

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 55204

**СПОСІБ ІМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ З  
ОДНОЧАСНОЮ МІНІМІЗАЦІЄЮ РІВНЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК  
В МЕРЕЖАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.12.2010.

Голова Державного департаменту  
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



- (21) Номер заявки: **u 2010 05997**
- (22) Дата подання заявки: **18.05.2010**
- (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.12.2010**
- (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.12.2010, Бюл. № 23**

(72) Винахідники:  
**Шестеренко Володимир Євгенович, UA,**  
**Білько Олена Володимирівна, UA**

(73) Власник:  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ,**  
вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, 01601, UA

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ІМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ З ОДНОЧАСНОЮ МІНІМІЗАЦІЄЮ РІВНЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК В МЕРЕЖАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб імпульсного регулювання напруги з одночасною мінімізацією рівня вищих гармонік в мережах загального користування, що передбачає регулювання напруги, коли напругу на затискачах електроприймачів формують з двох кривих - синусоїди напруги мережі та послідовності імпульсів, висота яких змінюється по синусоїдальному закону, а ширина - по лінійному, який відрізняється тим, що розміщують імпульси напруги таким чином, щоб виконувалася умова для послаблення  $n$ -ої гармоніки при складанні коливань однакових частот в напрузі мережі та напруги імпульсного регулятора

$$u_{v, \text{вих}} = U_{mv} \cdot \sin(\omega t \pm \varphi_v) + U_{dmv} \cdot \sin(\omega t \pm \varphi_{dv})$$

$$\varphi_v - \varphi_{dv} = |n|,$$

де  $U_{mv}$ ,  $\varphi_v$  - амплітудне значення гармоніки вхідної напруги та кут зсуву її відносно синусоїди основної частоти мережі,

$U_{dmv}$ ,  $\varphi_{dv}$  - те саме, але для напруги добавки регулятора.

Пронумеровано, прошито металевими  
люверсами та скріплено печаткою  
2 арк.  
10.12.2010



Уповноважена особа

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters.

(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) СПОСІБ ІМПУЛЬСНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ З ОДНОЧАСНОЮ МІНІМІЗАЦІЄЮ РІВНЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК В МЕРЕЖАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

1

2

(21) u201005997

(22) 18.05.2010

(24) 10.12.2010

(46) 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.

(72) ШЕСТЕРЕНКО ВОЛОДИМИР ЄВГЕНОВИЧ,  
БІЛЬКО ОЛЕНА ВОЛОДИМИРІВНА(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

(57) Спосіб імпульсного регулювання напруги з одночасною мінімізацією рівня вищих гармонік в мережах загального користування, що передбачає регулювання напруги, коли напругу на затискачах електроприймачів формують з двох кривих - синусоїди напруги мережі та послідовності імпульсів, висота яких змінюється по синусоїдальному закону, а ширина - по лінійному, який відрізняється

тим, що розміщують імпульси напруги таким чином, щоб виконувалася умова для послаблення  $v$ -ої гармоніки при складанні коливань однакових частот в напрузі мережі та напруги імпульсного регулятора

$$U_{v\text{вих}} = U_{mv} \cdot \sin(\omega t \pm \varphi_v) + U_{dmv} \cdot \sin(\omega t \pm \varphi_{dv})$$

$$\varphi_v - \varphi_{dv} = |\pi|,$$

де  $U_{mv}$ ,  $\varphi_v$  - амплітудне значення гармоніки вхідної напруги та кут зсуву її відносно синусоїди основної частоти мережі,

$U_{dmv}$ ,  $\varphi_{dv}$  - те саме, але для напруги добавки регулятора.

Корисна модель відноситься до обладнання електричних мереж і може використовуватись для регулювання напруги в мережах загального призначення, на затискачах скремих електроприймачів, а також в освітлювальних мережах.

Відомий спосіб мінімізації рівня вищих гармонік, в якому застосовуються трансформатори зі спеціальними обмотками [Електротехнический справочник: Т.2, /Под общ. ред. И.Н. Орлова. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 712 с./].

Недоліками зазначеного способу є обмежена галузь використання, оскільки для реалізації способу необхідні значні додаткові інвестиції.

За найближчий аналог вибрано спосіб регулювання напруги, коли напругу на затискачах електроприймачів формують з двох кривих - синусоїди напруги мережі та послідовності імпульсів, висота яких змінюється по синусоїдальному закону, а ширина - по лінійному (Деклараційний патент України № 16724, H02J3/12. - Спосіб імпульсного регулювання змінної напруги з амплітудно-імпульсною модуляцією та широтно-імпульсним регулюванням

величини. /Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. - Опубл. 15.08.2006. Бюл. № 8).

