

Винахід належить до галузі електротехніки, зокрема, до вторинних джерел живлення і може бути використаний для регульованого живлення електричних машин і пристроїв, наприклад, нагрівальних приладів, електромагнітів постійного струму (металосепараторів, вантажопідйомних електромагнітів і ін.).

Керування тиристорним перетворювачем, підключеним до мережі перемінної напруги, полягає в реалізації часу запізнювання сигналів керування тиристорами щодо моменту переходу напруги живильної мережі через нуль. При використанні електромереж, що мають синусоїдальну форму напруги, лінійна зміна фази керуючих сигналів приводить до нелінійної зміни напруги на навантаженні. Ця обставина створює певні труднощі при регулюванні напруги на навантаженні. Крім того, електричні мережі загального призначення мають відхилення напруги від номінальної величини, що вимагає постійного моніторингу й обліку цих відхилень.

Відомий спосіб керування тиристорним перетворювачем, що включає завантаження в програмувальний таймер (ПТ) числа, що відповідає заданому куту керування тиристорами, безпосередню синхронізацію ПТ із напругою живильної мережі, відлік цього числа шляхом зменшення його значення на одиницю з приходом кожного імпульсу від генератора синхронізації, починаючи з моменту переходу напруги живильної мережі через нуль і формування імпульсів керування тиристорами по закінченню відліку [1].

Важкою цього способу є те, що він не забезпечує лінійності регульовальної характеристики напівпровідникового перетворювача, що вкрай утрудняє його застосування в замкнених системах авторегулювання.

Іншим відомим технічним рішенням є спосіб прямого мікропроцесорного керування тиристорним перетворювачем і пристрій для його реалізації, що включає запис у ПТ деякого числа  $i$ , починаючи з моменту переходу напруги живильної мережі через нуль, відлік цього числа шляхом зменшення його на одиницю з приходом кожного тактового імпульсу, частота надходження яких пропорційна модулю напруги живильної мережі  $i$ , по закінченню відліку числа, формування імпульсів керування тиристорами [2].

Важкою цього способу є те, що напруга на виході тиристорного перетворювача залежить від величини напруги живильної мережі. Використання цього способу для керування пристроями, що використовують електричні мережі загального призначення, практично неможливо.

Найбільш близьким до пропонованого є спосіб мікропроцесорного керування напівпровідниковим перетворювачем електроенергії [3], що включає реалізацію розрахункового часу запізнювання імпульсу керування тиристорами щодо моменту переходу напруги живильної мережі через нуль, здійснювану за допомогою програмувального таймера, причому число  $N$  до запису в таймер попередньо перетворюють відповідно до виразу

$$F(N) = \frac{2 \cdot U_m}{\pi \cdot \Delta U} - N \quad [3, (21)]$$

де:  $U_m$  - амплітуда напруги живильної мережі;

$\Delta U$  - параметр функціонального перетворювача, що забезпечує зміну частоти тактових імпульсів пропорційно модулю напруги живильної мережі, запис у таймер отриманого числа  $F(N)$ , відлік цього числа, починаючи з моменту переходу напруги живильної мережі через нуль шляхом зменшення його на одиницю з приходом кожного з тактових імпульсів, частота проходження яких пропорційна модулю напруги живильної мережі, і формування по закінченню відліку числа імпульсів керування тиристорами.

При реалізації відомого способу мікропроцесорного керування напівпровідниковим перетворювачем електроенергії на виході пристрою формується напруга, середнє значення якої дорівнює

$$U = N \cdot \Delta U \quad [3, (35)]$$

Таким чином, регульовальна характеристика перетворювача залежить, принаймні, від одного ( $\Delta U$ ) параметра мікропроцесорної системи керування. Крім того, відомий спосіб регламентує застосування програмувального таймера і функціонального перетворювача, що забезпечує зміну частоти тактових імпульсів пропорційно модулю напруги живильної мережі, що у свою чергу обмежує коло технічних засобів для його реалізації.

Пропонований спосіб дозволяє розширити асортимент технічних засобів, що забезпечують лінійну регульовальну характеристику тиристорного перетворювача і її інваріантність стосовно змін напруги живильної мережі і параметрам мікропроцесорної системи керування.

Поставлена задача зважується в такий спосіб. Вибирають постійне число  $n$ , виходячи з необхідної точності регулювання. Потім, у керуючому циклі задають абсолютне значення середньовипрямленої напруги, яке необхідно одержати на навантаженні, за допомогою АЦП вимірюють абсолютне значення амплітуди напруги живильної мережі, визначають число  $N$  відповідно до виразу

$$N = \frac{n}{\pi} \cdot \arccos \left( \pi \cdot \frac{U_z}{U_m} - \cos \frac{\pi}{n} \right) \quad (1)$$

де:  $n$  - число (постійна величина),  $n = \frac{T_s}{2T_c}$ , де  $T_s$  - період напруги живильної мережі,  $T_c$  - період зміни числа  $N$ ,

$U_z$  - задана середньовипрямлена напруга на навантаженні (абсолютна величина);

$U_m$  - фактична амплітуда напруги живильної мережі (абсолютна величина),

а затримку на час відкривання тиристорів реалізують відраховуючи  $N$  рівних інтервалів часу, починаючи з моменту переходу напруги живильної мережі через нуль.

Запропонований спосіб забезпечує лінійну регульовальну характеристику тиристорного перетворювача і її інваріантність стосовно змін напруги живильної мережі і параметрам мікропроцесорної системи керування.

