



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41735 (13) A

(51) 7 H02P1/50

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПУСКУ СИНХРОННОГО ДВИГУНА

1

2

(21) 2001031428

(22) 01.03.2001

(24) 17.09.2001

(46) 17.09.2001, Бюл. № 8, 2001 р.

(72) Нізімов Віктор Борисович, Нізімов Родіон Вікторович, С'янов Олександр Михайлович

(73) ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб пуску синхронного двигуна, при якому синхронний двигун підмикають до мережі змінного струму через тиристорний перетворювач із природною комутацією, обмотку збудження підключають до пускового резистора, подають в обмотки статора імпульси струму, величина і тривалість яких формується різницею між дійсною і заданою величинами пускового струму статора, впливом на тиристорний перетворювач, який відрізняється тим, що роблять заряд ємнісного накопичувача енергії від обмотки збудження через пусковий резистор, контролюють величину напруги на ємнісному накопичувачі енергії і, при досягненні напруги на ємнісному накопичувачі енергії заданої величини, вмикають додатковий резистор, на який потім розряджають ємнісний накопичувач,

причому додатковий резистор вмикають послідовно з пусковим резистором.

2. Спосіб пуску по п. 1, який відрізняється тим, що початкову величину ємності накопичувача енергії збільшують пропорційно частоті обертання ротора.

3. Спосіб пуску по п. 1, який відрізняється тим, що початкову величину ємності накопичувача енергії збільшують пропорційно квадрату частоти обертання ротора.

4. Спосіб пуску по п. 1, який відрізняється тим, що ємнісний накопичувач енергії додатково заряджають від незалежного джерела енергії напругою, збіжною за знаком із е.р.с. обмотки збудження, контролюють величину напруги на ємнісному накопичувачі енергії і, при досягненні напруги заданої величини, вмикають додатковий резистор, на який потім розряджають ємнісний накопичувач, причому додатковий резистор вмикають послідовно з пусковим резистором.

5. Спосіб пуску по п. 1, який відрізняється тим, що при розряді ємнісного накопичувача енергії збільшують кратність додаткового резистора, наприклад, у два рази.

Винахід відноситься до електротехніки і може бути використаний для пуску синхронних електричних машин, переважно потужних, значно навантажених, синхронних двигунів.

Відомий спосіб пуску синхронної машини, який заключається в тому, що обмотку збудження замикають на деякий, зокрема, регульований резистор, а статорні обмотки підключають до мережі [Постников И.М., Обобщенная теория и переходные процессы электрических машин. - М.: Высшая школа, 1957, С.157].

Недолік цього способу заключається в тому, що пусковий струм статора значно перевищує номінальне значення (у 5...7 разів), викликає великі електродинамічні навантаження на обмотки статора і перегрів пускової обмотки, що обмежує кількість пусків двигуна і веде до зниження надійності пускових режимів.

Відомий інший спосіб пуску синхронного двигуна від пониженої напруги через пусковий реактор із поступовим його збільшенням в міру розгону двигуна [Слодарж М.И., Режимы работы, релейная защита и автоматизация синхронных электродвигателей. - М.: Энергия, 1977, С. 13].

Недолік цього способу 39 заключається в неможливості пуску значно навантажених двигунів, що знижує надійність електропривода.

Інший із відомих способів пуску синхронних двигунів передбачає використання перетворювача частоти з проміжним колом постійного струму в ланцюзі статора двигуна [А.с. СССР № 921006, МКИ H02P 1/50, 1982].

Недолік цього способу пуску двигуна пов'язаний із значною потужністю перетворювача частоти й ускладненням системи керування.

Відомий також спосіб, реалізований в пристрої

(13) A

(11) 41735

(19) UA

для асинхронного пуску і ресинхронізації синхронної машини, згідно якому обмотка збудження через некерований мостовий випрямляч і дроселі вмикається на мостовий трифазний інвертор, а регулювання струму і моменту, утворюваних обмоткою збудження, здійснюється за рахунок зміни величини протито-е р с інвертора, еквівалентної перемінному резистору [А с СССР № 1480073, МКИ H02P1/50, 1989]

Недоліком способу при його реалізації є значне ускладнення силової схеми і системи керування, а істотним недоліком є значний фазовий зсув між струмом ротора і е р с через явище комутації вентилів випрямляча, що збільшується на половину кута комутації вентилів випрямляча. Внаслідок цього гальмовий момент, утворюваний обмоткою збудження за один оберт ротора буде більше, ніж у відомих пристроях, що призводить до зниження середнього асинхронного моменту в режимі пуску. Крім того, енергія частоти ковзання інвертується в мережу, що живить, а не використовується для збільшення струму й електромагнітного моменту, утворюваного обмоткою збудження.

Найбільше близьким по технічній сутності до винаходу є спосіб, реалізований в пристрої для пуску синхронної машини, при якому синхронний двигун підключають до мережі змінного струму через тиристорний перетворювач із природною комутацією, подають в обмотки статора збудженої машини імпульси струму, синхронізовані з положенням ротора, причому величина і тривалість імпульсів струму формується різницею між дійсним і заданим величинами пускового струму статора [А с СССР № 1131002, МКИ H02P1/50, 1984 р.]

