



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37231 (13) U
(51) МПК (2006)
H02M 7/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЗМІННОЇ НАПРУГИ В ПОСТІЙНУ

1

2

(21) u200806159

(22) 12.05.2008

(24) 25.11.2008

(46) 25.11.2008, Бюл.№ 22, 2008 р.

(72) САМЧЕЛЄСВ ЮРІЙ ПАВЛОВИЧ, UA, ШЕВ-
ЧЕНКО ІВАН СТЕПАНОВИЧ, UA, МОРОЗОВ
ДМИТРО ІВАНОВИЧ, UA, ДРЮЧИН ВІКТОР ГАВ-
РИЛОВИЧ, UA(73) ДОНБАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Перетворювач змінної напруги в постійну, до складу якого входять трифазний некерований мостовий випрямляч, входи якого через послідовно з'єднані дроселі і датчики фазного струму під'єднані до відповідних затисків трифазної живильної мережі, з якими з'єднаний датчик напруги мережі, який відрізняється тим, що в нього введені датчик струму навантаження, конденсатор, датчик напруги конденсатора, силовий активний фільтр з системою керування, до складу якої входять датчик каліброваного сигналу, обчислювальний пристрій, перший, другий та третій помножувачі, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий суматори, перший, другий та третій релейні елементи, перший, другий та третій формувачі імпульсів керування, регулятор напруги конденсатора, при цьому трифазний вихід силового активного фільтра з'єднаний з входами некерованого випрямляча, а до входу силового активного фільтра під'єднаний конденсатор і датчик його напруги, три виходи да-

тчика напруги мережі з'єднані з трьома входами датчика каліброваного сигналу, перший, другий та третій виходи якого з'єднані з першими входами відповідно першого, другого та третього помножувачів, другі входи яких з'єднані з виходом першого суматора, перший вхід якого з'єднаний з виходом обчислювального пристрою, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом датчика каліброваного сигналу, а другий та третій входи з'єднані відповідно з виходами датчика напруги конденсатора і датчика струму навантаження, другий вхід першого суматора з'єднаний з виходом регулятора напруги конденсатора, вхід якого з'єднаний з виходом другого суматора, на підсумовуючий вхід якого подається сигнал задання напруги конденсатора, а віднімаючий вхід суматора з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, при цьому виходи першого, другого та третього помножувачів з'єднані відповідно з підсумовуючими входами третього, четвертого та п'ятого суматорів, віднімаючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого, другого та третього датчиків фазних струмів, виходи третього, четвертого та п'ятого суматорів з'єднані з входами відповідно першого, другого та третього релейних елементів, виходи яких з'єднані з входами відповідно першого, другого та третього формувачів імпульсів керування, виходи яких з'єднані з відповідними IGBT-транзисторами силового активного фільтра.

Корисна модель відноситься до електротехніки і може бути використаний при розробці перетворювачів змінної напруги в напругу постійного струму.

Відомий перетворювач, до складу якого входить некерований трифазний мостовий випрямляч, вхід якого з'єднаний з трифазною мережею [Забродин Ю.С., Промышленная электроника.- М.: Высшая школа. 1982. - 496с.].

Недоліком відомого перетворювача є негативний вплив його на живильну мережу.

Найбільш близьким за технічним рішенням є перетворювач, до складу якого входить трифазний

некерований мостовий випрямляч, кожен вхід якого через послідовно з'єднані дроселі і датчик фазного струму під'єднаний до відповідних затисків трифазної живильної мережі, з якими з'єднаний датчик напруги мережі [Авт. свид. СССР №1279031, кл. H02M7/04, Бюл. №47, 1986].

