

## РОЗДІЛ 6. ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

### ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПОТУЖНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ІНВЕРТОРА В ТРАНСФОРМАТОРНІЙ СХЕМІ З LC-ФІЛЬТРОМ

Делєв Д.С., студент, Чорномурко М.О., студент, Гаєвський О.Ю., проф., д.ф.-м.н.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

**Вступ.** Для забезпечення споживачів електричною енергією змінного струму в об'єктах на відновлюваних джерелах енергії, як правило, використовуються інвертори. Вихідна напруга ШІМ-інвертора містить небажану пульсацію, що за ДСТУ EN 50160 не повинна перевищувати 8% [1]. Для забезпечення необхідного значення сумарного коефіцієнта гармонічних спотворень (THD – Total Harmonic Distortion) використовуються силові пасивні LC-фільтри. Однак при зміні параметрів  $L$ ,  $C$  у бік зменшення THD відбувається збільшення реактивної енергоємності фільтра.

**Мета роботи.** Дослідити згладжуючі властивості LC-фільтра ШІМ-інвертора за бестрансформаторною схемою та з вихідним трансформатором. Аналіз даних, отриманих при моделюванні роботи інвертора в Simulink на автономного споживача, з подальшим обчисленням THD та енергоємності LC-фільтра.

**Матеріали і результати досліджень.** Модель, за допомогою якої була вирішена дана задача, була створена в пакеті MATLAB/Simulink (рис. 1).

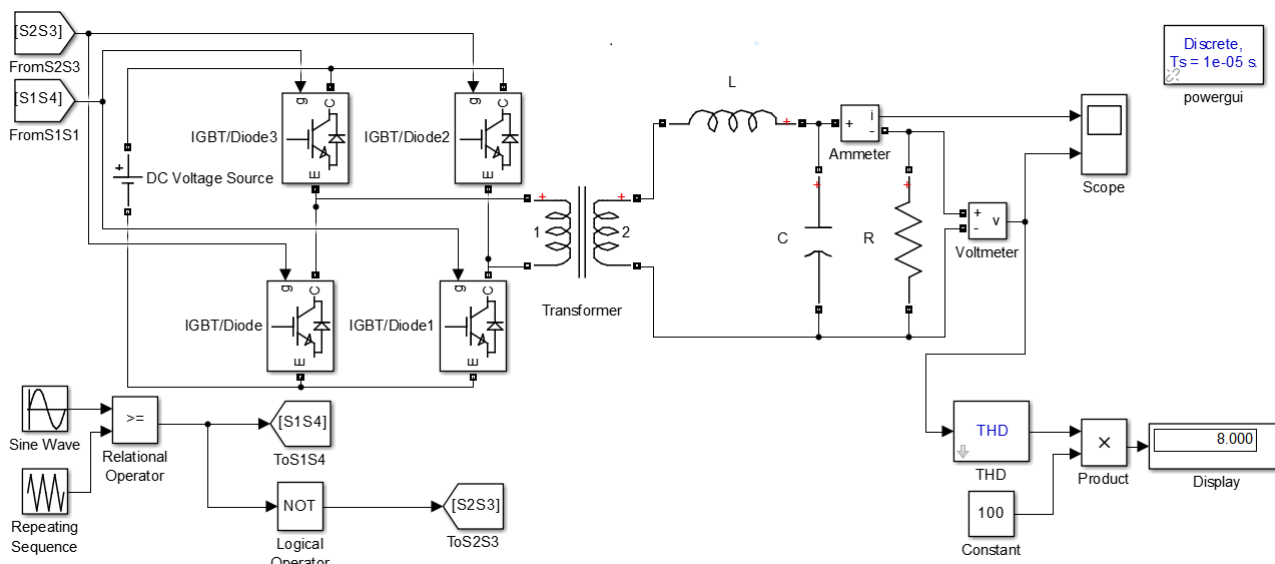


Рисунок 1 – Моделювання роботи інвертора на активне навантаження з використанням трансформатора і LC-фільтра

Інвертор моделі побудований на біполярних транзисторах з ізольованим затвором IGBT. Широтно-імпульсна модуляція реалізується за допомогою компаратора, на один вхід якого подаються трикутний періодичний сигнал з

допоміжного генератора, а на інший - модулюючий сигнал. На виході компаратора утворюються періодичні прямокутні імпульси з різною шириною, що подаються на затвор IGBT. Схема живиться джерелом з постійної напругою 12В.

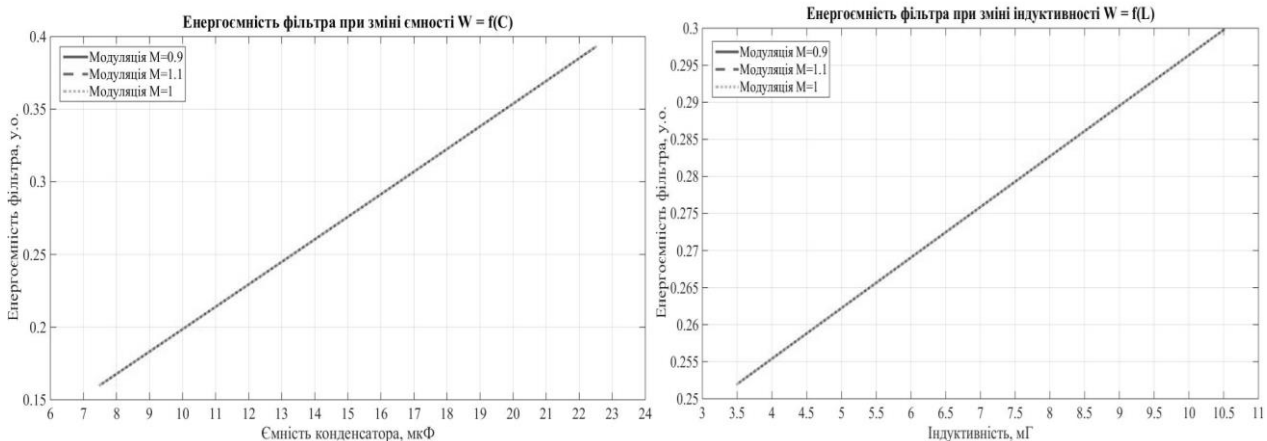
Критерієм енергоємності фільтруючої схеми виступає відношення суми реактивної потужності на ємності і індуктивності до активної потужності навантаження [2]:

$$W = \frac{|Q_L| + |Q_C|}{P_1} \quad (1)$$

де  $P_1$  – активна потужність навантаження,  $Q_L$ ,  $Q_C$  – реактивні потужності на індуктивності та ємності.

Навантаження моделюється за допомогою резистора з опором 48.4 Ом, що відповідає потужності 1 кВт при 220 В. Мінімальне значення енергоємності в бестрансформаторній схемі, при якому THD ще задовольняє стандарту (<8%), дорівнює  $W = 0.54$  і спостерігається при  $C = 30$  мкФ і  $L = 10$  мГн. Використання вихідного трансформатора дозволяє зменшити енергоємність до  $W = 0.28$ , при цьому  $C = 15$  мкФ і  $L = 7$  мГн.

Нами були обчислені залежності характеристик схеми від індуктивності та ємності LC-фільтру в діапазоні від 50% до 150% від оптимальних значень, а саме від 3.5мГ до 10.5мГ та від 7.5мкФ до 22.5мкФ при різних рівнях модуляції ШІМ ( $M=0.9, 1, 1.1$ ). Залежності енергоємності від індуктивності і ємності LC-фільтру зображені на рис. 2.

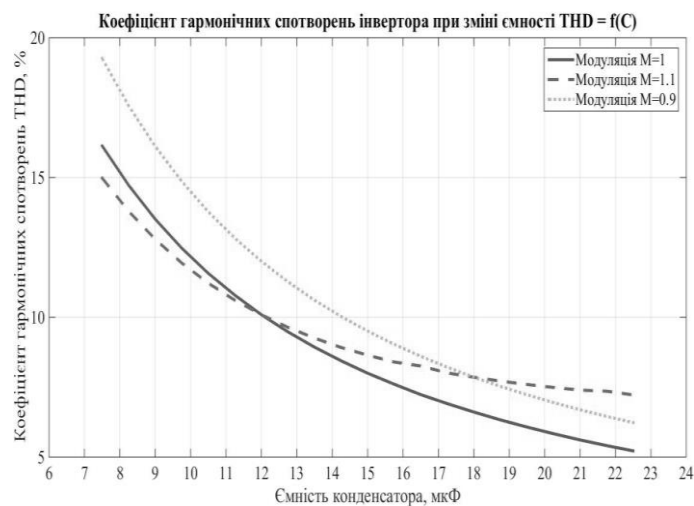


а

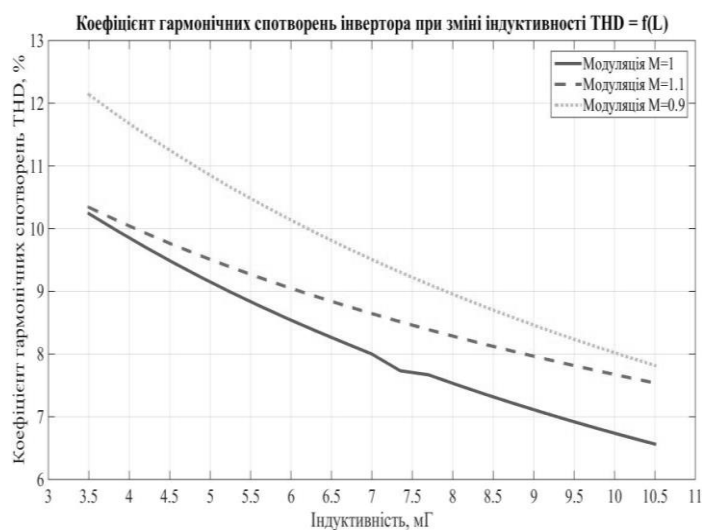
б

Рисунок 2 – Залежність енергоємності фільтруючої схеми при зміні: ємності LC-фільтра (а), індуктивності LC-фільтра (б).

Коефіцієнт спотворень синусоїдальної напруги (THD) обчислювався за допомогою FFT-аналізу (швидке перетворення Фур'є). Залежності THD від  $L$  і  $C$  при різних рівнях модуляції зображені на рис.3.



а



б

Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта гармонічних спотворень інвертора при зміні: ємності LC-фільтра (а), індуктивності LC-фільтра (б).

**Висновок:** THD знижується при збільшенні ємності та індуктивності LC-фільтра, однак зростає реактивна енергоємність фільтруючої схеми. Поліпшити якість потужності і знизити значення L і C дозволяє включення трансформатора на вихід інвертора. Збільшення в допустимих межах рівня модуляції (ШІМ), який практично не впливає на коефіцієнт енергоємності фільтра, дозволяє підвищити ефективність інвертору, однак веде до зростання THD.

Отримані результати можна використовувати при обчисленнях пасивних силових фільтрів і оптимізації роботи інверторів в складі електричних і перетворювальних систем.

#### Перелік посилань

1. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). [Чинний з 1.10.2014]. - К.: Держстандарт України, 2014. – 27 с.
2. Гельман М.В., Дудкин М.М., Преображенский К.А. Преобразовательная техника: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.