



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54209

(13) A

(51) 7 H02P7/42

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

(54) ЕЛЕКТРОПРИВІД ЗМІННОГО СТРУМУ

1

2

(21) 2002064805

(22) 11 06 2002

(24) 17 02 2003

(46) 17 02 2003, Бюл. №2, 2003р

(72) Барський Віктор Олексійович

(73) Барський Віктор Олексійович

(57) 1 Електропривід змінного струму, який містить двигун змінного струму з секціонованою статорною обмоткою, перетворювачі частоти, виконані кожний по схемі з одним силовим ключем у плечі і підключені до відповідних секцій статорної обмотки, та систему керування перетворювачами частоти, який відрізняється тим, що кожна секція статорної обмотки складається з електрично з'єднаних фазних плічок за кількістю фаз двигуна змінного струму, кількість секцій статорної обмотки дорівнює цілому числу відношення номінальної потужності двигуна змінного струму до вихідної потужності перетворювача частоти, а система керування перетворювачами частоти містить контролер і приймачі сигналів керування за кількістю перетворювачів частоти, при цьому керування

входи однойменних силових ключів усіх перетворювачів частоти через відповідні приймачі сигналів керування підключені до одного виходу контролера

2 Електропривід за п 1, який відрізняється тим, що фазні гілки кожної секції статорної обмотки з'єднані зіркою

3 Електропривід за п 1 який відрізняється тим, що фазні гілки кожної секції статорної обмотки з'єднані трикутником

4 Електропривід за пп 1 - 3, який відрізняється тим, що кожний перетворювач частоти виконаний у вигляді інвертора напруги

5 Електропривід за пп 1 - 3, який відрізняється тим, що кожний перетворювач частоти виконаний у вигляді безпосереднього перетворювача частоти з природною комутацією

6 Електропривід за пп 1 - 3, який відрізняється тим, що кожний перетворювач частоти виконаний у вигляді безпосереднього перетворювача частоти з штучною комутацією

Винахід належить до електротехніки, зокрема, до пристроїв для регулювання частоти обертання двигунів змінного струму середньої і великої потужності і призначений для приводу насосів і компресорів для перекачування нафти і газу, потужних дробарок і млинів призначеної промисловості, а також механізмів бурових, прокатних станів та іншого устаткування

Потужні електроприводи змінного струму (потужністю понад 320 кВт) містять, як правило, високовольтний двигун змінного струму на напругу живлення 6 кВ і більше, перетворювач частоти, який містить високовольтні силові ключі, наприклад, тиристори та систему керування перетворювачем частоти [А. А. Булгаков Частотное управление асинхронными двигателями Москва "Энергоиздат" 1982 - с 202]

Зазначені високовольтні приводи мають у своєму складі дорогі високовольтні силові ключі та високовольтний двигун змінного струму, що обмежує галузь їх використання

Відомо також, що потужність перетворювача частоти може бути збільшена шляхом паралельного з'єднання базових інверторів. Наприклад, у електроприводі змінного струму потужністю 2900 кВА з напругою 650 В потужності інверторів струму підсумовуються за допомогою трьох силових трансформаторів зі зсувом фаз вторинних обмоток на 30°, які з'єднані у еквівалентну 18-фазну схему з трьох груп. Електропривід має також спільний знижувальний трансформатор на первинній стороні за схемою трикутник-трикутник [А. А. Булгаков Частотное управление асинхронными двигателями Москва "Энергоиздат" 1982, с 202]

Недоліком відомого рішення є використання трьох підвищувальних і одного знижувального трансформаторів, що веде до обмеження діапазону регулювання частоти, при цьому вартість підвищувального трансформатора співмірна з вартістю електродвигуна. Крім того у відомому електроприводі необхідність забезпечення пара-

(13) A

(11) 54209

(19) UA

пельної роботи кількох інверторів струму призводить до ускладнення системи керування

Також відомий електропривід змінного струму великої потужності, який містить вхідний трансформатор, високовольтний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, перетворювач частоти та систему керування. Перетворювач частоти має в своєму складі ідентичні блоки (по шість на кожен фазу), виконані кожний за трифазною мостовою схемою випрямляч-інвертор з одним силовим ключем у плечі (IGBT-транзистор), при цьому вхідні кола блоків електрично розділені, вихідні - з'єднані послідовно. Система керування перетворювачем частоти - багаторівнева ШИМ - забезпечує ПІД-регулювання і захист перетворювача частоти та двигуна. Вхідний трансформатор перетворює вхідну напругу (3 фази, 6 кВ) на напругу (18 фаз, 578 В), яка після випрямлення живить вищезазначені блоки перетворювача частоти. Первинна обмотка трансформатора виконана таким чином, що при поданні на неї вхідної напруги вона створює колове поле. Вторинні обмотки розділені на три групи по шість обмоток в кожній. Фазовий зсув між першою і шостою обмотками дорівнює 50 ел. град, а між первинними і вторинними - 120 ел. град. Кожна вихідна обмотка трансформатора навантажена на випрямляч відповідного блока перетворювача [Новости приводной техники, №9, январь, 2002г, НТЦ «Приводная техника, e-mail: info@privod.RU»]

