



УКРАЇНА

(19) UA (11) 58984 (13) A

(51) 7 H02H9/02

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

(54) СТРУМООБМЕЖУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

1

2

(21) 2002129611

(22) 02 12 2002

(24) 15 08 2003

(46) 15 08 2003, Бюл. № 8, 2003 р.

(72) Беспалов Леонід Сергійович, Метельський Володимир Петрович, Машкін В'ячеслав Олександрович, Савельєв Василь Григорович, Яримбаш Сергій Тимофійович

(73) ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Струмообмежуючий пристрій, що містить напівпровідникові ключі, блок керування і електричний реактор, який містить магнітопровід і геометрично суміщені обмотки робочої і керування, розміщених на стрижнях магнітопроводу, який відрізняється тим, що пристрій містить електричний реактор з робочими обмотками на стрижнях магнітопроводу, шунтуючі елементи, увімкнені паралельно робочим обмоткам, які містять напівпровідникові ключі, керовані блоком керування

Винахід відноситься до галузі електротехніки та енергетики і може бути використаний в електричних мережах низької напруги від захисту струмів короткого замикання.

Відомий керований струмообмежуючий пристрій Авторське свідоцтво копішнього СРСР [№ 505080 МКл² Н 02 Н 9/02, опубліковано в БІ № 8, 1976 р.] електричний реактор з розщепленими стержнями магнітопроводу, обмотки керування на кожному розщепленому стержні силові (робочі) обмотки реактора, які охоплюють весь розщеплений стержень на кожній фазі. Обмотки керування кожної фази з'єднані погоджено-паралельно з силовою обмоткою реактора і підімкнені до електричної мережі за допомогою керованих напівпровідникових ключів.

У номінальному режимі, при відсутності в електричній мережі короткого замикання, обмотки управління здійснюють підмагнічення постійним струмом усіх стержнів магнітопроводу, що сприяє зниженню індуктивного опору реактора і падінню напруги в ньому. У разі виникнення короткого замикання в електричній мережі обмотки керування від'єднуються від мережі керованими напівпровідниковими ключами, силові обмотки реактора, в такому випадку, залишаються увімкненими в мережу, індуктивний опір реактора зростає і обмежує струм короткого замикання. В цьому полягає принцип дії струмообмежуючого пристрою згідно з описом авторського свідоцтва.

Розгляд матеріалів авторського свідоцтва свідчить, що принцип дії струмообмежуючого при-

строю інший. Розглянемо схему з'єднання обмоток керування.

Початки обмоток з'єднані між собою й увімкнені в електричну мережу, а кінці обмоток з'єднуються за допомогою двох керованих напівпровідникових ключів, з'єднаних послідовно-погоджено, увімкнення в електричну мережу виконано на дільниці між ключами. За такої схеми з'єднання струм електричної мережі проходить тільки по одній із обмоток керування і за формою буде наполовину випрямлений. Матиме місце підмагнічення пульсуючим струмом тільки половини розщепленого стержня магнітопроводу на кожній фазі.

З іншого боку, з'єднані за цією схемою обмотки керування, в разі відкритих напівпровідникових ключів, будуть зашунтовані ключами, що автоматично призводить до виникнення короткозамкнутого контуру, який охоплює повністю розщеплений стержень магнітопроводу на кожній фазі. Беручи до уваги, що магнітний потік силових обмоток реактора в часі змінний і проходить по розщеплених стержнях магнітопроводу, то в короткозамкнених контурах він буде наводити електрорушійну силу і струм, який створить протилежний магнітний потік. Цей потік буде пульсуючим з напрямком, протилежним напрямку пульсуючого магнітного потоку підмагнічення, який створюється струмом електромережі однією обмоткою управління.

Очевидно, що має місце суперпозиція магнітних потоків від силових обмоток реактора, однієї обмотки керування і короткозамкнутого контура. Якісно, можливий висновок, що в підсумку магніт-

(13) A

(11) 58984

(19) UA

ний потік силової обмотки реактора переважає, він умовно зменшиться на різницю магнітних потоків короткозамкнутого контура і однієї з обмоток керування

З викладеного вище випливає висновок в номінальному режимі роботи реактора його магнітна система не підмагнічується, а, навпаки, розмагнічується, від стану розмагнічення магнітопровода залежить величина падіння напруги на реакторі при зростанні розмагнічення падіння напруги зменшується і навпаки. Необхідно зазначити, що в стані розмагнічення магнітної системи в реакторі значно зростає рівень втрат електроенергії, з'являються небезпечні нагриви. Більш близьким до можливого винаходу за технічною сутністю і досягнутим результатом є струмообмежуючий пристрій за авторським свідоцтвом СРСР № 913516МКл³ Н 02 Н 9/02, опубліковано в БІ № 10, 1982р.