Недоліком найближчого аналога є те, що рівень вищих гармонік в мережі не зменшується.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу імпульсного регулювання напруги з одночасною мінімізацією рівня вищих гармонік в мережах загального користування, який задовольняв би сучасним вимогам по економічним показникам і відповідав би вимогам стандарту на якість електроенергії.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі імпульсного регулювання напруги з одночасною мінімізацією рівня вищих гармонік в мережах загального користування, що передбачає регулювання напруги, коли напругу на затискачах електроприймачів формують з двох кривих - синусоїди напруги мережі та послідовності імпульсів, висота яких змінюється по синусоїдальному закону, а ширина - по лінійному, відповідно до корисної моделі, розміщують імпульси напруги таким чином, щоб виконувалася умова для послаблення  $v$ -

ої гармоніки при складанні коливань однакових частот в напрузі мережі та напруги імпульсного регулятора

$$U_{V_{\text{вих}}} = U'_{M_V} \cdot \sin(v\omega t \pm \varphi'_V) + U_{DMV} \cdot \sin(v\omega t \pm \varphi_{DV})$$

$$\varphi'_V - \varphi_{DV} = |\pi|,$$

де  $U'_{M_V}$ ,  $\varphi'_V$  - амплітудне значення гармоніки вхідної напруги та кут зсуву її відносно синусоїди основної частоти мережі,

$U_{DMV}$ ,  $\varphi_{DV}$  - те ж, але для напруги добавки регулятора.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками і технічним результатом. Сучасні електричні системи характеризуються багатуступеневою трансформацією та великою довжиною ліній різних напруг. При зміні величини навантажень має місце зміна напруги у досить значних межах, що суттєво перевищують допустимі. У таких умовах забезпечити допустимий режим напруги тільки генераторами електростанцій неможливо. Необхідно застосовувати додаткові регульовальні пристрої, причому закони регулювання напруги мають установлюватися з умов забезпечення найекономічнішої спільної роботи джерел реактивної потужності, електричних мереж та електроприймачів. При цьому регулювання у мережах вищої напруги, що живлять розподільчі мережі, направлене на поліпшення техніко-економічних показників роботи мереж шляхом зниження втрат енергії в них. У розподільчих мережах закони регулювання напруги мають забезпечити оптимальний режим напруги на затискачах споживачів та витримувати вимоги стандарту ГОСТ 13109 - 97 по якості напруги. При цьому необхідно забезпечити рівень синусоїдальності в межах вказаного стандарту, зменшуючи амплітуди напруги вищих гармонік.

В запропонованому способі пропонується впливати на напругу мережі по двох напрямках одночасно: плавно змінювати напругу, компенсуючи відхилення, викликані нестабільністю графіка навантаження, і поліпшувати форму синусоїди напруги, зменшуючи амплітуди найбільших гармонік напруги мережі, вводячи вищі гармоніки з допомогою тиристорного регулятора напруги, що знаходяться в протифазі з гармоніками мережі.

Реалізація запропонованого способу пояснюється кресленнями (Фіг.1), на якому зображено діаграму напруги на вході  $U_{\text{вх}}$  регулятора, на виході  $U_{\text{вих}}$  та схему імпульсного тиристорного регулятора напруги (Фіг.2).

Якщо напруга мережі, де планується установка регулятора, несинусоїдальна, існує реальна можливість використання регулятора напруги для мінімізації вищих гармонік.

Коли на вхід регулятора подається напруга із спектром вищих гармонік, відбувається додавання або віднімання коливань однакових частот

$$U_{V_{\text{вих}}} = U'_{M_V} \cdot \sin(v\omega t \pm \varphi'_V) + U_{DMV} \cdot \sin(v\omega t \pm \varphi_{DV}),$$

де  $U'_{M_V}$ ,  $\varphi'_V$  - амплітудне значення гармоніки вхідної напруги та кут зсуву її відносно синусоїди основної частоти мережі,

$U_{DMV}$ ,  $\varphi_{DV}$  - те ж, але для напруги добавки регулятора.

Якщо між  $\varphi'_V$  та  $\varphi_{DV}$  існує співвідношення

$$\varphi'_V - \varphi_{DV} = |\pi|,$$

відбувається послаблення  $v$ -ої гармоніки і навіть повне знищення її при

$$U'_{M_V} = U_{DMV}.$$

Гармонічний склад напруги в мережах 35 кВ досить стабільний, в ЛЕП 6...10 кВ можуть бути скачкоподібні переходи від одного стабільного стану до іншого, в мережах 0,38 кВ закони гармонічного стану можна розглядати тільки з допомогою теорії ймовірності. Тому в мережах 35 кВ можна поліпшувати гармонічний склад по заданій програмі. В інших випадках блок керування повинен мати датчик фази вищих гармонічних напруги.

Для аналізу  $\varphi_{DV}$  необхідно визначити коефіцієнти синусного  $B_v$  та косинусного  $C_v$  рядів Фур'є напруги добавки.