Недолік реалізації цього способу пуску складається в значній установленій потужності перетворювача й ускладненні пристрою через наявність датчика положення, механічно зв'язаного з ротором.

У основу винаходу поставлена задача удосконалення способу пуску синхронного двигуна за рахунок обмеження пускового струму статора і підвищення пускового моменту, утворюваного обмоткою збудження, що веде до зниження електродинамічних і теплових навантажень на обмотки статора і пускову обмотку, і за рахунок цього забезпечується необхідна кількість успішних пусків для забезпечення безперервності складних технологічних процесів, механізми котрих обладнані синхронними двигунами.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі пуску синхронного двигуна, при якому синхронний двигун підключають до мережі змінного струму через тиристорний перетворювач із природною комутацією, обмотку збудження підключають до пускового резистора, подають в обмотки статора імпульси струму, величина і тривалість яких формується різницею між дійсним і заданим величинами пускового струму статора, впливом на тиристорний перетворювач, відповідно до винаходу роблять заряд ємнісного накопичувача енергії від обмотки збудження через пусковий резистор, контролюють величину напруги на ємнісному накопичувачі енергії і при досягненні напруги на ємнісному накопичувачі енергії заданої величини, вмика-

ють додатковий резистор, на який потім розряджають ємнісний накопичувач, причому додатковий резистор вмикають послідовно з пусковим резистором.

Крім того поставлена задача вирішується тим, що початкову величину ємності накопичувача енергії збільшують пропорційно частоті обертання ротора.

Крім того поставлена задача вирішується тим, що початкову величину ємності накопичувача енергії збільшують пропорційно квадрату частоти обертання ротора.

Крім того поставлена задача вирішується тим, що ємнісний накопичувач енергії додатково заряджають від незалежного джерела енергії, напругою збіжною за знаком із е р с обмотки збудження, контролюють величину напруги на ємнісному накопичувачі енергії і при досягненні напруги заданої величини, вмикають незалежне джерело енергії, вмикають додатковий резистор/ на який потім розряджають ємнісний накопичувач, причому додатковий резистор вмикають послідовно з пусковим резистором.

Крім того поставлена задача вирішується тим, що при розряді ємнісного накопичувача збільшують кратність додаткового резистора, наприклад, у два рази.

Для обмеження пускового струму статора необхідно до двигуна підводити понижено напругу від тиристорного перетворювача. У результаті цього електромагнітний момент у режимі асинхронного пуску знижується пропорційно квадрату підведеної напруги. Збільшення електромагнітного моменту може бути досягнуте за рахунок моменту, утворюваного обмоткою збудження.

Як відомо, миттєве значення електромагнітного моменту, обумовленого обмоткою збудження без урахування впливу пускової обмотки, дорівнює [Урусов И. Д., Камша М. М., Анализ некоторых способов улучшения асинхронных характеристик синхронных двигателей для обеспечения их синхронизации // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт, 1979 - №4 - С 83-91]

$$m_f = \frac{U \cdot x_{ad}}{x_d} i_f \sin \theta, \quad (1)$$

де U - напруга статора,

x_{ad} , x_d - відповідно опір взаємної індукції й індуктивний опір по подовжній осі,

i_f - струм обмотки збудження,

θ - кут між векторами напруги статора і струмом обмотки збудження.

Як очевидно з приведеного виразу необхідно збільшувати струм для збільшення моменту обмотки збудження. Для цього потрібно зменшити опір контуру збудження, вмиканням ємнісного накопичувача енергії.

При вмиканні ємнісного накопичувача енергії опору контуру збудження по подовжній осі

$$Z_{ad} = \left[\frac{1}{j x_{ad}} + \frac{1}{j \left(x_{ad} - \frac{x_c}{s^2} \right) + \frac{R_r (K_n + 1)}{s}} + \frac{1}{j x_{ad} + \frac{r_{ad}}{s}} \right]^{-1}, \quad (2)$$

$$Z_{ad} = \left[\frac{1}{jx_{ad}} + \frac{1}{jx_{of} + \frac{R_f(K_n + 1)}{s}} + \frac{1}{jx_{kl} + \frac{r_{kl}}{s}} \right]^{-1}, \quad (3)$$

де x_c - ємнісний опір накопичувача енергії на частоті мережі,

s - ковзання ротора,

K_n - кратність пускового резистора

Аналіз виразів (2) і (3) показує, що вмикання ємнісного накопичувача веде до зменшення опору, росту струму контуру збудження і моменту обмотки збудження

Оскільки опір ємнісного накопичувача збільшується при розгоні двигуна і зменшенні ковзання, тому при зростанні швидкості обертання ротора необхідно збільшити початкову ємність накопичувача енергії пропорційно швидкості обертання, а переважно пропорційно квадрату швидкості обертання

