



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120790

(13) U

(51) МПК

H03B 1/04 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

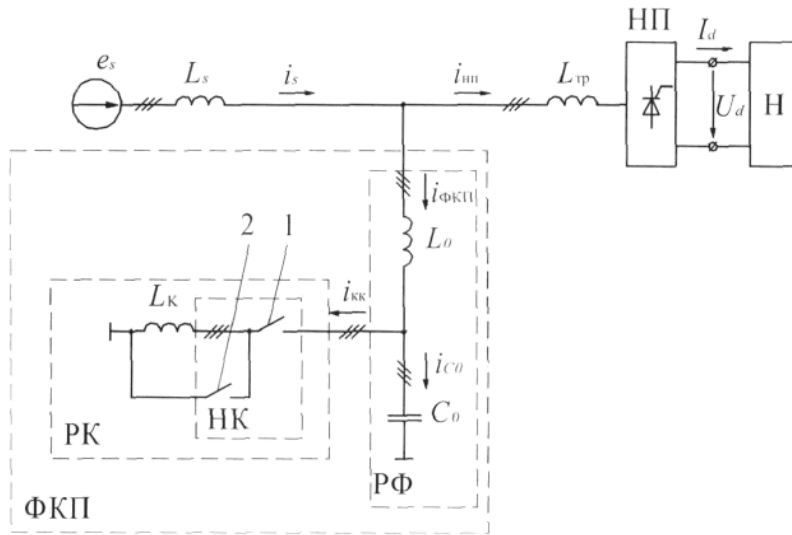
(21) Номер заявки: <b>u 2016 06148</b>	(72) Винахідник(и): <b>Жук Олександр Кирилович (UA), Жук Дмитро Олександрович (UA), Криворучко Дмитро Вікторович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>06.06.2016</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, пр. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.11.2017</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.11.2017, Бюл.№ 22</b>	

## (54) КЕРОВАНІЙ ГІБРИДНИЙ ФІЛЬТРОКОМПЕНСУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

### (57) Реферат:

Керований гібридний фільтрокомпенсуючий пристрій має керований реакторний компенсатор з широтно-імпульсним регулюванням та мережевий резонансний фільтр. Реакторний компенсатор містить двоопераційні ключі з широтно-імпульсним керуванням та підключений до точок з'єднання індуктивності і ємності резонансного фільтра. Силовий резонансний фільтр, що знижує гармоніки напівпровідникового перетворювача, одночасно є перешкодозахисним фільтром по відношенню до керованого реакторного компенсатора, з можливістю усунення необхідності у додатковому перешкодозахисному фільтрі для зниження гармонік, генерованих при широтно-імпульсному регулюванні компенсатора. Виключається утворення додаткових полюсів в частотній характеристиці опору електроенергетичної системи з гібридним фільтрокомпенсуючим пристроєм і напівпровідниковим перетворювачем та можливість резонансу на вищих гармоніках.

UA 120790 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі силової електроніки, може бути використаний при створенні силових керованих фільтрокомпенсуючих пристроїв (ФКП) гібридної структури. Вирішує задачі підвищення якості електроенергії в електроенергетичних системах, зокрема, забезпечує компенсацію реактивної потужності і ефективне зниження вищих гармонік в системах з напівпровідниковими перетворювачами (НП).

Як прототип використано схему ФКП з фазовим керуванням опис якої знаходиться в наступних джерелах: DIXON Juan, MORAN Luis, RODRIGUEZ José, DOMKE Ricardo. Reactive power compensation technologies: State-of-the-art review, Proceedings of the IEEE ISSN0018-9219, 2005, vol. 93, n 12, pp. 2144-2164; Электромагнитная совместимость потребителей: моногр. /И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. – М.: Машиностроение, 2012. - 351 с.

Схема містить силовий пасивний резонансний LC-фільтр (РФ) та керований реакторний компенсатор (РК), які підключаються паралельно до електричної мережі. Такий ФКП використовується для зменшення рівня вищих гармонік напруги і компенсації реактивної потужності на основній гармоніці. Пасивний РФ повністю усуває у складі напруги мережі гармоніку, яка відповідає його резонансній частоті (як правило такої, що дорівнює найменшій частоті вищих гармонік, генерованих НП), а також знижує рівень гармонік інших порядків. Кожна фаза керованого РК з фазовим керуванням містить реактор, увімкнений послідовно із двома зустрічно-паралельно з'єднаними тиристорами. Принцип роботи такого РК базується на зміні еквівалентного фазного індуктивного опору на основній гармоніці, за рахунок керування кутом увімкнення тиристорів. Таким чином, регульований еквівалентний індуктивний опір визначає змінювану реактивну потужність, яка споживається РК.