Недоліком відомого перетворювача є неможливість роботи з трифазною три провідною мережею.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення перетворювача, в якому шляхом використання релейного керування та введення датчика струму навантаження, конденсатора, дат-

(13) U

(11) 37231

(19) UA

чика напруги конденсатора, силового активного фільтра з відповідною системою керування забезпечується робота в трифазній некерованийій мостовій випрямляч, входи якого через послідовно з'єднані дроселі і датчики фазного струму під'єднані до відповідних затискачів трифазної живильної мережі, з якими з'єднаний датчик напруги мережі, згідно з винаходом в нього введені датчик струму навантаження, конденсатор, датчик напруги конденсатора, силовий активний фільтр з системою керування, до складу якої входять датчик каліброваного сигналу, обчислюваний пристрій, перший, другий та третій помножувачі, перший, другий, третій, четвертий та п'ятий суматори, перший, другий та третій релейні елементи, перший, другий та третій формувачі імпульсів керування, регулятор напруги конденсатора, при цьому трифазний вихід силового активного фільтра з'єднаний з входами некерованого випрямляча, а до входу силового активного фільтра під'єднаний конденсатор і датчик його напруги, три виходи датчика напруги мережі з'єднані з трьома входами датчика каліброваного сигналу, перший, другий та третій виходи якого з'єднані з першими входами відповідно першого, другого та третього помножувача, другі входи яких з'єднані з виходом першого суматора, перший вхід якого з'єднаний з виходом обчислювального пристрою, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом датчика каліброваного сигналу, а другий та третій входи з'єднані відповідно з виходами датчика напруги конденсатора і датчика струму навантаження, другий вхід першого суматора з'єднаний з виходом регулятора напруги конденсатора, вхід якого з'єднаний з виходом другого суматора, на підсумовуючий вхід якого подається сигнал завдання напруги конденсатора, а віднімаючий вхід суматора з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора, при цьому виходи першого, другого та третього помножувачів з'єднані відповідно з підсумовуючими входами третього, четвертого та п'ятого суматорів, а віднімаючі входи яких з'єднані відповідно з виходами першого, другого та третього датчиків фазних струмів, виходи третього, четвертого та п'ятого суматорів з'єднані з входами відповідно першого, другого та третього релейних елементів, виходи яких з'єднані з входами відповідно першого, другого та третього формувачів імпульсів керування, виходи яких з'єднані з відповідними IGBT-транзисторами силового активного фільтра.

На Фіг.1 представлена схема запропонованого перетворювача змінної напруги в постійну.

На Фіг.2 - схема силового активного фільтра.

На Фіг.3 показані процеси, які відбуваються в перетворювачі.

До складу перетворювача змінної напруги в постійну входять трифазний некерований мостовий випрямляч 1, входи якого через послідовно

з'єднані дроселі 2, 3, 4 і датчики фазного струму 5, 6, 7 під'єднані до відповідних затискачів трифазної живильної мережі, з якими з'єднаний датчик напруги мережі 8, датчик струму навантаження 9, конденсатор 10, датчик напруги конденсатора 11, силовий активний фільтр 12 з системою керування, до складу якої входять датчик каліброваного сигналу 13, обчислюваний пристрій 14, перший 15, другий 16 та третій 17 помножувачі, перший 18, другий 19, третій 20, четвертий 21 та п'ятий 22 суматори, перший 23, другий 24 та третій 25 релейні елементи, перший 26, другий 27 та третій 28 формувачі імпульсів керування, регулятор напруги конденсатора 29, при цьому трифазний вихід силового активного фільтра 12 з'єднаний з входами некерованого випрямляча 1, а до входу силового активного фільтра 12 під'єднаний конденсатор 10 і датчик його напруги 11, три виходи датчика напруги мережі 8 з'єднані з трьома входами датчика каліброваного сигналу 13, перший, другий та третій виходи якого з'єднані з першими входами відповідно першого 15, другого 16 та третього 17 помножувачів, другі входи яких з'єднані з виходом першого суматора 18, перший вхід якого з'єднаний з виходом обчислювального пристрою 14, перший вхід якого з'єднаний з четвертим виходом датчика каліброваного сигналу 13, а другий та третій входи з'єднані відповідно з виходами датчика напруги конденсатора 11 і датчика струму навантаження 9, другий вхід першого суматора 18 з'єднаний з виходом регулятора напруги конденсатора 29, вхід якого з'єднаний з виходом другого суматора 19, на підсумовуючий вхід якого подається сигнал завдання напруги конденсатора, а віднімаючий вхід суматора з'єднаний з виходом датчика напруги конденсатора 11, при цьому виходи першого 15, другого 16 та третього 17 помножувачів з'єднані відповідно з підсумовуючими входами третього 20, четвертого 21 та п'ятого 22 суматорів, а віднімаючі входи останніх з'єднані відповідно з виходами першого 5, другого 6 та третього 7 датчиків фазних струмів, виходи третього 20, четвертого 21 та п'ятого 22 суматорів з'єднані з входами відповідно першого 23, другого 24 та третього 25 релейних елементів, виходи яких з'єднані з входами відповідно першого 26, другого 27 та третього 28 формувачів імпульсів керування, виходи яких з'єднані з відповідними IGBT-транзисторами силового активного фільтра 12.

