



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **97331** (13) **U**
(51) МПК
H02M 7/757 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2014 10098</p> <p>(22) Дата подання заявки: 15.09.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.03.2015</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.03.2015, Бюл.№ 5</p>	<p>(72) Винахідник(и): Сокол Євген Іванович (UA), Гончаров Юрій Петрович (UA), Єрьсько Олександр В'ячеславович (UA), Замаруєв Володимир Васильович (UA), Івахно Володимир Вікторович (UA), Кривошеєв Сергій Юрійович (UA), Лобко Андрій Валерійович (UA), Войтович Юрій Сергійович (UA), Стисло Богдан Олександрович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002 (UA)</p>
---	---

(54) РЕЗОНАНСНИЙ НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

(57) Реферат:

Резонансний напівпровідниковий перетворювач містить як джерело живлення однофазну розподільну мережу синусоїдальної змінної напруги, узгоджуючий трансформатор, послідовний резонансний LC-фільтр, силовий напівпровідниковий комутатор з напівпровідниковими ключами знакозмінного струму, вихідний ємнісний фільтр, як навантаження - розподільну мережу постійної напруги 400 В та систему керування. Індуктивність та ємність LC-фільтра вибрані так, щоб індуктивний опір на частоті джерела живлення був більшим порівняно з ємнісним опором на величину 15-25 %, перетворювачем за допомогою фазового керування створена постійна відносна різниця амплітуд 10-20 % проміж приведеною напругою синусоїдальної напруги мережі і напругою на боці змінного струму силового напівпровідникового комутатора, в комутаторі встановлено зворотні тиристори, паралельно вторинній обмотці узгоджуючого трансформатора встановлено додатковий конденсатор, а паралельно конденсатору LC-фільтра приєднаний обмежувач напруги, наприклад варистор.

UA 97331 U

Корисна модель належить до галузі енергетики та електроніки і може бути використана як на всій території України, так і в її окремих регіонах.

Існуючі у даний час електричні системи з джерелами відновлювальної енергії та її накопичувачами вимагають використання напівпровідникових перетворювачів для підключення вказаних об'єктів до розподільних електромереж напруги 400 В і синусоїдальної змінної напруги 10 кВ, 50 Гц, або 12 кВ, 60 Гц.

Відоме рішення полягає у використанні напівпровідникового перетворювачів з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) вихідної напруги для автоматичного регулювання потоку потужності і узгодження рівнів напруги у розподільних мережах [1, 2].

Однак недоліком є недостатньо високий коефіцієнт корисної дії та знижена ефективність використання напівпровідникових приладів у зв'язку з високою частотою ШІМ, яка потрібна для автоматичного регулювання потоку потужності і узгодження рівнів напруги у двох електромережах з урахуванням можливого відхилення напруги у електромережі синусоїдальної напруги.

Відомі також схеми напівпровідникових перетворювачів, які не мають вказаних недоліків. Це є схеми резонансних перетворювачів, які містять послідовний резонансний LC-фільтр на боці змінного струму, що дозволяє виконати м'яку комутацію у нулях струму на частоті його основної гармоніки [3, 4]. Однак недоліком цього рішення є відсутність можливості автоматичного регулювання потоку потужності з одночасним узгодженням рівнів напруги.

В основу корисної моделі поставлена задача усунення вказаних недоліків шляхом розробки регулювання потоку потужності при одночасному узгодженні рівнів напруги, а також одночасному збереженні м'якої комутації напівпровідникових приладів, яку має резонансний перетворювач.

Поставлена задача вирішується завдяки спільному використанню наступних дій: індуктивність та ємність LC-фільтра вибрані так, щоб індуктивний опір на частоті джерела живлення був більшим порівняно з ємнісним опором на величину 15-25 %, перетворювачем за допомогою фазового керування створена постійна відносна різниця амплітуд 10-20 % проміж приведеною напругою синусоїдальної напруги мережі і напругою на боці змінного струму силового напівпровідникового комутатора, в комутаторі встановлено зворотні тиристри, паралельно вторинній обмотці узгоджуючого трансформатора встановлено додатковий конденсатор, а паралельно конденсатору LC-фільтра приєднаний обмежувач напруги, наприклад варистор.

Тому що індуктивний та ємнісний опори мають різні знаки, повний реактивний опір ΔX LC-фільтра є позитивним (індуктивним).