Поточне значення $e_{рс}$ обмотки збудження визначається

$$e_f = E_m s \sin st, \quad (4)$$

де E_m - амплітудне значення $e_{рс}$ при ковзанні $S=1$

При розгоні двигуна падає ковзання S і $e_{рс}$ обмотки збудження, а також напруга на ємнісному накопичувачі. Для підтримання напруги на заданому рівні ємнісний накопичувач необхідно додатково підзаряджувати від незалежного джерела енергії

На кресленні приведена функціональна схема пристрою для реалізації пуску синхронного двигуна

Пристрій містить синхронний двигун 1, статором підключений до мережі змінного струму 2 через тиристорний перетворювач 3 з обмоткою збудження замкнутої через пусковий резистор 4 на ємнісний накопичувач 5, паралельно якому включені ланцюги, що складаються зі стабілітронів 6 і 7, тиристорів 8 і 9, діодів 10 і 11, додаткових резисторів 12 і 13. У статорні ланцюги включені давачи струму 14, 15, 16, сигнали яких подаються на вхід трифазного мостового випрямляча 17, вихід якого вмикається до резистору 18. З резистора 18 сигнал надходить через стабілітрон 19 на суматор 20, на котрий також подається сигнал із задавача струму 21. Сигнал різниці дійсного і заданого струмів статора надходить на вхід системи керування 22, вихід яких вмикається до керуючих ланцюгів тиристорів перетворювача

Спосіб пуску синхронного двигуна здійснюється таким чином

Асинхронний пуск синхронного двигуна 1 починається після його підключення до мережі змінного струму 2 через тиристорний перетворювач 3 із заданими кутами керування. При цьому обмотка збудження замкнута на пусковий резистор 4 і ємнісний накопичувач енергії 5. При цьому відбувається ємнісна компенсація електромагнітної інерційності обмотки збудження, унаслідок чого зростає амплітуда струму обмотки збудження, зменшується його фазовий зсув стосовно $e_{рс}$ цієї обмотки і забезпечується заряд ємнісного накопичувача енергії 5 через пусковий резистор 4

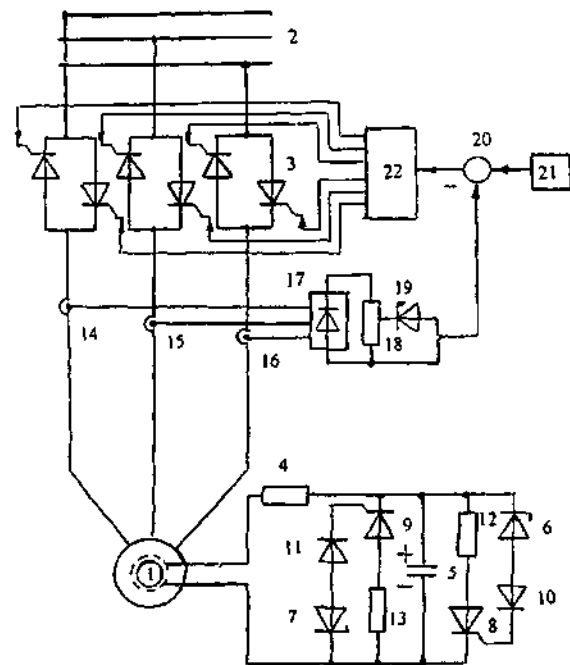
Крім того, відбувається перерозподіл струмів між обмоткою збудження і пусковою обмоткою, у результаті чого відбувається струмове розвантаження останньої

При досягненні напругою на ємнісному накопичувачі енергії заданої величини пробивається стабілітрон 6 (або 7 у залежності від полярності $e_{рс}$ обмотки), що призводить до вмикання тиристора 8 (або 9) через діод 10 (або 11)

При вмиканні тиристора 8 (або 9), ємнісний накопичувач 5 розряджається на резистор 12 (або 13), що надається вмиканням послідовно з пусковим резистором 4. Запасена накопичувачем енергія забезпечує підвищення електромагнітного моменту, утворюваного обмоткою збудження. Одночасно давачами струму 14, 15, 16 визначається істинна величина струму статора, що випрямляється випрямлячем 17 і через резистор 18 і стабілітрон 19 дорівнюється у суматорі 20 із заданою величиною струму статора, що встановлюється задавачем струму 21. Сигнал різниці заданого і дійсного величин струмів надходить на вхід системи керування 22 тиристорами перетворювача 3, що встановлює необхідний кут керування для забезпечення заданої величини струму статора

При зміні полярності $e_{рс}$ обмотки збудження цикл роботи пристрою повторюється, але з використанням елементів, приведених у дужках

Застосування способу дозволяє підвищити надійність пуску синхронного двигуна за рахунок зниження величини струму статора, збільшення моменту, утворюваного обмоткою збудження, при розвантаженні пускової обмотки шляхом перерозподілу струмів між пусковою обмоткою і обмоткою збудження. Крім того, спосіб дозволяє робити необхідне число пусків без істотного перегріву синхронного двигуна



Фіг.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90