Схема-прототип має ряд недоліків, до яких слід віднести, по-перше, низьку швидкодію, викликану часовою затримкою керування тиристорами, що становить половину періоду мережі живлення, по-друге, додаткове генерування вищих гармонік струму, яке обумовлює необхідність завищення установленної потужності РФ, або застосування додаткових фільтрів вищих гармонік.

В основу корисної моделі покладена задача удосконалення ФКП з метою збільшення швидкодії і поліпшення динамічних характеристик разом із забезпеченням електромагнітної сумісності (ЕМС) самого ФКП.

Вирішення поставленої задачі досягається за рахунок удосконаленого способу керування РК, застосування двоопераційних силових ключів та нової схеми увімкнення РК.

Корисна модель ілюструється схемами.

На фіг. 1 показані особливості структури керованого гібридного ФКП у складі системи синхронний генератор – напівпровідниковий перетворювач (СГ-НП).

На фіг. 2 наведена схема одного з двоопераційних діодно-транзисторних ключів змінного струму у складі напівпровідникового комутатора (НК).

Схема, що зображена на фіг. 1, складається з синхронного генератора, умовно позначеного джерелом ЕРС  $e_s$  та індуктивністю  $L_s$ , напівпровідникового перетворювача з трансформатором, врахованим індуктивністю  $L_{tr}$ , і навантаженням (Н) та керованого гібридного ФКП, до складу якого входить некерований РФ і керований РК. Кожна з фаз РФ, увімкнених за схемою "зірка", складається зі з'єднаних послідовно реактора  $L_0$  і конденсатора  $C_0$  з реактивними опорами  $X_{L0}$  і  $X_{C0}$  відповідно. Струми у фідерах СГ, НП та ФКП позначені  $i_s$ ,  $i_{НП}$ ,  $i_{ФКП}$ . Струм, що протікає у витці конденсатора  $C_0$  РФ –  $i_{C0}$ . Порядок частоти налаштування РФ відповідає нулю частотної характеристики реактивного опору системи і, як правило, обирається з умови

$\xi = \omega_0 / \omega = \sqrt{X_{C0} / X_{L0}} \leq m - 1$ , де  $\omega_0$  - резонансна частота фільтра,  $\omega$  - частота мережі,  $m$  - пульсність НП. РФ одночасно є генератором реактивної потужності на основній гармоніці:

$Q_{РФ} = U_{Л}^2 / (X_{C0} - X_{L0})$ , де  $U_{Л}$  - діюче значення лінійної напруги мережі. Параметри елементів РФ обираються, виходячи з двох умов: обмеження несинусоїдальності напруги мережі і компенсації максимальної реактивної потужності НП  $Q_{НПmax} \approx I_{dmax} \sqrt{U_{d0}^2 - U_{dmin}^2}$ , де  $U_{d0}$ ,  $U_{dmin}$  - відповідно максимальне і мінімальне значення випрямленої напруги,  $I_{dmax}$  - максимальне значення випрямленого струму.

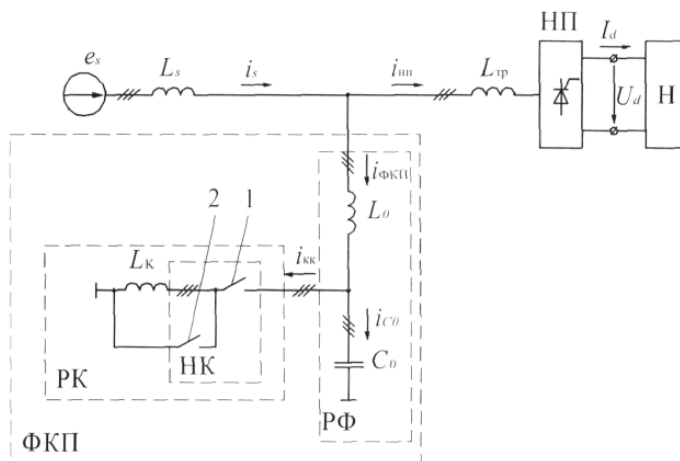
В основу структури керованого РК, однолінійна схема якого показана на фіг. 1, входять три індуктивних елементи (реактори) з індуктивністю  $L_K$  (опором  $X_{LK} = \omega L_K$ ) і шість напівпровідникових ключів, які об'єднані в напівпровідниковий комутатор НК. Кожна фаза НК містить два напівпровідникових ключа змінного струму 1 і 2: перший підключений послідовно, а другий - паралельно з індуктивністю реактора  $L_K$ . Ключі можуть бути реалізовані на базі мостової діодно-транзисторної схеми (фіг. 2). У діагоналі моста замість IGBT можуть бути використані двоопераційні тиристори (GTO, IGCT).