При односторонньому регулюванні шляхом зміщення переднього фронту

$$A_\theta = \frac{U_M}{2\pi} \left\{ \frac{1}{v-1} \sum_{s=1}^m \left[ \sin \frac{2\pi S}{m} (v-1) \sin \left( \frac{2\pi S}{m} - \alpha \right) (v-1) \right] + \frac{1}{v+1} \sum_{s=1}^m \left[ \sin \left( \frac{2\pi S}{m} - \alpha \right) (v+1) \sin \frac{2\pi S}{m} (v+1) \right] \right\},$$

$$B_\theta = \frac{U_M}{2\pi} \left\{ \frac{1}{v+1} \sum_{s=1}^m \left[ \cos \left( \frac{2\pi S}{m} - \alpha \right) (v+1) - \cos \frac{2\pi S}{m} (v+1) \right] + \frac{1}{v-1} \sum_{s=1}^m \left[ \cos \left( \frac{2\pi S}{m} - \alpha \right) (v-1) - \cos \frac{2\pi S}{m} (v-1) \right] \right\},$$

де  $v$  номер вищої гармоніки,  $m$  - число імпульсів на період напруги мережі.

Алгоритм розрахунку амплітудних значень вищих гармонік, складений на базі вказаних формул, досить простий і може бути реалізований на ПК.

Зсув фази вищих гармонічних відносно основної частоти мережі

$$\varphi_\theta = \arctg \frac{B_\theta}{A_\theta}.$$

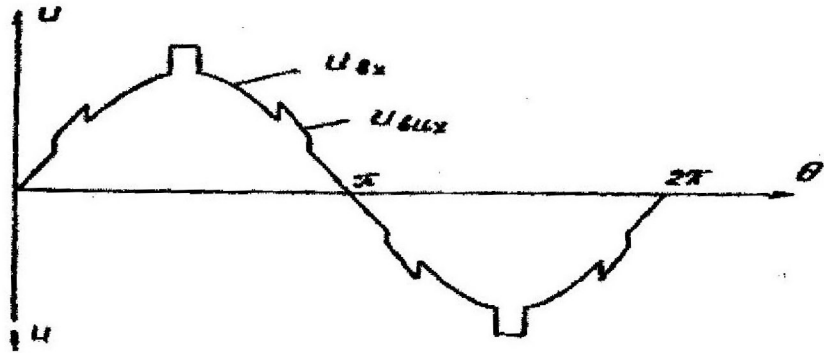
Плавне змінювання в широких межах кутів  $\varphi_{DV}$  вищих гармонічних забезпечує компенсацію гармонік мережі, а способи регулювання дозволяють провадити підбір  $\varphi_{DV}$  без погіршення якості напруги  $U_{\text{вих}}$ .

Схема (Фіг.2) складається з вольтодобавочно-го трансформатора, обмотки якого комутуються тиристорами. Тут ВДО - вольтодобавочна обмотка, ОЗ<sub>1</sub>, ОЗ<sub>2</sub> - обмотки збудження вольтодобавочного трансформатора, ОЗ<sub>3</sub> - обмотка розмагнічування сталі трансформатора, БЗ - блоки закривання тиристорів.

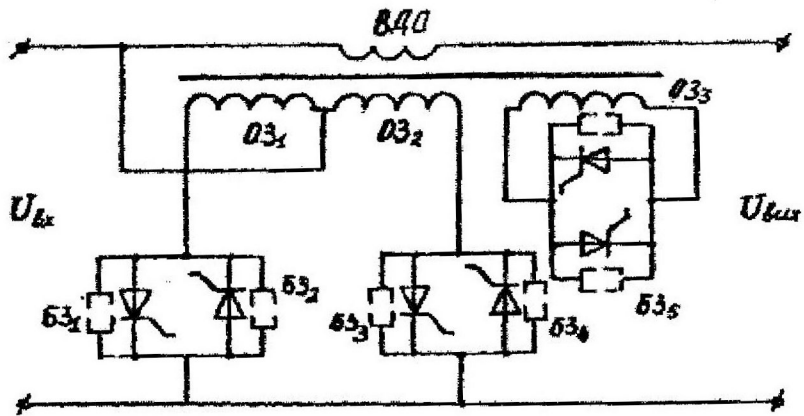
Схема (Фіг.2) відповідає всім вимогам до регуляторів напруги з боку навантаження. Але найкращі техніко-економічні показники схема має, якщо замість одноопераційних тиристорів застосувати польові транзистори.

Запропонований спосіб імпульсного регулювання напруги з одночасною мінімізацією рівня вищих гармонік в мережах загального користування дозволяє поліпшувати не тільки величину на-

пруги, а й форму синусоїди напруги, що впливає на величину втрат електроенергії в електричній мережі, так і в електроприйм



Фіг. 1



Фіг. 2