

УДК621.373.5; 519.688

Морщавка С.В.<sup>1</sup>, Калиніченко Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>к.т.н., доц. НУ "Запорізька політехніка"

<sup>2</sup>студ. гр РТ-219м

## **ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ ФАЗОВИХ ЗАТРИМОК В ЛАНЦЮГАХ СХЕМИ ФАПЧ**

На сьогодні для збільшення коефіцієнту корисної дії схем силової електроніки використовуються методи резонансних перетворень енергії з метою зменшення комутаційних втрат у силових напівпровідникових елементах, які зростають при збільшенні робочої частоти схеми. Це призвело до використання, окрім широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), частотної модуляції потужності. При використанні частотної модуляції можна вирішити проблему регуляції потужності, що надходить у коливальний контур. Прикладом використання контуру є установки індукційного нагріву (УН). Окрім проблем, пов'язаних з комутаційними втратами на силових ключах, виникає проблема роботи силових елементів на ємнісне навантаження. Ця проблема може виникати, наприклад, при роботі інвертора на робочій частоті, що є нижчою за резонансну частоту коливального контуру. В цьому випадку у момент відкриття ключів спостерігаються великі стрибки струму, які негативно впливають на реальні напівпровідникові структури. Тому постає необхідність поциклового регулювання частоти інвертора, яке забезпечить його чітку роботу на навантаження індуктивного характеру коливального контуру. Окрім цього, це буде створювати умови так званого «м'якого», або резонансного, переключення напівпровідникового елемента.

Враховуючи вищезазначене, найкращою схемою управління в даному випадку є схема фазової автопідстройки частоти (ФАПЧ). Її суть полягає у створенні петлі зворотного зв'язку на основі порівняння фаз керуючого генератора частоти з фазою коливань, частоту яких необхідно регулювати. У випадку УН, генератором коливань задається робоча частота інвертора, який створює вимушені коливання у коливальному контурі. Фазу генератора порівнюють з фазою одного з параметрів самого контуру: фазу струму або

фазу напруги. Таким чином, можна отримати роботу інвертора саме на резонансній частоті коливального контура при використанні ідеальних елементів.

Проте, при використанні реальних елементів постає проблема виміру параметрів, які необхідно виміряти при високій частоті. Наприклад, великі струми, які будуть протікати при резонансній частоті у контурі, будуть надвеликими і будь-який метод виміру цього струму буде вносити фазові затримки і спричиняти похибки в роботу схеми ФАПЧ. При невдалому виборі елементної бази це може призвести до роботи інвертора на частоті, нижчій за резонансну, що є недопустимим режимом роботи інвертора.

Ця проблема легко вирішується за допомогою мікропроцесорних засобів, в даному випадку – мікроконтролера (МК). Пропонується в цьому випадку виконувати процедуру пошуку максимуму напруги, яка спостерігається на коливальному контурі при резонансі. При знаходженні цього максимуму МК запам'ятовує різницю фаз між генеруючим коливанням і фазою коливання струму, яка знімається за допомогою струмового трансформатора та фазового детектора. Після цього алгоритм ФАПЧ реалізується програмними засобами. В якості опорного сигналу та сигналу зворотного зв'язку алгоритм використовує вищезазначену різницю фаз; в якості опорної використовується та різниця фаз, що була отримана при виконанні алгоритму пошуку резонансної частоти.

Схематично стенд, на якому реалізовувались алгоритми, наведений на рис.1:

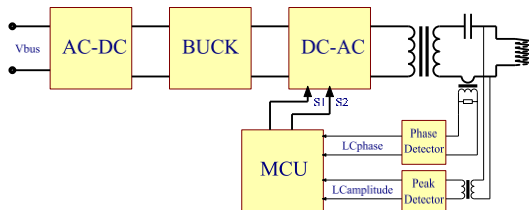


Рисунок 1 – Схематичне зображення експериментальної установки

При проведенні експериментів були отримані наступні дані:

- 1) алгоритм пошуку резонансної частоти знаходить цю частоту з точністю, порівняною з роздільною здатністю цифрових таймерів МК;
- 2) реалізований алгоритм ФАПЧ утримує контур у резонансі за всіх умов використання коливального контуру УІН: при внесенні в індуктор УІН заготовок, які значно впливають на індуктивність індуктора, утримує амплітудні значення струму контуру в максимальних значеннях.

За результатами роботи можна зробити висновки, що вищезазначені фазові затримки в схемах ФАПЧ можливо компенсувати, що дає змогу значно збільшити точність налаштування частот генераторів УІН.