



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106367

(13) U

(51) МПК

G05F 1/70 (2006.01)

H02M 7/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

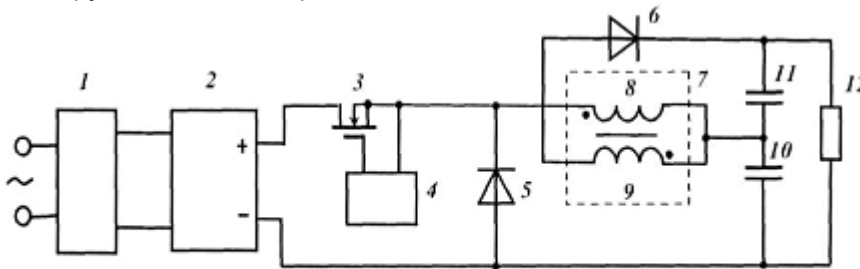
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 10126	(72) Винахідник(и): Лупенко Анатолій Миколайович (UA), Паламар Михайло Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.10.2015	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.04.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2016, Бюл.№ 8	

(54) КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

(57) Реферат:

Коректор коефіцієнта потужності містить фільтр, випрямляч, транзистор, перший діод, перший конденсатор, опір навантаження та блок керування, перший вихід якого підключено до затвора транзистора, а другий вихід - до катода першого діода та витoku транзистора, стік якого під'єднано до додатної шини випрямляча, який через фільтр під'єднано до промислової мережі, а до від'ємної шини випрямляча підключено анод першого діода та перші виводи опору навантаження та першого конденсатора. Додатково оснащений другим діодом, другим конденсатором та двообмотковим дроселем, початок першої обмотки якого під'єднано до катода першого діода, а її кінець - до початку другої обмотки дроселя, другого виводу першого конденсатора та першого виводу другого конденсатора, при цьому кінець другої обмотки дроселя підключено до анода другого діода, катод якого з'єднано з другими виводами опору навантаження та другого конденсатора.



Фіг. 1

UA 106367 U

Корисна модель належить до електротехнічної галузі, а саме, до області силової електроніки, і може бути використана у вторинних джерелах живлення.

Відомий коректор коефіцієнта потужності (в подальшому - коректор), який призначений для підвищення коефіцієнта потужності в процесі перетворення енергії змінного струму промислової частоти з діапазоном напруг універсальної мережі (90-264 В) в енергію постійної напруги для живлення різноманітних навантажень. Він містить високочастотний фільтр, мостовий випрямляч, підвищувальний перетворювач постійної напруги та блок керування (див. L. Huber, M.M. Jovanovic "Design-Oriented Analysis and Performance Evaluation of Clamped-Current-Boost Input-Current Shaper for Universal-Input-Voltage Range" // IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 13, No. 3, 1998, pp. 528÷537).

Даному коректору притаманні наступні недоліки: 1) вихідна напруга такого коректора є відносно високою і завжди більшою від амплітуди напруги мережі (має типове значення 380-400 В), у зв'язку із використанням підвищувального перетворювача постійної напруги, що потребує компонентів з високими робочими напругами;

2) в режимі холостого ходу неконтрольовано зростає вихідна напруга коректора, що виводить його з ладу; тому він потребує додаткового пристрою обмеження напруги, а це збільшує його вартість;

3) при малих напругах мережі (100 В) такий пристрій має на 1-3 % нижчий коефіцієнт корисної дії, ніж при напрузі 220 В, що пов'язано із зростанням вхідного струму пристрою, а отже, зростанням втрат у напівпровідникових компонентах та вхідному фільтрі (див. Design-Oriented Analysis and Performance Evaluation of Buck PFC Front End // IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 25, No. 1, 2010, pp. 85÷94).

