший і другий входи блоку 24, за допомогою якого отримують значення реактивної потужності, яка порівнюється з допустимим значенням  $Q = Q_H \pm Q_{\text{доп}}$  за допомогою блоку нечутливості і обмеження 31. Отримані дані характеризують вплив роботи системи динамічного навантаження на мережу. На основі отриманих даних з блоків 24 і 26, формують керуючий сигнал за допомогою блоку 27 на блок збудження синхронного двигуна 28. При цьому, якщо реактивна потужність перевищує допустиме відхилення значення  $Q = Q_H \pm Q_{\text{доп}}$  збудження синхронного двигуна збільшують. Таким чином блок 28 коригує струм обмотки збудження, зменшуючи вплив приводного двигуна системи динамічного навантаження двигуна на живлячу мережу.

В ході циклу навантаження миттєві значення струмів, напруги, швидкостей, контрольних точок, зняті за допомогою датчиків струму збудження генератора 15 і випробовуваного двигуна 19, датчика напруги випробовуваного двигуна 16, датчика швидкості випробовуваного двигуна 18, датчика напруги збудження випробовуваного двигуна 20, датчика температури 21 потрапляють на входи з першого по сьомий інформаційного блоку 29 відповідно. По закінченню часу випробувань отриманий масив даних може бути представлений графічно на дисплеї 32.

