

УДК 621.314.26

**О. О. ЛЕВОН, О. О. ТОКАРЕВ****РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ ОБОЛОНКИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

Розробка програмної оболонки на мові *Matlab* з метою мінімізації часу необхідного для моделювання і проведення експериментальних досліджень електронних систем.

**Ключові слова:** формувач, високовольтний випрямляч, модуляційний пристрій, блок керування, некогерентне розсіяння.

Разработка программной оболочки на языке *Matlab* с целью минимизации времени, необходимого для моделирования и проведения экспериментальных исследований электронных систем.

**Ключевые слова:** формирователь, высоковольтный выпрямитель, модуляционное устройство, блок управления, некогерентное рассеяние.

Development of the program environment *Matlab* language to minimize the time required for the simulation and experimental studies of electronic systems.

**Keywords:** conditioners, high voltage rectifier, modulation device, control unit, incoherent scattering.

**Вступ.** З розвитком цифрової техніки актуальність використання радіоелектронних систем постійно збільшується. Радіоелектронні пристрої є невід'ємною частиною нашого життя. Не менш важливим питанням стає спрощення користування такими системами. Тому актуальною задачею є розробка універсального програмного коду, котрий реалізує алгоритм проведення експериментальних

досліджень математичної моделі об'єкта моделювання.

Об'єктом дослідження є режими роботи високовольтного випрямляча системи живлення формувача потужних зондуючих імпульсів із системою імпульсно-фазового керування (СІФК) математична модель якого виконана у програмному продукті *Matlab Simulink* [5,6].