Найбільш близьким аналогом є пристрій (Design-Oriented Analysis and Performance Evaluation of Buck PFC Front End // IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 25, No. 1, 2010, pp. 85÷94), який містить фільтр, випрямляч, транзистор, перший діод, перший конденсатор, опір навантаження та блок керування, перший вихід якого підключено до затвора транзистора, а другий вихід - до катода першого діода та витоку транзистора, стік якого під'єднано до додатної шини випрямляча, який через фільтр під'єднано до промислової мережі, а до від'ємної шини випрямляча підключено анод першого діода та перші виводи опору навантаження та першого конденсатора.

Недолік даного пристрою полягає в тому, що забезпечення вимог стандартів щодо якості електроенергії може бути досягнуто лише при малих вихідних напругах коректора, а саме, його вихідна напруга повинна задовольняти співвідношенню:

$$U_0 \leq 0,423 U_{mg}, \quad (1)$$

де U_0 - вихідна напруга коректора, U_{mg} - амплітуда напруги промислової мережі (див.

Лупенко А. Натяга В., Сисак І. Однокаскадний електронний баласт з коректором форми споживаного струму / А. Лупенко, В. Натяга, І. Сисак // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - Тернопіль, 2008. - Т. 13, № 2. - С. 108-115). А це обмежує сферу застосування такого коректора навантаженнями з малими робочими напругами. Крім того, для вихідних напруг коректора, близьких до верхньої межі співвідношення (1), складно забезпечити якість електроенергії при малих напругах промислової мережі.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення коефіцієнта потужності або збільшення вихідної напруги коректора коефіцієнта потужності при забезпеченні вимог стандартів щодо якості електроенергії шляхом побудови коректора коефіцієнта потужності, який містить фільтр, випрямляч, транзистор, перший діод, перший конденсатор, опір навантаження та блок керування, перший вихід якого підключено до затвора транзистора, а другий вихід - до катода першого діода та витоку транзистора, стік якого під'єднано до додатної шини випрямляча, який через фільтр під'єднано до промислової мережі, а до від'ємної шини випрямляча підключено анод першого діода та перші виводи опору навантаження та першого конденсатора, причому коректор коефіцієнта потужності оснащений другим діодом, другим конденсатором та двообмотковим дроселем, початок першої обмотки якого під'єднано до катода першого діода, а її кінець - до початку другої обмотки дроселя, другого виводу першого конденсатора та першого виводу другого конденсатора, при цьому кінець другої обмотки дроселя підключено до анода другого діода, катод якого з'єднано з другими виводами опору навантаження та другого конденсатора.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де на фіг. 1 наведена структурна схема коректора коефіцієнта потужності. На фіг. 2 наведені часові діаграми: $u_{зв}$ - імпульсів напруги затвор-витік транзистора 3, які подаються з блока керування 4; i_{L1} - струму першої обмотки 7

двообмоточного дроселя 9; i_{L2} - струму першої обмотки 8 двообмоточного дроселя 9; u_D - напруги на другому діоді 6. На фіг. 3 наведені часові діаграми: $|u_g(t)|$ - модуля напруги мережі (напруга на виході випрямляча 2); U_0 - вихідної напруги коректора; U_1 - вихідної напруги знижувальної частини коректора; i_g - струму, споживаного коректором від мережі.

5 Коректор коефіцієнта потужності складається з підключеного до промислової мережі фільтра 1, з'єданого з випрямлячем 2, транзистора 3, блока керування 4, першого та другого діодів 5 та 6, двообмоткового дроселя 7 з першою та другою обмотками 8 та 9, першого та другого конденсаторів 10 та 11 і опору навантаження 12. Додатна шина випрямляча 2 підключена до стоку транзистора 3, затвор якого з'єднано з першим виходом блока керування 4, а витік - з його другим виходом, катодом першого діода 5 та початком першої обмотки 8 двообмоткового дроселя 7, кінець якої під'єднано до початку другої обмотки 9 двообмоткового дроселя 7 та першого виводу другого конденсатора 11 і другого виводу першого конденсатора 10. Від'ємна шина випрямляча 2 підключена до анода першого діода 5 та перших виводів опору навантаження 12 і першого конденсатора 10. Кінець другої обмотки 9 двообмоткового дроселя 7 підключено до анода другого діода 6, катод якого з'єднано з другими виводами опору навантаження 12 і другого конденсатора 11.