Перетворювач змінної напруги в постійну працює таким чином.

При відсутності силового активного фільтра (САФ) і подачі напруги живильної мережі на затискачі А, В, С некерований випрямляч 1 на діодах виконує стандартну процедуру випрямлення напруги змінного струму у напругу U_d постійного, яка визначає величину струму I_d у навантаженні. Лінійні струми i_A , i_B , i_C у дроселях 2-4 мають форму імпульсів (трапецевидну), тривалість кожного близько $2\pi/3$ електричних градусів. Тобто струми, що споживаються від мережі, є несинусоїдальними (навіть розривними) та зсунуті за фазою відносно своїх фазних напруг U_A , U_B , U_C .

При наявності САФ перед подачею напруги на затискачі А, В, С конденсатор 10 заряджається

попередньо до напруги U_c , що перевищує амплітудне значення $U_{\text{лм}}$ лінійної напруги мережі, та має полярність, показану на Фіг.1.

Датчик напруги мережі 8 гальванічне розв'язує живильну мережу та систему керування САФ і дає на своєму виході три сигнали, що повторюють напруги U_A , U_B , U_C мережі. З цих сигналів датчик 13 формує три сигнали синусоїдальної форми однієї амплітуди, які співпадають за фазою з напругами U_A , U_B , U_C і поступають на входи помножувачів 15, 16, 17 відповідно. Окрім того, датчик каліброваного сигналу 13 формує і сигнал постійного струму, що пропорційний амплітуді лінійної напруги живильної мережі, який поступає на перший вхід обчислювального пристрою 14, на другий і третій вхід якого поступають сигнали від датчиків 11 напруги U_c конденсатора 10 та датчика струму навантаження 9.

Обчислювальний пристрій 14 формує сигнал завдання на величину амплітуди $I_{\text{мз}}$ синусоїдальних вхідних струмів перетворювача i_A , i_B , i_C на базі балансу потужностей такої, що забирається з мережі P_M , та тієї, що виділяється у навантаженні P_H за виразами:

$$P_M = P_H;$$

$$P_M = \sqrt{3} U_{\text{лл}} I_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{\text{лм}} I_{\text{м}};$$

$$P_H = U_{\text{д}} I_{\text{д}} = U_{\text{с}} I_{\text{с}};$$

$$I_{\text{мз}} = I_{\text{м}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{U_{\text{сld}}}{U_{\text{нм}}}$$

Цей сигнал через суматор 18 поступає на другі входи перемножувачів 15, 16, 17, на виходах яких формується завдання на вхідні струми перетворювача:

$$i_A^* = I_{\text{мз}} \sin \omega_1 t;$$

$$i_B^* = I_{\text{мз}} \sin(\omega_1 t - \frac{2\pi}{3});$$

$$i_C^* = I_{\text{мз}} \sin(\omega_1 t + \frac{2\pi}{3});$$

де ω_1 - кругова частота напруги живильної мережі.

Останні будуть співпадати за фазою з відповідними фазними напругами U_A , U_B , U_C .

Примусове формування вхідних струмів синусоїдальної форми ведеться таким чином. Якщо реальний струм у лінійному дроселі, наприклад 3 (струм i_B), менший ніж заданий (i_B^*), то на виході суматора 21 з'являється позитивний сигнал похибки. При умові, що він більший зони нечутливості

релейного елемента 24, останній перекидається зі стану з негативним виходом у стан з позитивним. Це призводить до генерації на виході формувача 27 імпульсу для відкриття IGBT-транзистора катодної групи вентильної лінії (див. Фіг.2), до якої під'єднаний вихід дроселя 3.