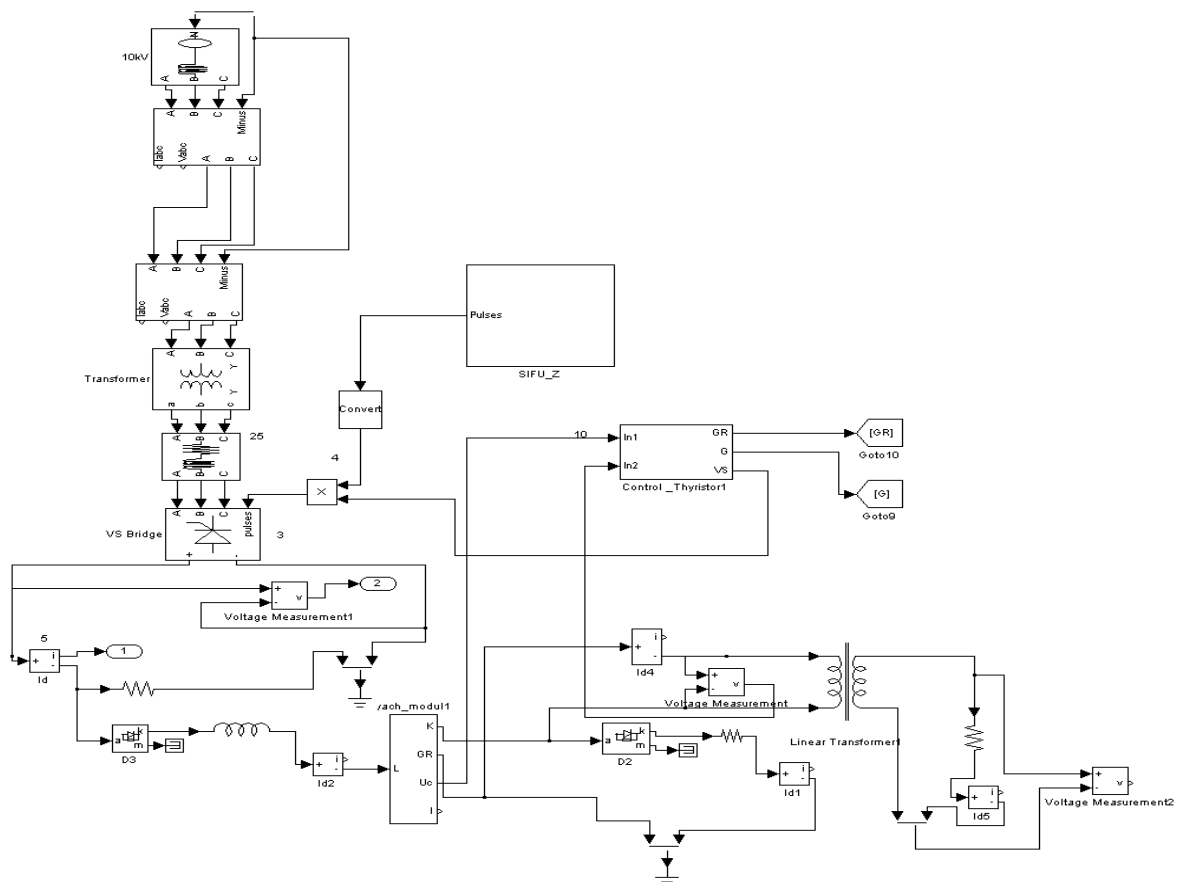


Рис. 1 – *Matlab* – модель системи живлення формувача потужних зондуючих імпульсів

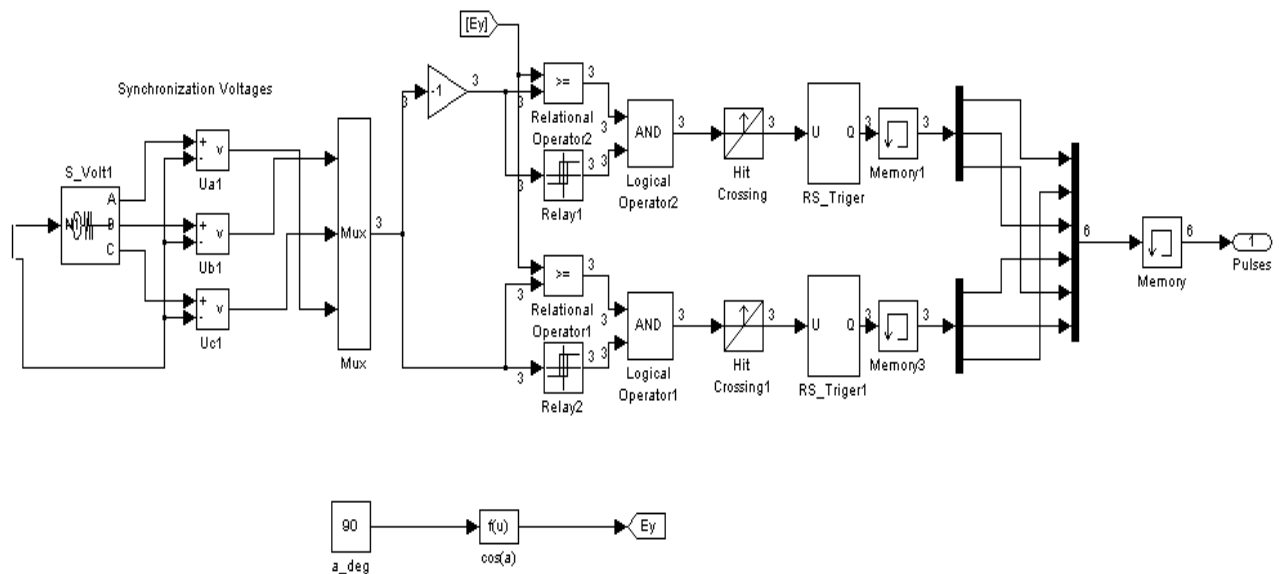


Рис. 2 – Matlab – модель СІФК високовольтним випрямлячем

Matlab – модель системи живлення формувача потужних зондуючих імпульсів представлена на рис. 1.

Модель складається з блоків, що імітують реальні елементи схеми. Блоки живлення підключаються до схеми через блок VS Bridge – модель комірок випрямляча. Блок представляє собою мостову схему, керування якою здійснюється блоком фазового контролю (Phase Control) і одним з виходів блоку Control\_Thyristor.

На рисунку блок VS Bridge – високовольтний випрямляч; SIFU-Z – блок керування; Control\_Thyristor1 – СІФК випрямлячем; Voltage Measurement1 – датчик напруги; Id – датчик струму. Як і в реальній схемі блок випрямляча під’єднано до блоку комірок модулятора через зарядний дросель L та зарядний вентиль (на схемі блок D3). Також в схемі присутні блоки кола стабілізації (D2), навантаження – блок імпульсного трансформатора. Для знімання показників до важливих точок схеми підключені осцилографи.

