



УДК 621.314.26

## СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТИРИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ

Студент О. О. Азаров, гр. МГМЕ-18

Науковий керівник проф. О. О. Шавьолкін

Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета і завдання.** Метою роботи є розробка та виготовлення універсального лабораторного стенда для дослідження тиристорного перетворювача змінної напруги з мікропроцесорною системою керування.

Завданням є розробка структури стенда тиристорного перетворювача постійної напруги за різних схем випрямлення і навантаження, розрахунок силових кіл, розробка системи керування перетворювача.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є електромагнітні процеси в колах тиристорного перетворювача. Предметом дослідження є силові кола та система керування тиристорним перетворювачем.

**Методи та засоби дослідження.** Методи теорії електричних та електронних кіл, основним засобом є експериментальні дослідження.

**Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.** Можливість дослідження одно- та трифазних схем випрямлення з фазовим і ШІМ керуванням. Практичним значенням є створення лабораторного стенду тиристорного перетворювача для використання в курсі енергетична електроніка.

### Результати дослідження

Стенд призначений для дослідження роботи однофазних та трифазних схем тиристорного перетворювача (ТП) за різними навантаженнями. За цього розглядається можливість дослідження однофазної мостової, трифазної нульової і трифазної мостової схеми випрямлення.

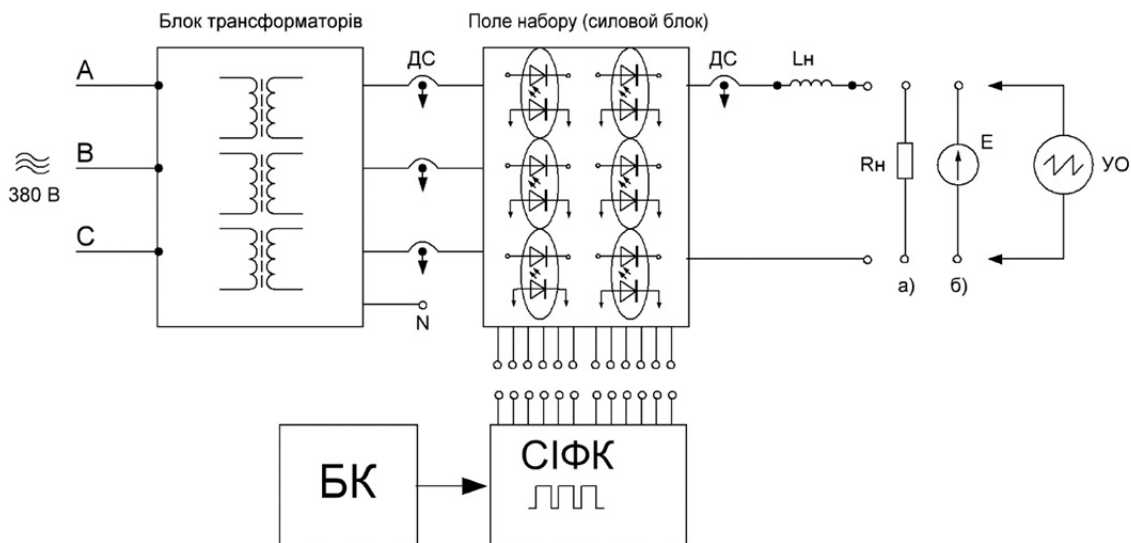


Рис.1 Структурна схема стенду

Передбачено дослідження роботи схеми у випрямному режимі на активне ( $R_H$ ), активно-індуктивне ( $R_H, L_H$ ) навантаження та проти - ЕРС ( $E$ ). Також здійснюється



дослідження роботи ТП у інверторному режимі з використанням ізолюваного джерела постійного струму.

Структура лабораторного стенду для дослідження ТП містить трифазний блок трансформаторів, що забезпечує живлення силових кіл та допоміжних джерел живлення.

Силовий блок виконано на шести тиристорах у вигляді наборного поля, що дозволяє збирати і досліджувати різні схеми випрямлення. Використано оптотиристри, що спрощує реалізацію гальванічного розв'язання силових кіл і кіл керування. Кола керування підключені до системи керування стаціонарно. Згідно розрахунку обрано тиристри типу ТО-10-4.

Схема передбачає використання активного навантаження (реостат), згладжувальний дросель ( $L_H$ ). Також використовується ізолюване джерело постійного струму (Е). Для вимірювання струмів передбачено датчики струму (ДС). Для візуального спостереження сигналів у схемі використовується двоканальний цифровий осцилограф ЕО, що підключається до відповідних затискачів схеми.

Керування тиристорами здійснюється системою імпульсно-фазового керування (СІФК), що формує імпульси керування, фаза яких відносно точок природної комутації регулюється в межах  $\alpha=0 - 180^\circ$ . Виконується СІФК на мікроконтролері типу *arduino*, вихідний порт якого забезпечує можливість безпосереднього підключення світлодіодів оптотиристорів. Має три канали згідно трьом фазам напруги мережі. Кожний канал керує двома тиристорами, один з яких працює за позитивної напруги мережі, другий за негативної.

Напруга синхронізації за фазами мережі ( $u_a, u_b, u_c$ ) знімається з ізолюваних обмоток трансформатору і подається до трьох входів аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Також на аналоговий вхід подається напруга керування ТП  $u_K$ , яка визначає середнє значення вихідної напруги перетворювача  $U_d$ .

Згідно  $u_a$  формуються дві послідовності імпульсів, що відповідають позитивній Р і негативній полярності N, а також імпульси S у моменти часу, коли  $u_a$  змінює полярність. Згідно сигналу S запускається лічильник, який скидається наступним імпульсом і знов починає рахувати. Зміст лічильника  $u_{Л}$  порівнюється з напругою  $u_{KI}=(u_K+ u_{3M})$ ,

де  $u_{3M}$  – напруга зміщення, що за потреби встановлює початкове значення напруги ТП згідно потрібній характеристиці  $\alpha=f(u_K)$ .

За умови  $u_{KI} \leq u_{Л}$  формується імпульс  $Im$  тривалістю  $\pi-\alpha$ .

Надалі здійснюється розподіл імпульсів згідно полярності  $u_a$ :

$$Im_P = Im \wedge P \wedge B, \quad Im_N = Im \wedge N \wedge B,$$

де B – сигнал блокування імпульсів у разі спрацьовування захисту.

Імпульси  $Im_P$  та  $Im_N$  надходять до вихідного порту мікроконтролера і подаються на відповідні тиристри.

В процесі лабораторної роботи передбачається зняття регульовальної  $U_d(\alpha)$  та зовнішньої  $U_d(I_d)$  характеристик ТП. Значення кута  $\alpha$  визначає мікроконтролер, середні значення струму та напруги визначаються приладами магнітоелектричної системи.

**Висновок.** Розроблена структура лабораторного стенду ТП, включаючи кола керування та вимірювання. Розроблена блок-схема СІФК, що реалізує вертикальний принцип керування на мікроконтролері типу *arduino*. Надалі передбачається розробка замкненої системи керування ТП.

**Ключові слова.** Тиристорний перетворювач, випрямний режим, режим інвертору веденого мережею, система імпульсно-фазового керування, оптотиристор, мікроконтролер.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посібник / О. О. Шавьолкін ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.

2. Гончаров Ю.П. Перетворювальна техніка : підр. Ч.2 / Ю. П. Гончаров, О. В. Будьонний, В. Г. Морозов та ін. – Х.: Фоліо, 2000. - 360 с.