Данному електроприводу властиві недоліки, аналогічні недолікам вищезгаданих рішень: складність системи керування перетворювачем частоти, зумовлена необхідністю забезпечення роботи кількох блоків перетворювача частоти (вмикання силових ключів кожного блока за заданою програмою, синхронізація роботи блоків, діагностика і захист), а також використання вхідного трансформатора складної конструкції, в результаті чого знижується надійність функціонування електропривода.

Крім того використання високовольтного двигуна змінного струму, як і в усіх вищезазначених аналогах, обмежує галузь застосування відомого приводу тільки тими галузями, де немає обмежень на використання високовольтного устаткування.

Відомий також електропривід змінного струму, який містить трифазний асинхронний двигун з розщепленими на дві півобмотки фазними обмотками, що з'єднані зрівнювачем. Кожна фазна півобмотка являє собою паралельну гілку однієї фази і має живлення від індивідуального перетворювача частоти - інвертора. Електропривід має блок керування інверторами і в кожній фазі - блок розподілу навантаження, два датчики струму і суматор. Керувальні входи перетворювачів частоти підключені до виходів розподільника навантаження [авторське свідоцтво СРСР №1317633 від 07.02.85, МКВ⁴ H02P 7/42]

У відомому електроприводі змінного струму розщеплення фазних обмоток на дві паралельні секції веде до ускладнення блока керування перетворювачами частоти через введення в кожен фазу блока розподілу навантаження і суматора. Крім того у випадку виходу з дії будь-якого перетворювача частоти, наприклад, в разі пробою силового ключа, з роботи виключається фазна півобмотка,

що спричиняє аварійний режим роботи електропривода і веде до зниження надійності його функціонування. У випадку використання високовольтного електродвигуна у відомому технічному рішенні зберігаються всі недоліки, зумовлені необхідністю використання високовольтних перетворювачів частоти.

Найбільш близьким за сукупністю суттєвих ознак до пропонованого рішення є електропривід змінного струму, який містить двигун змінного струму (n-фазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором) з секціонованою статорною обмоткою, перетворювачі частоти, виконані кожний по мостовій схемі з одним силовим ключем у плечі і підключені до відповідних секцій статорної обмотки, та систему керування перетворювачами частоти. Статорна обмотка двигуна складається з n електрично з'єднаних фазних обмоток, кожна з яких виконана у вигляді ізольованих секцій за кількістю m фаз живильної мережі, причому кількість секцій дорівнює добутку кількості фаз двигуна і кількості фаз живильної мережі - n m. Система керування перетворювачами містить фазозсувні вузли за кількістю перетворювачів частоти, а також спільні для всіх перетворювачів частоти блок задання, формувач фазних гармонійних функцій, блок порівняння, тахогенератор і перетворювач аналог-частота. Керувальні кола кожного перетворювача частоти з'єднані з виходами відповідного фазозсувного вузла через вузол розв'язки. Кожний з фазозсувних вузлів виконаний по двоканальній схемі і в кожному каналі містить генератор розгортальної напруги, компаратор, двохходовий елемент, "виключач-АБО", а другий канал додатково містить суматор [патент Російської Федерації №2089033 від 12.06.89, МПК⁶ H02P 7/42]

Надійність функціонування прототипу, як і вищезгаданих аналогів, недостатня через ускладнення системи керування перетворювачами частоти (введення фазозсувних вузлів за кількістю перетворювачів частоти) і можливість порушення працездатності електропривода у випадку виходу з дії перетворювача частоти, оскільки фазні гілки статорної обмотки електродвигуна секціоновані.

Завданням винаходу є створення електропривода змінного струму великої потужності, в якому за рахунок нового виконання секцій статорної обмотки електродвигуна і спрощення системи керування перетворювачами частоти забезпечено підвищення надійності його функціонування.