Matlab – модель СІФК високовольтним випрямлячем показано на рис. 2. На рисунку a\_deg – параметр, що задає кут керування; Ey – кут керування; Pulses – вихідний сигнал.

Розроблена програма запускає модель при різних кутах керування 30, 60 та 90, тобто три рази запускається моделювання схеми, після кожного моделювання програма зберігає на диск графіки сигналів як в графічному вигляді так і в масив даних.

Об’єктом дослідження є режими роботи високовольтного випрямляча зі СІФК.

На рис. 3 представлено початкове вікно роботи розробленої програми.

На рис. 4 представлено вікно роботи програми після запуску.

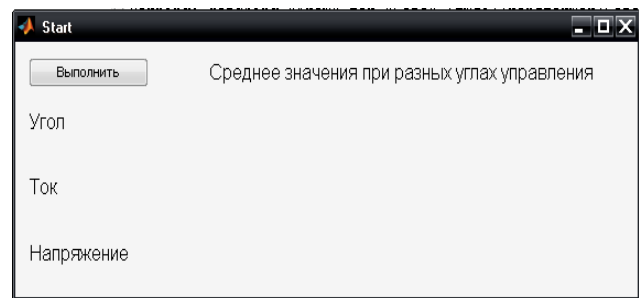


Рис. 3 – Початкове вікно програми

З рисунку 4 видно, що виводяться дані про кути і середні значення датчиків струму і напруги, отримані при моделюванні схеми.

Среднее значения при разных углах управления			
Угол	30	60	90
Ток	74.1504	41.5463	11.5405
Напряжение	549.316	277.856	89.4693

Рис. 4 – Результат роботи програми

Для запуску симуляції необхідно натиснути на кнопку «Виконати». Після чого кнопка стане недоступною, щоб виключити повторний запуск симуляції схеми. У свою чергу запуститься алгоритм програми, який працює за таким принципом. У кодї програми є змінна a\_deg, яка зберігає вектор значень кутів керування схеми. Для запуску основного модуля симуляції fnzi його необхідно спочатку ініціалізувати, що робиться за допомогою системної функції load\_system('fnzi'). Потім запускається цикл, який послідовно буде запускати основний модуль симуляції

$fmzi$  з різними параметрами кута. Передача значення кута проводиться за допомогою функції  $set\_param('fmzi/SIFU\_Z/a\_deg', 'Value', num2str(a\_deg(i)))$ . Запуск основного модуля симуляції проводиться за допомогою функції  $sim('fmzi',1)$ . В результаті симуляції на кожному кроці циклу повертаються такі значення:

$$[T, X, Out\_Id, Out\_Vd],$$

де:

$T$  – вектор значення часу;

$X$  – розрахункове стандартне відхилення модельованого відгуку для лінійних або нелінійних моделей;

$Out\_Id$  – вектор значень датчика струму;

$Out\_Vd$  – вектор значень датчика напруги.

На кожному кроці циклу, на підставі отриманих даних, будується два графіка струму і напруги, значення яких зберігаються в змінних  $Out\_Id$  і  $Out\_Vd$ . Дані графіки не відображаються користувачу, а зберігаються в графічний файл  $fig\_XXX.png$ . Так само зберігаються значення за якими був побудований графік в файли  $data\_Id\_XXX.txt$  і  $data\_Vd\_XXX.txt$ , де  $XXX$  – кут при якому була проведена симуляція схеми. Також за допомогою функції  $average()$  розраховується середнє значення даних датчика струму і напруги, які зберігаються в змінні  $a\_i(i)$  та  $a\_v(i)$ .

По завершенню циклу в основне вікно програми, як показано на рис. 4, виводяться дані про кути і середні значення датчиків струму і напруги, отримані при моделюванні. Також стає доступною кнопка «Виконати».

За даними, що були отримані при моделюванні, будуються графіки при різних кутах керування (30, 60, 90).

На рис. 5, показано моделювання випрямляча з кутом керування 30 градусів.