Конструкція струмообмежуючого пристрою складається з напівпровідникових ключів, блоку керування і електричного реактора, що має магнітопровід, робочі обмотки і обмотки керування.

В номінальному режимі роботи, коли в електричній мережі відсутній процес короткого замикання, електричний реактор буде мати малий опір, що дорівнює активній складовій опору, реактивна (індуктивна) складова опору, завдяки повній компенсації магнітних потоків обмоток робочої і керування, практично зникає. Таким чином, в номінальному режимі роботи електричний реактор має малий опір і відповідне мале падіння напруги, що є однією із позитивних відмінностей цього струмообмежуючого пристрою.

В момент виникнення короткого замикання в електричній мережі під впливом зворотнього зв'язку по напрузі блок керування виконує комутацію напівпровідникових ключів, в результаті чого обмотки керування розмикаються і відбувається процес розкомпенсації магнітних потоків обмоток робочої і керування з однаковою швидкістю — зникає магнітний потік обмоток керування і одночасно зростає магнітний потік робочих обмоток. Швидкість цього процесу визначається часом комутації напівпровідникових ключів. З появою магнітного потоку робочої обмотки реактора швидко зростає реактивна (індуктивна) складова опору реактора, що сприяє ефективному обмеженню струму короткого замикання.

Вище наведено опис конструкції і принципу дії струмообмежуючого пристрою, його позитивні особливості і відмінності. Проте необхідно зазначити, що даний струмообмежуючий пристрій має недоліки конструктивного і економічного характеру: велику технологічну складність і трудомісткість виготовлення обмоток робочої і керування, підвищені витрати активних матеріалів (електротехнічна сталь, провідники), велику собівартість виробництва.

Розглянемо перелічені недоліки. Підвищені витрати активних матеріалів мають місце в разі реалізації процесу компенсації магнітних потоків обмоток робочої і керування. Повна компенсація магнітних потоків обмоток можлива в разі виконання таких умов: геометричного суміщення обмоток, рівності чисел витків обмоток і рівності

струмів, що протікають по обмотках. Геометричне суміщення обмоток передбачає виконання транспозиції провідників обмоток робочої і керування в процесі намотки, у цьому випадку необхідно виконувати, як найбільш досконалу, рівномірно-розподілену транспозицію, яка одночасно урівнює і довжину провідників обмоток. Рівномірно-розподілена транспозиція провідників обмоток в реальному виробництві найбільш трудомістка, тому що у разі намотки потребує безперервного виконання перекладання провідників обмотки між собою.

Виконання умови рівності струмів в обмотках робочої і керування можливе, якщо обмотки матимуть однакову довжину і поперечний переріз провідників. Однакова довжина провідників обмоток забезпечується за умови виконання досконалої транспозиції, а рівні поперечні перерізи провідників в обмотках робочої і керування повинні виконуватись примусово. Таким чином, обмотки реактора - робоча і керування - за конструкцією і розмірами повинні бути однаковими. Функціонально, обмотка керування в момент виникнення короткого замикання вимикається, робоча обмотка залишається увімкненою в електричну мережу постійно, тому поперечний переріз провідників робочої обмотки повинен бути збільшеним з урахуванням величини струмів короткого замикання. Для обмотки керування такої необхідності немає, але, виходячи з виконання умов компенсації магнітних потоків, доводиться урівнювати поперечні перерізи провідників в обмотках, що призводить до неекономічного використання провідникових матеріалів в обмотках реактора.

Нааявність в електричному реакторі на кожній фазі двох геометрично суміщених обмоток з однаковими розмірами призводить до суттєвого збільшення вікна магнітопровода і, відповідно, маси електротехнічної сталі в магнітопроводі, що також є неекономічним використанням активного матеріалу. З метою зниження матеріаломісткості, підвищення економічної ефективності використання активних матеріалів в конструкції електричного реактора, зниження трудомісткості виготовлення і виробничої собівартості, пропонується нова конструкція струмообмежуючого пристрою.

В основу винаходу поставлено завдання удосконалення конструкції і принципу дії струмообмежуючого пристрою, що забезпечує високий рівень технологічності виробу - максимально спрощується конструкція електричного реактора, знижується до мінімуму матеріаломісткість, трудомісткість і собівартість виготовлення, підвищується працездатність і експлуатаційна надійність пристрою.