Тому що дві вказаних напруги зсунуті на кут керування α , різниця напруга ΔU зсунута відносно напруги мережі змінного струму на кут, який при малому α приближається до $\pi/2$. Тому первинний струм перетворювача приблизно співпадає за фазою з напругою мережі або має, в залежності від знаку кута керування, протилежний напрямок. Таким чином, зміною кута керування можна регулювати потік потужності, а зміною знака кута керування - напрямок цього потоку. Обмежувач напруги на конденсаторі LC-фільтра дозволяє обмежити вхідний струм при коротких замиканнях на виході, а також при пуску, коли конденсатор C_d вихідного фільтра ще не заряджений. Механізм обмеження струму полягає у глибокій розстройці резонансу у вхідному LC-фільтрі при цих перехідних процесах та у збільшенні різницевого опору ΔX .

Суть корисної моделі пояснюється схемою фіг. 1, а фазовий спосіб керування, який покладений у її основу - діаграмами фіг. 2, де u_a (1) - розподільна мережа змінної напруги; u_d - розподільна мережа постійної напруги; Т (2) - узгоджуючий трансформатор; LC (3) - послідовний резонансний вхідний фільтр; V (4) - обмежувач напруги; К (8) - силовий комутатор; C_d (5) - вихідний фільтр; ДН (7) та ДН1 (6) - датчики напруг розподільних мереж; u_{d3} - сигнал завдання за напругою; РН (11) - регулятор напруги, наприклад, пропорційно інтегрального типу; ФК (10) - фазовий контролер; x_k - сигнал керування контролера; ФІ (9) - формувач керуючих імпульсів; α - кут керування; U_a та I_a - напруга та струм розподільної мережі змінного струму, приведені до витків вторинної обмотки трансформатора; u та u_1 - вхідна напруга комутатора та її основна (перша) гармоніка; ΔU - різниця напруга (реактивна), що прикладається до LC - фільтра; I_{ap} - додатковий (реактивний) струм у розподільній мережі змінного струму.

Узгоджуючий трансформатор забезпечує приблизно однакову напругу основної гармоніки на вторинній обмотці та вході змінного струму силового комутатора. Деяким недоліком запропонованої моделі є те, що вищі гармоніки первинного струму, які обумовлені вищими гармоніками вхідної прямокутної напруги u (третья, п'ята і т.д.), усі проходять через негативні амплітудні значення у точках комутації $\theta_1, \theta_2, \dots$, внаслідок чого напівпровідникові ключі комутують струм, відмінний від нуля, що підвищує комутаційні втрати енергії і знижує коефіцієнт

корисної дії. Щоб компенсувати комутований струм вищих гармонік, треба за допомогою фазового керування створити реактивний струм першої гармоніки, що має ту ж величину у точках комутації, але зустрічний знак. Щоб перепустити цей струм не через джерело живлення, паралельно вторинній обмотці узгоджуючого трансформатора, встановлюється додатковий конденсатор C_k (12). Для цього треба створити постійну відносну різницю амплітуд порядку 15 % проміж напругами на вторинній обмотці узгоджуючого трансформатора і вході комутатора, а щоб мати можливість перервати вхідний струм при короткому замиканні на виході, зворотні діоди комутатора заміщуються на тиристри (фіг. 3).

Оскільки реактивний опір LC-фільтра позитивний (індуктивний), то додатковий реактивний струм $I_{ар}$ відстає від різницевої напруги ΔU_p (фіг. 4).

Позитивний ефект полягає в підвищенні к.к.д. резонансного напівпровідникового перетворювача, а також в можливості автоматичного регулювання потоку електричної потужності при високому к.к.д.

Джерела інформації:

1. Шрайбер Д. Преобразователи высокой мощности для возобновляемых источников энергии // Силовая электроника, 2010, № 5, с. 90-94

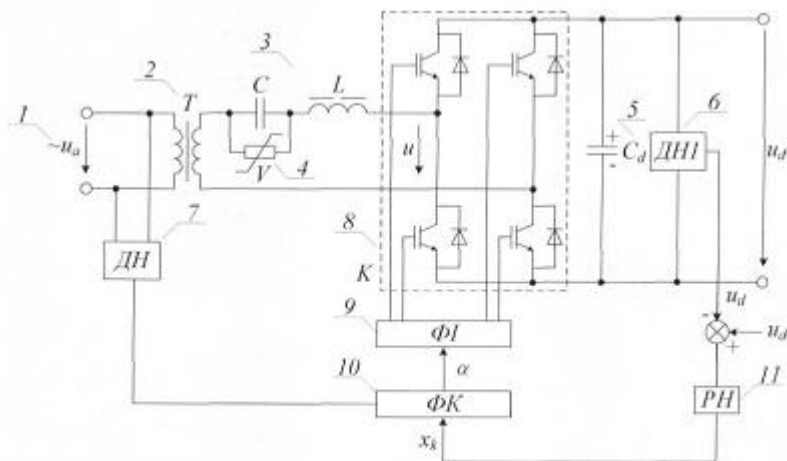
2. Huang A. FREEDM system-a vision for the future grid // Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE. - IEEE, 2010. - С. 1-4.

