



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 158455

(13) U

(51) МПК

G05F 1/20 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 01379	(72) Винахідник(и): Хілов Віктор Сергійович (UA), Рухлов Артем Володимирович (UA), Койфман Олексій Олександрович (UA), Сніговий Дмитро Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 15.03.2024	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.02.2025	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.02.2025, Бюл.№ 7	(73) Володілець (володільці): ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА", шосе Південне, буд. 80, м. Запоріжжя, Запорізька обл., 69008 (UA)
	(74) Представник: Кухар Володимир Валентинович

(54) ПРИСТРІЙ ПЛАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІНДУКТИВНОСТІ

(57) Реферат:

Пристрій плавного регулювання індуктивності електричного кола містить індуктивну котушку з керованим ключем, датчик контролю параметра магнітної енергії, блоки синусоїдальних імпульсів, прецизійного випрямляча, порівняння, прямокутних імпульсів. Індуктивна котушка і керуючий ключ ввімкнені послідовно, перший вхід блока порівняння з'єднано з датчиком контролю параметра магнітної енергії через блоки синусоїдальних імпульсів і прецизійного випрямляча, другий вхід блока порівняння з'єднано з блоком керування, вихід блока порівняння приєднано до керуючого входу керованого ключа через блок прямокутних імпульсів. Паралельно до керованого ключа ввімкнено коло з послідовним з'єднанням активного опору та ємністю.

UA 158455 U

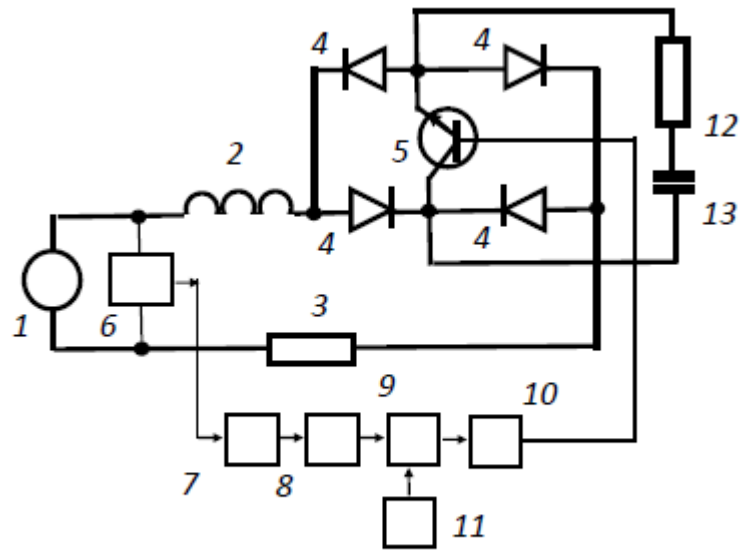


Fig. 1

Корисна модель належить до електротехніки, мехатроніки та електроенергетики та може бути використана в установках, де потрібне застосування індуктивності з плавною зміною її величини.

Відомий пристрій плавного регулювання індуктивності за патентом РФ 2275673 [аналог, опубліковано 27.04.2006, дата подачі 2005-02-15], що містить індуктивну котушку з керованим ключем, датчик контролю параметра магнітної енергії з'єднаний з першим входом системи управління, другий вхід якої приєднаний до блока завдання сигналу, вихід системи управління під'єднаний до керуючого входу ключа. Пристрій реалізує широтно-імпульсний спосіб плавного регулювання індуктивності електричного кола, що включає генерування потоку енергії індуктивною котушкою, контроль параметра потоку з подальшим його керуванням, при цьому за рахунок зміни шпаруватості спрацювання ключа змінюється еквівалентне значення індуктивності контуру.

Проте широтно-імпульсний спосіб має недолік - крива струму суттєво несинусоїдальна і тому містить синусні, косинусні парні й непарні гармоніки ряду Фур'є. Несинусоїдальність струму пояснюється впливом високочастотної складовою за рахунок спрацювання широтно-імпульсного модулятора. Поява вищих гармонік струму в мережі живлення негативно впливає на інші споживачі, що живляться від загальної мережі, так як погіршуються техніко-економічні показники, а саме коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії.

Більш того, такий пристрій є ефективним, якщо частота комутації ключа у багато разів (на кілька порядків) перевищує частоту напруги живлення. Однак збільшення частоти комутації призводить до зростання динамічних втрат в керованих ключах. Потік магнітної енергії може змінюватись тільки плавно та безперервно без стрибків. Тому при комутації ключа з великою частотою виникають швидкі зміни потоку магнітної енергії, що призводять до викидів напруги як при замиканні, так і при розмиканні ключа. Викиди напруги суттєво перевищують значення напруги живлячої мережі, що у результаті призводить до теплового пробою керованого ключа.