На фіг.1 і 2 наведені характеристики, розраховані для двохполуперіодного тиристорного перетворювача, що живиться від однофазної мережі перемінної напруги 220В плюс-мінус 10% і навантаженого на активно-індуктивне навантаження.

У загальному випадку середньовипрямлена напруга визначається виразом

$$U = \frac{1}{t_{j+1} - t_j} \int_{t_j}^{t_{j+1}} |u(t)| dt \quad [4, \text{стор.162}]$$

але при тиристорному регулюванні в інтервалі часу від моменту переходу живильного напруги через нуль до моменту відкривання тиристора напруга на навантаженні дорівнює нулю. Тому для розрахунку середньовипрямленої напруги на навантаженні справедлива наступна формула

$$U_{load} = \frac{1}{n} \int_N^{n-1} U_m \cdot \sin\left(\frac{\pi}{n} \cdot t\right) dt \quad (2)$$

де:  $n$  - вибране рівним  $2^{16}$ ;

$N$  - число, пропорційне часу відкривання тиристорів;

$U_m$  - амплітуда напруги живильної мережі.

На фіг.1 приведена регулювальна характеристика перетворювача, що ілюструє адекватність заданої й отриманої на навантаженні середньовипрямлених напруг, отримана в такий спосіб. Для номінальної амплітуди напруги мережі (311В) розраховувався по формулі (1) масив чисел  $N$ , що відповідають заданим напругам на навантаженні ( $U_z$ ), що лежать у діапазоні від 0 до 175В. Отримані значення  $N$  округлювалися до цілого. Після чого, використовуючи формулу (2) були отримані напруги на навантаженні  $U_{load}$ .

На фіг.2 представлено результат розрахунку вихідних напруг для трьох заданих значень (175, 100 і 25В), при зміні номінальної амплітуди напруги мережі 311В в діапазоні плюс-мінус 10%, що підтверджує незалежність одержуваних напруг на навантаженні від змін живильної мережі.

Застосування пропонованого способу прямого мікропроцесорного керування для побудови пристроїв керування тиристорним перетворювачем дозволяє одержувати на навантаженні напруги, адекватні заданим і незалежні від відхилень величини живильної напруги. Незалежність способу від параметрів мікропроцесорної системи керування не накладає обмеження на схмотехнічні рішення пристроїв, що реалізують цей спосіб, що сприяє розширенню асортименту застосовуваних технічних засобів.

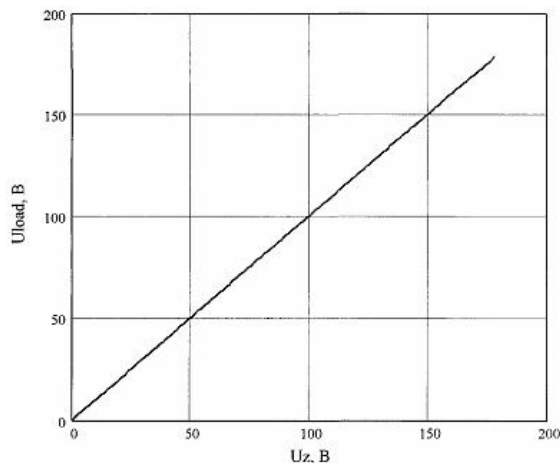
Джерела інформації:

1. А.с. СРСР №1660116, МКИ5 H02M7/12. Цифровий пристрій керування вентилювальним перетворювачем /Е.Й. Сокіл, А.В. Кипенский, Ю.Й. Колісник і ін. Опубл. 1991.06.30. Бюл. №24.

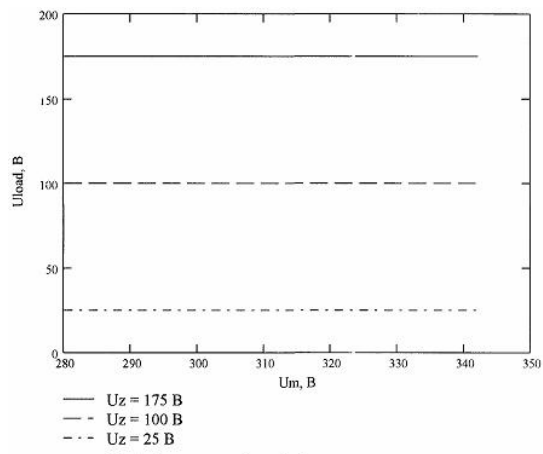
2. Патент 6673UA, МКВ5 H02M7/12. Спосіб прямого мікропроцесорного керування тиристорним перетворювачем та пристрій для його здійснення / А.В. Кіпеньский, В.Т. Долбня, Є.І. Сокіл та ін. Опубл. 1994.12.29. Бюл.№8-1.

3. Патент 29431UA, МКВ6 H02M7/12. Спосіб прямого мікропроцесорного керування напівпровідниковим перетворювачем електроенергії та пристрій для його здійснення /А.В. Кіпеньский, Є.І. Сокіл, О.В. Івашов, В.В. Базакуца. Опубл. 2000.11.15. Бюл.№6.

4. В.И. Щербakov, Г.И. Грездов. Електронні схеми на операційних підсилювачах. - Київ "Техніка", 1983, 213с.



Фіг. 1. Регулювальна характеристика перетворювача



Фиг. 2. Розрахункові вихідні напруги перетворювача