Коректор коефіцієнта потужності працює наступним чином.

10 Функціонування коректора обумовлено поєднанням в ньому знижувального та зворотного перетворювачів напруги (знижувальної та зворотного частин коректора), які працюють в режимі переривчастих струмів.

25 Знижувальна частина коректора складається з транзистора 3, блока керування 4, першого діода 5, першої обмотки 8 двообмоткового дроселя 7, першого та другого конденсаторів 10 та 11 і опору навантаження 11. Зворотного частини коректора крім вказаних елементів знижувального перетворювача напруги містить додатково другу обмотку 9 двообмоткового дроселя 7 та другий діод 6. Частота комутації коректора є набагато більшою (на три порядки і вище) за частоту мережі живлення.

Впродовж кожного періоду T комутації коректор має чотири топологічних стани, які чергуються на часових інтервалах $(t_0 \div t_1) \div (t_3 \div t_4)$, які вказані на фіг. 2.

30 Перший стан відповідає інтервалу $(t_0 \div t_1)$, впродовж якого транзистор 3 перебуває у замкненому стані, а перший та другий діоди 5 та 6 - у розімкненому стані. Його тривалість дорівнює DT , - де D - коефіцієнт заповнення імпульсів керування блока 4, а T - період високочастотної комутації коректора (фіг. 2). Струм першої обмотки 8 дроселя 7 в момент t_0 дорівнює нулю, а далі - зростає за лінійним законом під дією різниці прикладених напруг $|u_g(t)| - U_1$ до цієї обмотки, де $|u_g(t)|$ - модуль миттєвої напруги $u_g(t)$ мережі, U_1 - напруга на першому конденсаторі 10. Цей струм протікає по колу: "плюс" випрямляча 2, транзистор 3, перша обмотка 8 двообмоткового дроселя 7, конденсатор 10, "мінус" випрямляча 2. В момент $t_1 = DT$ цей струм досягає максимуму, який залежить від миттєвої напруги мережі. На цьому інтервалі енергія мережі передається в перший конденсатор 10 та накопичується в дроселі 7. Напруга на навантаженні дорівнює сумі напруг першого та другого конденсаторів 10 та 11. Струм другої обмотки 9 дроселя 7 дорівнює нулю, оскільки на цьому інтервалі діод 6 зміщений у зворотному напрямі. Струм першого діода 5 також дорівнює нулю через його зміщення у зворотному напрямі напругою $|u_g(t)|$. Перший стан закінчується в момент t_1 , коли транзистор 3 закривається під дією блока керування 4.

45 Другий стан відповідає часовому інтервалу $(t_1 \div t_2)$. На цьому інтервалі транзистор 3 перебуває в розімкненому стані, а перший та другий діоди 5 та 6 - в замкненому стані. Струм першої обмотки 8 двообмоткового дроселя 7 спадає за лінійним законом, протікаючи по колу: кінець першої обмотки 8 - перший конденсатор 10 - відкритий перший діод 5 - початок першої обмотки 8. Струм другої обмотки 9 зростає за лінійним законом протікаючи по колу: кінець другої обмотки 9 - відкритий другий діод 6 - другий конденсатор 11 - початок першої обмотки 9. Енергія, нагромаджена в двообмотковому дроселі 7, передається в перший конденсатор 10, а також в другий конденсатор 11. Другий стан завершується в момент t_2 , коли струм першої обмотки 8 досягає нуля. В цей момент струм другої обмотки 9 досягає максимального значення.