Найближчим аналогом пристрій плавного регулювання індуктивності за патентом на корисну модель UA 151630 [аналог, опубліковано 25.08.2022, дата подачі 2021-10-11], що містить індуктивну котушку з керованим ключем, датчик контролю параметра магнітної енергії, блоки синусоїдальних імпульсів, прецизійного випрямляча, порівняння, прямокутних імпульсів, причому індуктивна котушка і керований ключ ввімкнені послідовно, перший вхід блока порівняння з'єднано з датчиком контролю параметра магнітної енергії через блоки синусоїдальних імпульсів і прецизійного випрямляча, другий вхід блока порівняння з'єднано з блоком керування, вихід блока порівняння приєднано до керуючого входу керованого ключа через блок прямокутних імпульсів.

Недоліком такого пристрою є те, що розмикання керованого ключа за наявності струму у контурі з індуктивністю призводить до появи значних комутаційних перенапруг як на самому керованому ключі, так і на котушці індуктивності у момент спрацювання ключа. Такі кидки напруги з високою швидкістю зміни прискорюють старіння ізоляції індуктивною котушки, і, як наслідок, її пробою та пошкодженню напівпровідникових приладів керованого ключа, що суттєво знижує експлуатаційну надійність всього пристрою.

При розмиканні керованого ключа за наявності струму в котушці індуктивності накопичена енергія магнітного поля котушки генерує електрорушійну силу самоіндукції, яка підтримує струм і потокозчеплення котушки, що були безпосередньо перед розмиканням керованого ключа. Це призводить до появи зворотного струму через керований ключ. Опір зворотному струму розімкненого керованого ключа значний, тому добуток струму безпосередньо перед розмиканням керованого ключа на значний опір зворотному струму розімкненого керованого ключа складає значну величину, яка перебільшує напругу живлення у декілька десятків раз, що призводить до теплового пробою напівпровідникового переходу розімкненого керованого ключа.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого пристрою плавного регулювання індуктивності, в якому введенням нових конструктивних елементів та їх зв'язків досягається можливість усунення комутаційних перенапруг, що є основою підвищення надійності роботи пристроїв електротехніки, мехатроніки та електроенергетики.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої плавного регулювання індуктивності електричного кола, що містить індуктивну котушку з керованим ключем, датчик контролю параметра магнітної енергії, блоки синусоїдальних імпульсів, прецизійного випрямляча, порівняння, прямокутних імпульсів, причому індуктивна котушка і керуючий ключ ввімкнені послідовно, перший вхід блока порівняння з'єднано з датчиком контролю параметра магнітної енергії через блоки синусоїдальних імпульсів і прецизійного випрямляча, другий вхід блока порівняння з'єднано з блоком керування, вихід блока порівняння приєднано до керуючого входу керованого ключа через блок прямокутних імпульсів, згідно з корисною моделлю, паралельно

до керованого ключа ввімкнено коло з послідовним з'єднанням активного опору та ємністю.

Суть корисної моделі пояснюють креслення, на яких зображено: на фіг. 1 - схема пристрою; на фіг. 2 - часові діаграми сигналів, що діють в схемі пристрою фіг. 1.

На фіг. 1 позначено: 1 - джерело напруги; 2 - індуктивна котушка; 3 - активний опір навантаження; 4 - чотириплечий діодний міст; 5 - керований ключ; 6 - датчик контролю параметра магнітної енергії; 7 - блок синусоїдальних імпульсів; 8 - прецензійний випрямляч; 9 - блок порівняння; 10 - блок прямокутних імпульсів; 11 - блок завдання; 12 - активний опір; 13 - ємність.

На фіг. 2 позначено: а - викиди напруги на керованому ключі за патентом на корисну модель UA 151630; b - викиди напруги на керованому ключі за пропонованим пристроєм регулювання індуктивності; с - струм контуру навантаження.

Індуктивна котушка 2, діагональ змінного струму чотириплечого діодного моста 4, керований ключ 5, навантаження 6 вмикаються послідовно на напругу джерела живлення 1 та утворюють контур навантаження. В діагональ постійного струму чотириплечого моста 4 вмикається однополярний напівпровідниковий керований ключ 5 виконаний на транзисторі 5. Мережеві виводи датчика контролю параметра магнітної енергії 6 приєднані до джерела живлячої мережі 1. Сигнальний вихід датчика контролю параметра магнітної енергії 6 з'єднаний з першим входом блока порівняння 9 через блок синусоїдальних імпульсів 7 і прецензійного випрямляча 8. Другий вхід блока порівняння 9 з'єднаний з виходом блока завдання 11. Вихідний сигнал з блока порівняння 9 через блок прямокутних імпульсів 10 під'єднано до керуючого входу керованого ключа 5. Послідовно з'єднані активний опір 12 і ємність 13 під'єднані паралельно до керованого ключа 5.