Для вирішення поставленого завдання в електроприводі змінного струму, який містить двигун змінного струму з секціонованою статорною обмоткою, перетворювачі частоти, виконані кожний по схемі з одним силовим ключем у плечі і підключені до відповідних секцій статорної обмотки, та систему керування, згідно з винаходом, кожна секція статорної обмотки складається з електрично з'єднаних фазних гілок за кількістю фаз двигуна змінного струму, а кількість секцій статорної обмотки дорівнює цілому числу відношення номінальної потужності двигуна змінного струму до вихідної потужності перетворювача частоти. Система керування перетворювачами частоти містить контролер і приймачі сигналів керування за кількістю перетворювачів частоти, при цьому керувальні входи

однойменних силових ключів усіх перетворювачів частоти через відповідні приймачі сигналів керування підключені до одного виходу контролера

Фазні пилки кожної секції статорної обмотки можуть бути з'єднані зіркою або трикутником

Кожний перетворювач частоти може бути виконаний у вигляді інвертора напруги або безпосереднього перетворювача частоти з природною комутацією, або безпосереднього перетворювача частоти з штучною комутацією

Електропривід змінного струму, виконаний згідно з пропонуваним винаходом, це потужний привід з високою надійністю функціонування, оскільки секції статорної обмотки електродвигуна виконані багатофазними (вони складаються з електрично з'єднаних фазних пліток за кількістю фаз електродвигуна), на відміну від прототипу, в якому секції - це ізольовані ділянки фазних обмоток, а керувальні входи однойменних силових ключів усіх перетворювачів частоти через відповідні приймачі сигналів керування підключені до одного виходу контролера. При цьому перетворювачі частоти подають до однойменних фазних пліток всіх секцій статорної обмотки електродвигуна ідентичні за величиною напруги в одні й ті самі моменти часу та при сумісній роботі відтворюють для статорної обмотки режим роботи цілої, не секціонованої обмотки. Пропонуваний електропривід змінного струму зберігає працездатність навіть у випадку пробою силового ключа, оскільки при відключенні одного з перетворювачів частоти з роботи виключається відповідна багатофазна секція статорної обмотки, а електродвигун продовжує працювати в нормальному режимі, на відміну від прототипу, в якому в аналогічній ситуації відключається фаза статорної обмотки. Ця умова зберігається при з'єднанні фазних пліток зіркою або трикутником, а також у разі виконання перетворювача частоти по схемі інвертора напруги, безпосереднього перетворювача частоти з природною комутацією або безпосереднього перетворювача частоти з штучною комутацією

У пропонуваному електроприводі суттєво спрощена система керування перетворювачами частоти, оскільки немає необхідності використання спеціальних вузлів формування фазних струмів, таких як фазозсувні вузли в прототипі, а кількість і потужність окремих перетворювачів частоти оптимально відповідають потужності двигуна змінного струму

Додатковою перевагою пропонуваного винаходу є можливість використання як низьковольтних, так і високовольтних електродвигунів, а також уніфікованих низьковольтних перетворювачів частоти при створенні потужних електроприводів змінного струму. Причому у випадку використання високовольтних електродвигунів забезпечена висока надійність електродвигуна, оскільки секції з високовольтною ізоляцією працюють при низьких напругах

Суть винаходу пояснюється кресленням, де подано функціональну схему електропривода змінного струму для випадку з'єднання фазних пліток секції статорної обмотки зіркою і використання перетворювача частоти у вигляді інвертора напруги

Електропривід змінного струму містить двигун 1 змінного струму, перетворювачі 2 частоти і систему 3 керування перетворювачами 2 частоти

Двигун 1 змінного струму, наприклад, асинхронний двигун з короткозамкненим ротором номінальною потужністю $P_{\text{ном}} = 1000 \text{кВА}$, має секціоновану статорну обмотку, виконану у вигляді ізольованих ідентичних секцій 4

Кожна секція 4 виконана багатофазною, наприклад, трифазною, і складається з електрично з'єднаних фазних пліток за кількістю фаз двигуна 1, наприклад, трьох фазних пліток

Фазні пилки кожної секції 4 можуть бути з'єднані зіркою. Кожна секція 4 підключена до відповідного перетворювача 2 частоти

Перетворювачі 2 частоти виконані по схемі з одним силовим ключем 5 в плечі у вигляді інвертора напруги. Як силові ключі 5 використані, наприклад, тиристори. Вихідна потужність перетворювача 2 частоти, наприклад, $P_{\text{вих}} = 50 \text{кВА}$

Кількість секцій 4 статорної обмотки електродвигуна дорівнює цілому числу відношення номінальної потужності двигуна 1 до вихідної потужності перетворювача 2 частоти, тобто при $P_{\text{ном}} = 1000 \text{кВА}$ і $P_{\text{вих}} = 50 \text{кВА}$ $n = P_{\text{ном}}/P_{\text{вих}} = 20$ секцій 4