Для регулювання еквівалентної індуктивності РК використовується принцип широтно-імпульсного регулювання (ШІР), при якому кутова частота комутації ключів  $\omega_k$  у багато разів більше частоти мережі  $\omega$  ( $\omega_k \gg \omega$ ). Кожен період комутації  $T_k = 2\pi/\omega_k$  складається з двох інтервалів, на кожному з яких стан протифазних ключів 1 і 2 змінюється на протилежний. Кожну фазу РК з ШІР можна розглядати як регульований еквівалентний індуктивний опір на основній гармоніці  $X_{PKE} = X_{LK}/\gamma^2$ , де  $\gamma$  - шпаруватість широтно-імпульсного регулювання. Компенсатор, фази якого увімкнені в "зірку" споживає реактивну потужність  $Q_{PK} = U_{\Delta}^2/X_{PKE}$ . Виходячи з вимоги компенсації реактивної потужності НП має бути забезпечена умова  $Q_{PK\max} = U_{\Delta}^2/X_{LK} = Q_{НП\max} = Q_{PФ}$ .

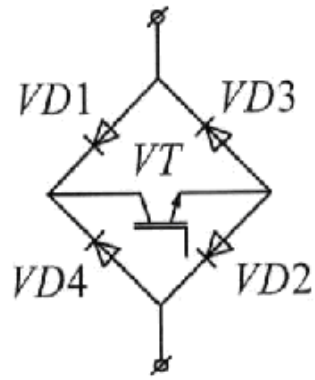
Кожна фаза РК з ШІР є джерелом імпульсного квазісинусоїдального струму  $i_{kk}$ . Крім основної гармоніки  $i_{kk(1)}$  цей струм містить також імпульсну спотворюючу складову (перешкоду), спектр якої зміщений у високочастотну область, яка визначається частотою комутації. Керований РК з широтно-імпульсним регулюванням підключається до точок з'єднання індуктивності і ємності РФ, який при цьому виконує також роль перешкодозахисного фільтра по відношенню до РК. Таким чином, усувається необхідність у додатковому перешкодозахисному фільтрі для зниження гармонік, генерованих при широтно-імпульсному регулюванні компенсатора, а також виключається утворення додаткових полюсів і частотній характеристиці опору електроенергетичної системи з гібридним фільтрокомпенсуючим пристроєм і напівпровідниковим перетворювачем та можливість небажаного резонансу струмів на вищих гармоніках.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Керований гібридний фільтрокомпенсуючий пристрій, який складається із керованого реакторного компенсатора з широтно-імпульсним регулюванням та мережевого резонансного фільтра, який **відрізняється** тим, що реакторний компенсатор містить двоопераційні ключі з широтно-імпульсним керуванням та підключений до точок з'єднання індуктивності і ємності резонансного фільтра, внаслідок чого силовий резонансний фільтр, що знижує гармоніки напівпровідникового перетворювача, одночасно є перешкодозахисним фільтром по відношенню до керованого реакторного компенсатора, з можливістю усунення необхідності у додатковому перешкодозахисному фільтрі для зниження гармонік, генерованих при широтно-імпульсному регулюванні компенсатора, при цьому виключається утворення додаткових полюсів в частотній характеристиці опору електроенергетичної системи з гібридним фільтрокомпенсуючим пристроєм і напівпровідниковим перетворювачем та можливість резонансу на вищих гармоніках.



Фіг. 1



Фіг. 2

---

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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