Попередньо формують блоком завдання 11 керуючий сигнал на величину струму магнітного потоку індуктивної котушки. Вимірюють миттєве значення сигналу напруги мережі шляхом подачі синусоїдальної напруги мережі живлення 1 на вхід датчика контролю параметра магнітної енергії 6, яке вимірюється датчиком. Виміряний сигнал з датчика 6 в блоці синусоїдальних імпульсів 7 перетворюється у сигнал, який збігається за фазою з синусоїдальним струмом кола навантаження.

Сформований вихідний сигнал з виходу 7 надходить на вхід прецизійного випрямляча 8. Вихідний сигнал блока 8 являє собою пульсуючий знакопостійний сигнал. Цей низькочастотний сигнал подається на перший вхід блока порівняння 9. На другий вхід блока 9 подається модулюючий сигнал, пропорційний заданому значенню струму контуру навантаження u_c із блока завдання 11. У блоці 9 порівнюють значення сигналів керуючого (модулюючого u_c) з абсолютною величиною миттєвого значення змінного струму (низькочастотного пульсуючого знакопостійного сигналу).

У блоці 9 реалізується наступна логіка роботи: якщо значення сигналу абсолютної величини миттєвого значення змінного струму менше заданого сигналу, то на виході блока 9 сигнал дорівнює нулю, в іншому випадку, якщо сигнал на першому вході блока 9 перевищує сигнал на другому вході - на виході 9 формується додатний імпульс, який в блоці прямокутних імпульсів 10 перетворюється у сигнал управління керованим ключем 5. Прямокутні імпульси з виходу блока 9 синхронізовані з напругою мережі і струмом контуру навантаження. Додатні імпульси із зміщенням в часі, яке визначається сигналом u_c , замикають керований ключ 5, а нульові значення сигналу на виході блока 9 призводять до розмикання керованого ключа 5.

При протіканні струму керований ключ 5 замкнений - він шунтує коло з послідовним з'єднанням активного опору 12 та ємністю 13. Ємність 13 розряджена.

При розмиканні керованого ключа 5 за наявності струму в котушці індуктивності накопичена енергія магнітного поля котушки генерує електрорушійну силу самоіндукції, яка підтримує струм і потікочеплення котушки, які були безпосередньо перед розмиканням керованого ключа. Це призводить до появи зворотного струму вже не через розімкнений керований ключ 5, а через коло з послідовним з'єднанням активного опору 12 та ємністю 13. В момент розмикання керованого ключа 5 опір розрядженої ємності дорівнює нулю, тому спад напруги визначається добутком струму безпосередньо перед розмиканням керованого ключа на незначний опір 12 ввімкненого паралельно ключу 5, який складає незначну величину від напруги живлення (фіг. 2, b), що призводить до збільшення часу напрацювання на відмову керованого ключа.

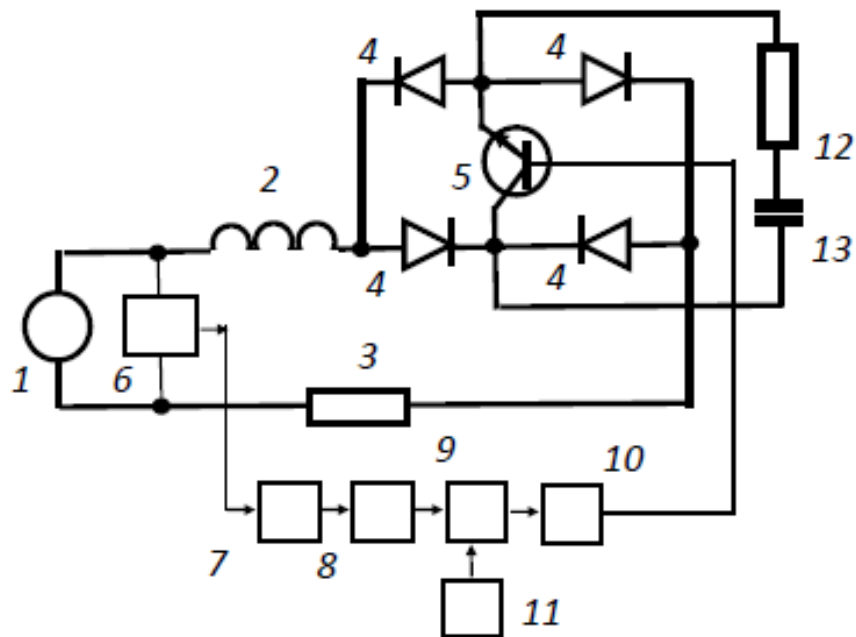
Осцилограми спадів напруг на керованому ключі 5 в пристрої, що заявляється (фіг. 2, b - ввімкнено коло з послідовним з'єднанням активного опору 12 та ємністю 13), і за патентом на корисну модель UA 151630 (фіг. 2, a - без кола з послідовним з'єднанням активного опору 12 та ємністю 13) демонструють отримання ефекту значного зниження перенапруг від 6 кВ до 150 В.