Запропонований струмообмежуючий пристрій складається (Фіг 1) з таких елементів: шунтуючий елемент (1) у вигляді керованих напівпровідникових ключів, блок керування (2) - із зворотнім зв'язком за напругою, електричний реактор (3), що складається з магнітопровода (4) і робочих обмоток (5).

Спільні з прототипом ознаки: електричний реактор (3), що складається з магнітопровода (4) і робочих обмоток (5), напівпровідникові ключі, блок керування (2) зі зворотнім зв'язком за напругою.

Відмінні ознаки електричний реактор (3) не містить обмоток керування, напівпровідникові ключі включені паралельно робочим обмоткам (5) електричного реактора (3) і виконують функцію керованого шунтуючого елемента (1)

Принцип дії запропонованого струмообмежуючого пристрою

Електричний реактор (3) паралельно вмикається на шунтуючий елемент (1), одночасно послідовно - вмикається розсічення електричної мережі, блок керування (2) зі зворотнім зв'язком за напругою, вмикається паралельно навантаженню в електричній мережі. В номінальному режимі, коли в електричній мережі відсутнє коротке замикання, електричний реактор (3), в електричному відношенні, закорочується шунтуючим елементом (1) напівпровідниковими ключами, які знаходяться у відкритому стані і проводять змінний струм електричної мережі.

Шунтуючий елемент (1) у разі відкритих напівпровідникових ключів має малий електричний опір змінному струму, тому через нього проходить струм, приблизно рівний номінальному струму електричної мережі. Через електричний реактор (3) при цьому буде проходити надто малий змінний струм, величина якого пропорційна співвідношенню опорів шунтуючого елемента (1) до опору електричного реактора (3) тому падіння напруги на електричному реакторі буде не суттєвим.

Незначне падіння напруги в номінальному режимі роботи дорівнює падінню напруги на шунтуючому елементі (1) і практично не впливає на стан електричної мережі.

У разі виникнення короткого замикання в електричній мережі, за допомогою зворотнього зв'язку за напругою, спрацює блок керування (2) і закриє напівпровідникові ключі шунтуючого елемента (1). В електричному відношенні це відповідає зменшенню струму через шунтуючий елемент (1) до нуля, автоматичному включенню електричного реактора (3) в електричну мережу і достатньому обмеженню струму короткого замикання. Увімкнення електричного реактора (3) в мережу в часі обмежене тривалістю процесу комутації (закриття) напівпровідникових ключів шунтуючого елемента (1).

В прототипі, по суті, роль шунтуючого елемента (1) відносно робочих обмоток електричного реактора (3) виконують обмотки керування з напівпровідниковими ключами, включеними між робочими обмотками (5) електричного реактора (3) і обмотками керування. Напівпровідникові ключі виконують комутацію обмоток керування, в результаті чого відбувається комутація магнітних потоків обмоток (робочих і керування) електричного реактора (3). Електричний реактор (3) при цьому переходить зі стану з мінімальним електричним опором в номінальному режимі в стан з максимальним електричним опором при короткому замиканні.

В прототипі, як зазначалося вище, для одержання цілковитої компетенції магнітних потоків обмоток (робочих і керування) необхідно виконати основну технічну умову - геометричне суміщення обмоток (робочих і керування), що допускає повну ідентичність обмоток як за розмірами, так і за розміщенням у просторі. Виконання цієї умови пов'язано з рядом технічних труднощів, а також з суттєвими витратами провідникових матеріалів.

В запропонованому струмообмежуючому пристрої перехід електричного реактора (3) в стан з мінімальним електричним опором і, навпаки, - в стан з максимальним електричним опором, відбувається шляхом шунтування електричного реактора (3) (робочих обмоток (5)), керованим шунтуючим елементом (1) у вигляді напівпровідникових ключів з малим електричним опором у відкритому стані і великим електричним опором у закритому стані.

Таким чином, використовуючи напівпровідникові ключі як керовані шунтуючі елементи (1), випливають обмотки управління, дякуючи чому спрощується конструкція, зменшується матеріаломісткість, знижується трудомісткість і виробнича собівартість, підвищується працездатність і експлуатаційна надійність струмообмежуючого пристрою.

Аналіз роботи струмообмежуючого пристрою показує, що електричний реактор (3) обмежує струм короткого замикання в середньому за половину періоду, кратність обмеження струму в цьому проміжку часу становить від 3 до 5 разів.