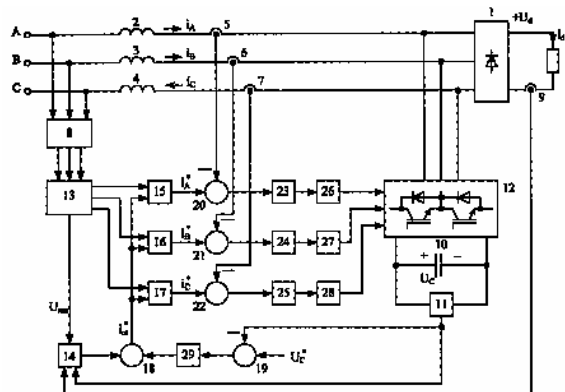
Конденсатор 10 вмикається послідовно з дроселем 3 так, що його напруга U_c збільшує струм i_B . Як тільки останній перевищує величину i_B^* на зону нечутливості релейного елемента 24, релейний елемент 24 знову передається у зворотному напрямку, генеруючи на виході формувача 27 закриваючий імпульс для IGBT-транзистора катодної групи, що працював до цього, та відкриваючий (з деякою затримкою) для IGBT-транзистора анодної групи цієї ж лінії.

Це призводить до введення напруги конденсатора 10 у контур дроселя 3 зустрічне струму i_B та зменшення його і т.д. Описані процеси відбуваються у колах лінійних дроселів усіх трьох фаз.

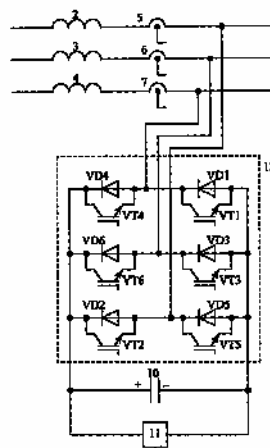
Таким чином, регулятори лінійних струмів (суматори 20, 21, 22, релейні елементи 23, 24, 25 з формувачами 26, 27, 28 керуючих імпульсів) через датчики 5, 6, 7, працюючи у релейному режимі, примусово формують струми в дроселях 2, 3, 4, які за формою і величиною повторюють (у межах нечутливості релейних елементів) синусоїдальні сигнали завдання i_A^* , i_B^* , i_C^* , які співпадають за фазою з напругами мережі U_A , U_B , U_C (див. Фіг.3).

Як тільки напруга на конденсаторі 10 починає зменшуватись (що свідчить про збільшення відбору енергії у навантаження при зменшенні величини його опору) на вході суматора 19 з'являється сигнал ($U_c^* - U_c$) позитивної полярності, який після підсилення регулятором 29 напруги конденсатора 10 підсумовується з базовим ($I_{\text{мз}}$) сигналом на виході обчислювального пристрою 14, збільшуючи амплітуду струмів у дроселях 2, 3, 4 (для підзаряду конденсатора 10 САФ), вирівнюючи баланс потужності в системі перетворювача. На Фіг.3 показана також реакція перетворювача на змінення опору навантаження ($t=0,07\text{с}$).

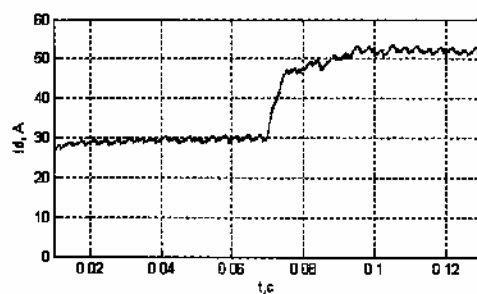
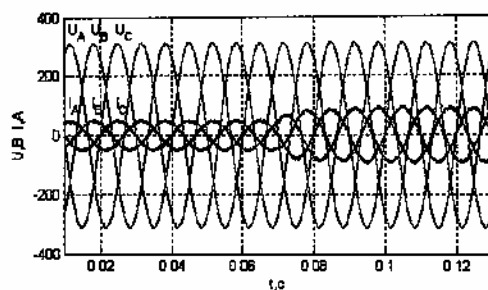
Таким чином завдяки використанню релейного керування та введення датчика струму навантаження, конденсатора, датчика напруги конденсатора, силового активного фільтра з відповідною системою керування забезпечується робота в трипровідній трифазній системі при одночасному формуванні синусоїдального струму, що споживається із мережі, при відсутності фазового зсуву між струмом і відповідною напругою.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3