Плавне регулювання індуктивності широко застосовується для практичного вирішення багатьох важливих прикладних задач електротехніки, мехатроніки та електроенергетики.

- Наприклад, при необхідності забезпечити рівномірний розподіл навантаження у паралельно працюючих електромашинних джерелах живлення або для симетризування напруг багатозначних джерел живлення в автономній електроенергетиці, а також для забезпечення рівномірного завантаження нерегульованих електродвигунів, працюючих на загальний вал; з метою покращити пускові характеристики асинхронних двигунів; забезпечити компенсацію ємнісних струмів у кабельних лініях електропостачання тощо.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 10 Пристрій плавного регулювання індуктивності електричного кола, що містить індуктивну котушку з керованим ключем, датчик контролю параметра магнітної енергії, блоки синусоїдальних імпульсів, прецизійного випрямляча, порівняння, прямокутних імпульсів, причому індуктивна котушка і керуючий ключ ввімкнені послідовно, перший вхід блока порівняння з'єднано з датчиком контролю параметра магнітної енергії через блоки синусоїдальних імпульсів і прецизійного випрямляча, другий вхід блока порівняння з'єднано з блоком керування, вихід блока порівняння приєднано до керуючого входу керованого ключа через блок прямокутних імпульсів, який **відрізняється** тим, що паралельно до керованого ключа ввімкнено коло з послідовним з'єднанням активного опору та ємністю.



Фіг. 1

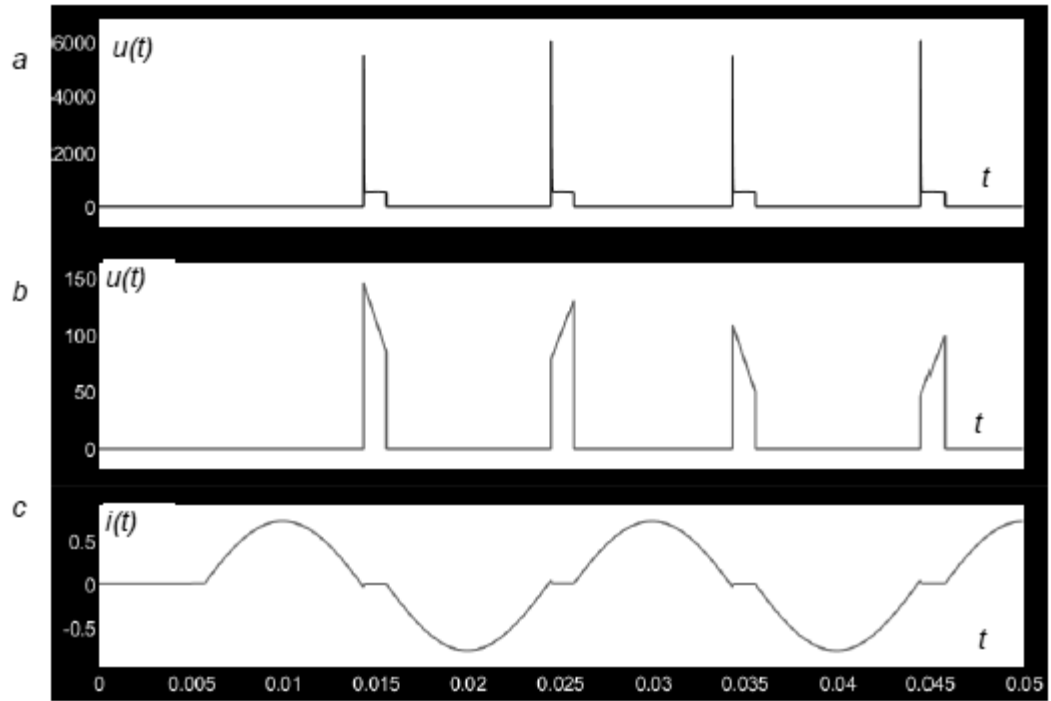


Fig. 2