3. Hua G. C., Lee F. C. Soft-switching PWM converters: пат. 5442540 США. - 1995.

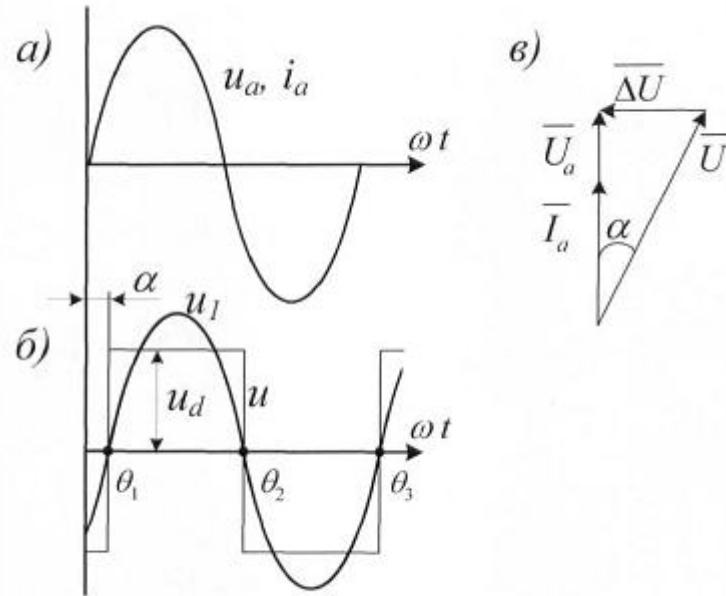
4. Mohan N., Underland T.M., Robbins W.P. Power Electronics // Third Edition. John Wiley, 2003

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

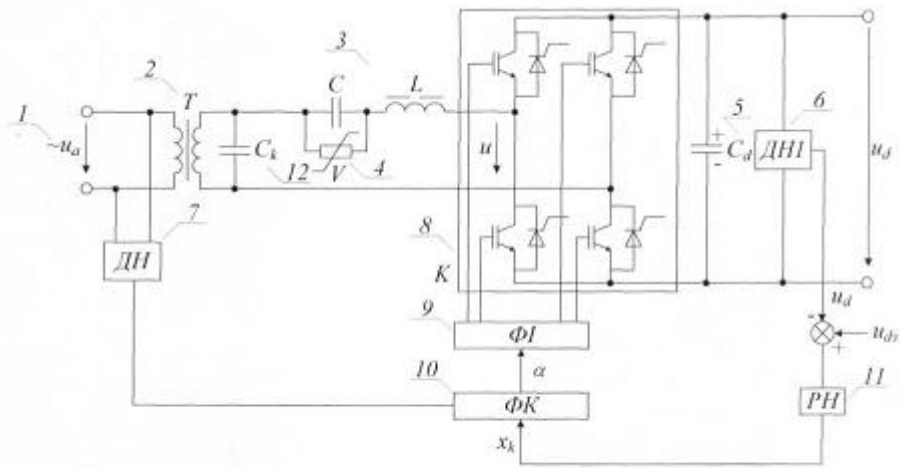
Резонансний напівпровідниковий перетворювач, який містить як джерело живлення однофазну розподільну мережу синусоїдальної змінної напруги, узгоджуючий трансформатор, послідовний резонансний LC-фільтр, силовий напівпровідниковий комутатор з напівпровідниковими ключами знакозмінного струму, вихідний ємнісний фільтр, як навантаження - розподільну мережу постійної напруги 400 В та систему керування, який **відрізняється** тим, що індуктивність та ємність LC-фільтра вибрані так, щоб індуктивний опір на частоті джерела живлення був більшим порівняно з ємнісним опором на величину 15-25 %, перетворювачем за допомогою фазового керування створена постійна відносна різниця амплітуд 10-20 % проміж приведеною напругою синусоїдальної напруги мережі і напругою на боці змінного струму силового напівпровідникового комутатора, в комутаторі встановлено зворотні тиристри, паралельно вторинній обмотці узгоджуючого трансформатора встановлено додатковий конденсатор, а паралельно конденсатору LC-фільтра приєднаний обмежувач напруги, наприклад варистор.



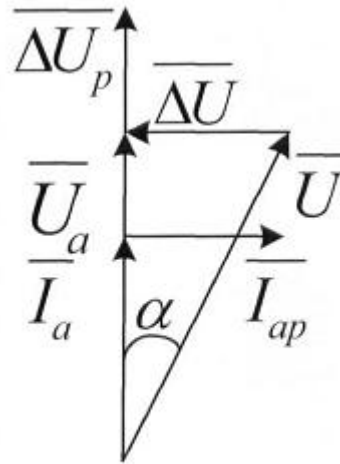
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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

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