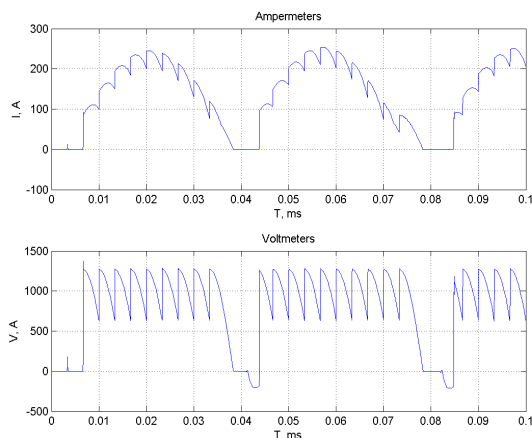


Рис. 5 – Моделювання випрямляча (кут керування 30 градусів)

На рис. 6 показано моделювання випрямляча з кутом керування 60 градусів.

На рис. 7 показано моделювання випрямляча з кутом керування 90 градусів.

Даний програмний код може використовуватись

у подальшому, для досліджень будь-яких електронних систем та пристроїв, наприклад для дослідження напівпровідникових перетворювачів електроенергії з цифровими системами керування [1-3]. Результати моделювання підтвердили ефективність розробленої програмної оболонки.

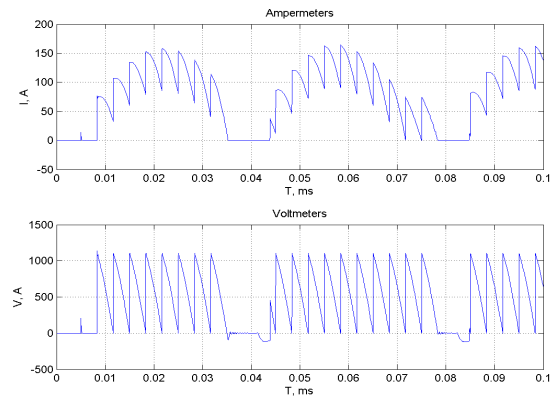


Рис. 6 – Моделювання випрямляча (кут керування 60 градусів)

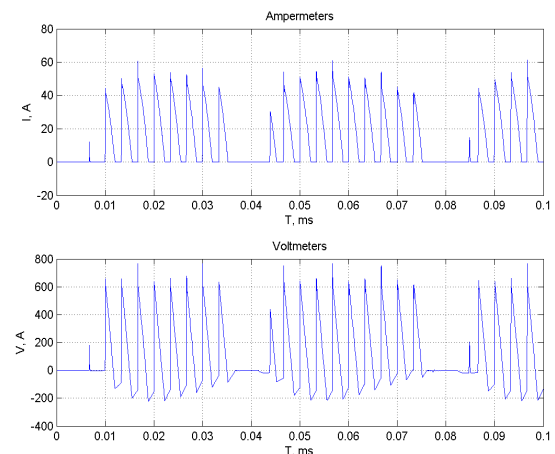


Рис. 7 – Моделювання випрямляча (кут керування 90 градусів)

**Висновки.** Розроблено програмний код, універсальний для будь-якого об'єкта моделювання, який реалізує алгоритм проведення експериментальних досліджень математичної моделі об'єкта моделювання. Було проведено дослідження роботи високовольтного випрямляча й порівняння ефективності роботи оболонки на програмному та призначеному для користувача рівнях.

Програмна оболонка розроблена з метою мінімізації часу необхідного для моделювання і проведення експериментальних досліджень електронних систем. Моделювання було виконане за допомогою пакетів прикладних програм *Matlab*.

Даний програмний код може використовуватись у подальшому, для досліджень або для навчання, результати моделювання підтвердили його ефективність.