55 Третій стан відповідає часовому інтервалу $(t_2 \div t_3)$. Впродовж цього стану транзистор 3 та перший діод 5 перебувають у розімкненому стані, а другий діод 6 - в замкненому стані. Струм першої обмотки 8 дорівнює нулю через зворотне зміщення першого діода 5 зворотню

напругою, яка дорівнює напрузі першого конденсатора 10. Струм другої обмотки 9 зменшується практично лінійно, протікаючи по колу: кінець другої обмотки 9 - відкритий другий діод 6 - другий конденсатор 11 - початок другої обмотки 9 дроселя 7. Третій стан завершується в момент t_2 коли струм першої обмотки 8 дроселя 7 досягає нуля.

5 Четвертий стан відповідає часовому інтервалу $(t_3 \div t_4)$. Впродовж цього інтервалу транзистор 3 та перший і другий діоди 5 і 6 перебувають у розімкненому стані, а енергія дроселя 7 дорівнює нулю. Тому струми першої та другої обмоток 8 та 9 дорівнюють нулю, оскільки перший та другий діоди 5 та 6 є зворотно зміщеними відповідно напругами першого і другого конденсаторів 10 і 11. Четвертий стан завершується в момент t_4 , коли блок керування

10 4 відкриває транзистор 3, і відбувається перехід до першого стану.

Таким чином, на першому та другому часових інтервалах здійснюється заряджання конденсатора 10, забезпечуючи підтримання його напруги U_1 , на другому та третьому часових інтервалах здійснюється заряджання конденсатора 11, забезпечуючи його напругу U_2 , яка дорівнює різниці між вихідною напругою коректора U_0 та напругою U_1 на першому

15 конденсаторі, тобто, $U_2 = U_0 - U_1$.

Описана робота коректора має місце при умові, що миттєве значення напруги $u_g(t)$ випрямляча 2 є більшим за напругу U_1 першого конденсатора 10 ($u_g(t) > U_1$). Якщо ж $u_g(t) < U_1$, то вентиля випрямляча 2 будуть закритими, і тоді енергія, накопичена в конденсаторах 10 та 11, буде передаватись в навантаження, підтримуючи на ньому напругу U_0 .

20 Значення дози енергії, яка накопичується у двообмотковому дроселі 9 при $u_g(t) > U_1$ залежить від різниці між миттєвою напругою $u_g(t)$ і напругою U_1 першого конденсатора 10. У зв'язку з тим, що частота комутації транзистора 3 є значно вищою за частоту промислової мережі, можна вважати, що впродовж періоду високочастотної комутації напруга мережі є практично незмінною. Тому струм мережі при $u_g(t) > U_1$ усереднений

25 фільтром 1, повторює форму напруги мережі та дорівнює нулю при $u_g(t) < U_1$.

Ступінь близькості форми споживаного струму мережі до форми її напруги залежить від кута відсічки θ . Кут відсічки θ визначається із співвідношення між напругою U_1 на першому конденсаторі 11 та амплітудою напруги мережі U_{gm} (фіг. 3):

$$\theta = \arcsin \frac{U_1}{U_{gm}}. \quad (2)$$

Чим меншою є напруга U_1 , тим меншим є кут відсічки θ , а отже, тим ближчою до синусоїди

30 буде форма струму мережі.

Оскільки вихідна напруга U_0 є сумою напруг на конденсаторах 10 та 11, тобто, вихідних напруг знижувальної та зворотноходової частин коректора, то запропонований коректор має два ступені свободи стосовно формування його вихідної напруги. А це дає змогу окремо формувати напругу U_1 знижувальної частини коректора та окремо формувати напругу U_2 його

35 зворотноходової частини, забезпечуючи при цьому необхідний кут відсічки θ .

Таким чином, поєднання знижувального та зворотноходового перетворювачів напруги в коректорі коефіцієнта потужності дає змогу досягти вищої якості електроенергії, ніж при використанні традиційного знижувального перетворювача напруги, завдяки зменшенню кута відсічки коректора через зменшення вихідної напруги знижувальної частини коректора.