Система 3 керування перетворювачами 2 частоти містить контролер 6 і, за кількістю перетворювачів 2 частоти, приймачі 7 сигналів керування, а також не показані на кресленні вузли струмового і температурного захисту, блоки діагностики та захисту, датчики фазних струмів і напруги

Керувальні входи 8 - 13 однойменних силових ключів 5 всіх перетворювачів 2 частоти, через відповідні перетворювачу 2 приймач 7 сигналів керування підключені до одного виходу 14 - 19 контролера 6, виконаного, наприклад, на основі мікропроцесора. Кожний з приймачів 7 сигналів керування містить, наприклад, драйвери (на кресленні не показані) силових ключів 5 за кількістю силових ключів 5. Кожний драйвер силового ключа 5 може виконувати функції захисту силових ключів 5 від струмів короткого замикання і фіксування вимкненого стану силового ключа 5 до приходу сигналу скидання захисту

Електропривід змінного струму працює таким чином. Контролер 6 генерує імпульси керування для силових ключів 5 кожного з перетворювачів 2 частоти і передає їх на приймач 7 сигналів керування і далі через драйвери силових ключів 5 на керувальні входи 8 - 13 силових ключів 5. На керувальні входи 8 - 13 однойменних силових ключів 5 всіх перетворювачів 2 частоти імпульси керування подаються одночасно

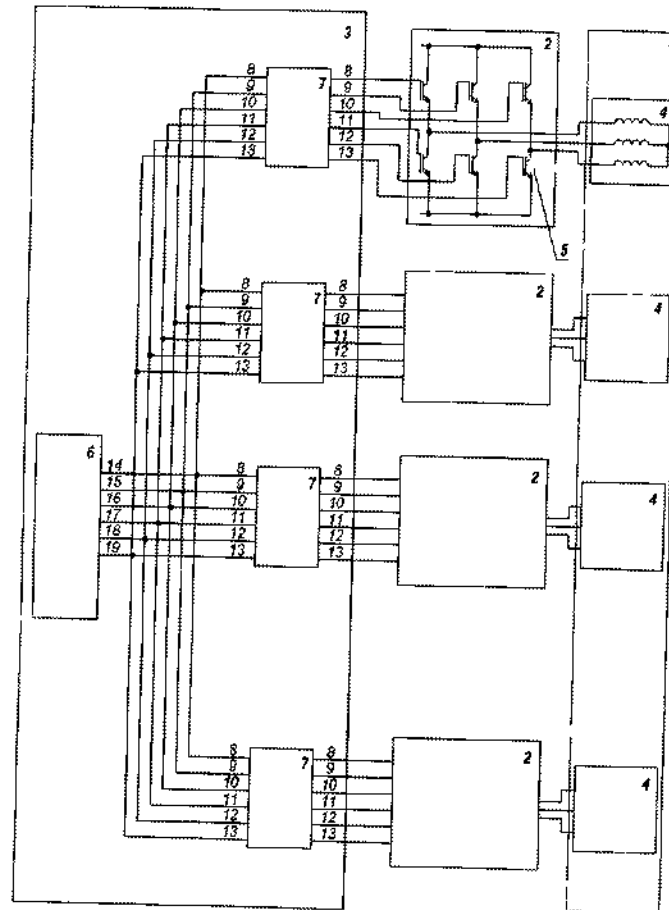
Перетворювачі 2 частоти живлять відповідні ім секції 4 статорної обмотки, наприклад, двадцять секцій 4, ідентичними за величиною напругами в одні й ті самі моменти часу і, отже, при сумісній роботі відтворюють для статорної обмотки електродвигуна 1 режим роботи цілої, не секціонованої обмотки. Ця умова зберігається в разі з'єднання фазних пліток як зіркою, так і трикутником, а також в разі виконання перетворювача 2 частоти по схемі або інвертора напруги, або безпосереднього перетворювача частоти з природною комутацією, або безпосереднього перетворювача частоти з штучною комутацією

Від кожного приймача 7 сигналів керування на контролер 6 передаються сигнали захисту від короткого замикання, максимального струмового захисту, температурного захисту, фазних струмів і напруги тощо

Контролер 6 задає рівень максимального струмового захисту, що встановлюється по миттєвому значенню максимально припустимого вихідного струму перетворювача 2 частоти, і корегує роботу кожного перетворювача 2 частоти за допо-

могою цифрових алгоритмів обробки сигналів

Контролер 6 також перевіряє правильність функціонування електропривода згідно з сигналами вузлів струмового температурного захисту (на кресленні не показані). При надходженні сигналу захисту контролер 6 приймає рішення щодо відключення перетворювача 2 частоти та продовження роботи електропривода і подає відповідні сигнали на входи приймачів 7 сигналів керування



Фіг.