#### Список літератури

1. Домнин И. Ф. Динамические характеристики двухмостового низкочастотного канала компенсатора неактивной мощности /

- И. Ф. Домнин, Е. А. Кайда* // Технічна електродинаміка. – 2009. – Ч. 4. – С. 63–67.
2. Домнин И. Ф. Многоконтурная система управления фильтрокомпенсирующим устройством / И. Ф. Домнин, Е. А. Кайда // Технічна електродинаміка. – 2010. – Ч. 2. – С. 44–47.
  3. Кайда Е. А. Нечеткое регулирование устройством компенсации неактивных составляющих полной мощности / Е. А. Кайда // Технічна електродинаміка. – 2011. – Ч. 1. – С. 184–188.
  4. Левон Е. А. Оптимизация параметров цифрового нечеткого регулятора / Е. А. Левон, И. Ф. Домнин, В. П. Северин // Технічна електродинаміка. – 2012. – Ч. 2. – С. 91–94.
  5. Domnin I. F. Fuzzy logic based control system of converter for powerful sounding pulses generator / I. F. Domnin, O. O. Levon, V. V. Varvyanskaya // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2014. – № 47 (1089). – С. 22–27.
  6. Левон О. О. Напівпровідниковий двоканальний регульований компенсатор неактивних складових повної потужності: дис... канд. техн. наук: 05.09.12 / Левон Олена Олександрівна. – Х., 2015. – 200 с.
- electrodynamika* [Technical electrodynamicity]. 2009, ch. 4, pp. 63–67.
2. Domnin I. F., Kaida E. A. Mnogokonturnaya Sistema upravleniya filitrokompensiruyushim ustroystvom [Multi-loop control system of filter compensating device]. *Tekhnichna electrodynamicity* [Technical electrodynamicity]. 2010, ch. 2, pp. 44–47.
  3. Kaida E. A. Nechetkoe regulirovanie ustroystvom kompensacii neaktivnyuh sostavlyayushih polnoi moshnosti [Fuzzy control devices compensate for the inactive components of total power]. *Tekhnichna electrodynamicity* [Technical electrodynamicity]. 2011, ch. 1, pp. 184–188.
  4. Domnin I. F., Levon E. A., Severin V. P. Optimizaciya parametrov cifrovogo nechetkogo regulyatora [Optimization of parameters of digital fuzzy controller]. *Tekhnichna electrodynamicity* [Technical electrodynamicity]. 2012, ch. 2, pp. 91–94.
  5. Domnin I. F., Levon O. O., Varvyanskaya V. V. Fuzzy logic based control system of converter for powerful sounding pulses generator. *Visnuk Nacionalnogo texnichnogo universitetu "Kharkivskiy politechniy institut"* [Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"]. 2014, no. 47 (1089), pp. 22–27.
  6. Levon O. O. Napivprovidnikovuy dvokanalnyy regulyovanuy kompensator neaktivnyuh skladovuh povnoi potugnosti: diss... Ph.D.: 05.09.12. Levon Olena Oleksandrovna. Kharkiv. 2015, 200 p.

## References (transliterated)

Надійшла (received) 05.09.2016

## Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Розробка програмної оболонки для моделювання та дослідження електронних систем / О. О. Левон, О. О. Токарев** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Радіофізика та іоносфера. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 34 (1206). – С. 13–16. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2078-9998.

**Разработка программной оболочки для моделирования и исследования электронных систем / Е. А. Левон, О. О. Токарев** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Радіофізика та іоносфера. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 34 (1206). – С. 13–16. – Библиогр.: 6 назв. – ISSN 2078-9998.

**Program environment developing for the modeling and study of electronic systems / О. О. Levon, О. О. Tokarev** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Radiophysics and ionosphere. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016. – No. 34 (1206). – P. 13–16. – Bibliogr.: 6. – ISSN 2078-9998.

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Левон Олена Олександрівна** – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри радіоелектроніки; тел.: (068) 890-04-38; e-mail: elena\_levon@ukr.net.

**Левон Елена Александровна** – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры радиоэлектроники; тел.: (068) 890-04-38; e-mail: elena\_levon@ukr.net.

**Levon Olena Oleksandrivna** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of radioelectronics; tel.: (068) 890-04-38; e-mail: elena\_levon@ukr.net.

**Токарев Олег Олегович** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел.: (050) 651-38-83; e-mail: lebron94@mail.ru.

**Токарев Олег Олегович** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент; тел.: (050) 651-38-83; e-mail: lebron94@mail.ru.

**Tokarev Oleg Olegovich** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", student; tel.: (050) 651-38-83; e-mail: lebron94@mail.ru.