40

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Коректор коефіцієнта потужності, який містить фільтр, випрямляч, транзистор, перший діод, перший конденсатор, опір навантаження та блок керування, перший вихід якого підключено до

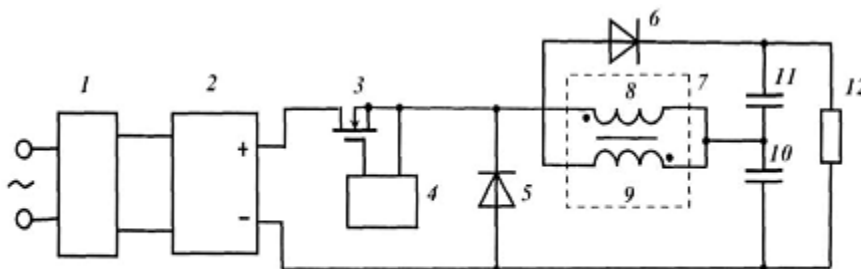
45

затвора транзистора, а другий вихід - до катода першого діода та витoku транзистора, стік якого під'єднано до додатної шини випрямляча, який через фільтр під'єднано до промислової мережі, а до від'ємної шини випрямляча підключено анод першого діода та перші виводи опору навантаження та першого конденсатора, який **відрізняється** тим, що він оснащений другим діодом, другим конденсатором та двообмотковим дроселем, початок першої обмотки якого

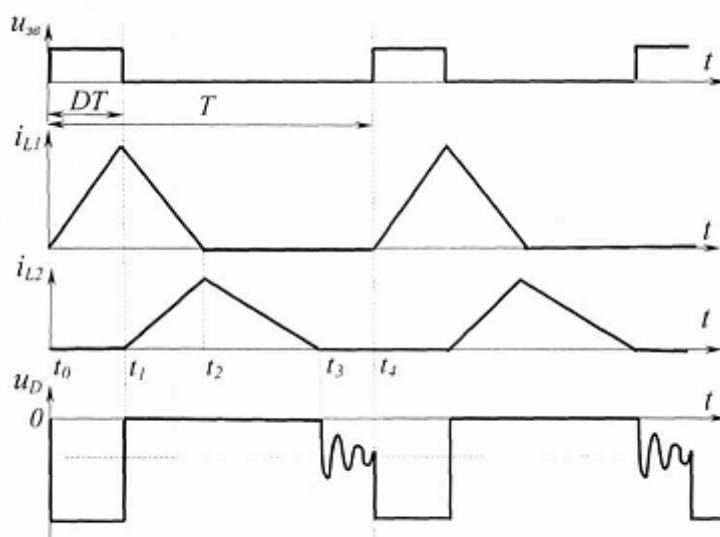
50

під'єднано до катода першого діода, а її кінець - до початку другої обмотки дроселя, другого виводу першого конденсатора та першого виводу другого конденсатора, при цьому кінець

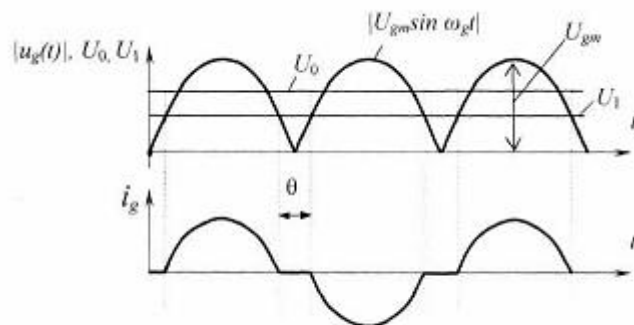
другої обмотки дроселя підключено до анода другого діода, катод якого з'єднано з другими виводами опору навантаження та другого конденсатора.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601