

УДК 681.3

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ*Артемов В.В., к.т.н., доц., Осипова Л.Ю., ст. преп., Луханина В.В., инж.**Запорожская государственная инженерная академия**69006, г. Запорожье, пр. Ленина, 226**E-mail: lutoria@rambler.ru*

Наведено особливості створення моделей тиристорних перетворювачів при використанні універсальної програми Electronics Workbench (EWB), стійких при будь-якому характері навантаження. Представлено розроблені авторами системи керування тиристорними перетворювачами, що реалізують вертикальний принцип керування.

Ключові слова: моделювання, тиристорні перетворювачі, вертикальне керування.

The paper presents the peculiarities of thyristor converter modules creation with application of universal modelling programme Electronics Workbench (EWB), which are steady at any loading characteristics. The control systems of thyristor converters realizing the vertical control are developed and described by authors.

Key words: modelling, thyristor converter, vertical control.

Введение. Целесообразность, начавшегося в системе высшего инженерно-технического образования Украины, перехода от применения комплексов реального оборудования в виде физических моделей лабораторного практикума к универсальным компьютеризированным учебно-исследовательским стендам и далее к полностью компьютерным виртуальным [1] не вызывают сомнений. Только при таком пути реформирования вещественной стороны материально-технической базы лабораторного практикума и организации его проведения возможно сохранить приемлемый уровень подготовки выпускников технических университетов.

Анализ предыдущих исследований. Но нельзя закрывать глаза на то, что создание современных универсальных компьютерных стендов, аналогичных разработанным коллективом кафедры САУЭ КППУ под научным руководством проф. Родькина Д.И. [1-3], с одной стороны, возможно лишь при наличии соответствующего ученого-организатора, способного подготовить и закрепить вокруг себя коллектив высококвалифицированных специалистов – единомышленников, а с другой стороны, не только создание, но и применение подобных стендов вряд ли возможно в учебном процессе подготовки инженеров неэлектриков при крайне ограниченных знаниях последних в области дисциплин электротехнического профиля. В то же время учебные планы общинженерной подготовки таких специалистов предусматривают знакомство с курсами электрических машин, электропривода, промышленной электроники.

Расширение сфер применения силовой электроники - одного из действенных средств повышения энергоэффективности многих технологических процессов и установок вводит сегодня в круг пользова-

телей соответствующих моделирующих программ инженеров, не имеющих достаточных профессиональных знаний ни по преобразовательной технике, ни по специальному программированию.

Достаточно привлекательным для обеих названных групп массовых пользователей представляется программный пакет Electronics Workbench (EWB).

Простота пользования программой, обширная библиотека компонентов, возможность оперативной вариации параметров модели, удобная форма представления результатов анализа в виде показаний высокоточных виртуальных измерительных приборов и разверток на экране осциллографа с управляемыми настройками – все это существенно снижает уровень требований к начальной специальной подготовке пользователя и позволяет быстро перейти от первого этапа анализа к более сложному - творческому этапу синтеза цепей и устройств с заданными свойствами.

Однако реализации отмеченных достоинств EWB применительно к моделированию процессов в преобразовательных установках препятствует то обстоятельство, что в известных информационных материалах по применению EWB отсутствуют рекомендации по моделированию тиристорных преобразователей (ТП) [4]. Функционирование моделей таких преобразователей в среде EWB возможно лишь при одновременном наличии в модели соответствующих систем управления (СУ).

Синтез таких СУ, как правило, не под силу пользователям, не имеющих профессиональных навыков создания таких устройств.

Цель работы – изложение результатов разработки авторами учебно-исследовательских компьютерных моделей преобразовательных устройств с использованием пакета EWB.

Матеріал и результати дослідження. Авторами була вивчена можливість створення из стандартних бібліотечних компонентів несложних и достаточнo универсальних СУ для одно- и трехфазных ТП, забезпечуючих роботу ТП как в режимe обычного выпрямителя, так и в режимe зависимогo инвертирования.

Установлено:

1) на устійчивость работы моделей ТП в EWB существенно влияют:

а) грамотное построение силовой схемы ТП, предусматривающее заземления источников электропитания и обмоток согласующих трансформаторов;

б) гарантированность подачи необходимой мощности управления на управляющие электроды тиристоров во всем диапазоне изменения нагрузки ТП;

в) обоснованный выбор допустимой погрешности вычислений и количества итераций за время переходного процесса;

2) схемная простота при достаточной функциональной гибкости СУ достигается использованием фактора абсолютной внутренней синхронности бібліотечных источников электропитания переменного тока и идеализированности бібліотечных компонентів EWB.

Выполнение выше указанных условий позволило получить устійчивые режимы работы моделей ТП без использования дополнительных, отсутствующих в схемах реальных ТП элементов, и при этом предел допустимой погрешности не приходилось поднимать выше 3%.

На рис. 1 приведена схема однофазного двухполупериодного ТП с выводом нулевой точки, в которой реализован принцип вертикального двухканального управления с включением тиристоров анодным напряжением (СУ оформлена в виде подсхемы BU). Роль опорного пилообразного (развертывающего) напряжения играет напряжение несимметричной треугольной формы функционального генератора – ФГ. Частота этого напряжения равна удвоенной частоте силового питающего напряжения. В качестве узла сравнения в каналах управления удобно использовать переключатель, управляемый напряжением ($\pm U$).

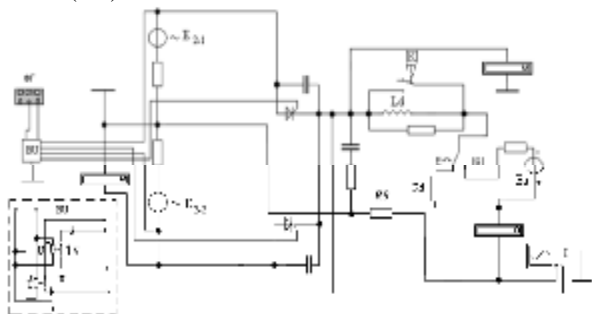


Рисунок 1 – Схема модели однофазного тиристорного выпрямителя

Регулирование углов включения тиристоров α

осуществляется путем изменения смещения (OFFSET) опорного напряжения с лицевой панели ФГ.

Схема позволяет получить диапазон регулирования α от 5-7 до 170-175⁰ при любом характере нагрузки. С помощью переключателя S в цепи постоянного тока выпрямителя можно включить внешний источник постоянного тока, необходимый для инверторного режима работы выпрямительной схемы.

На рис. 2 приведены осциллограммы выпрямленного напряжения U_d и тока нагрузки i_d однофазного выпрямителя в режиме непрерывного тока, а на рис. 3 – в режиме прерывистого тока.

Схема трехфазного выпрямителя с нулевым выводом с использованием в СУ принципа вертикального управления приведена на рис. 4 (СУ оформлена в виде подсхемы BU). Роль опорного напряжения в схеме также играет несимметричное треугольное напряжение, снимаемое с другого парафазного выхода ФГ. Управляющие сигналы на тиристоры выпрямителя подаются от накопительного конденсатора C_H в течение времени замкнутого состояния контакта, управляемого напряжением переключателя $\pm U$. Заряд накопительного конденсатора осуществляется от вспомогательного источника E_y . Вспомогательный конденсатор C_d , включенный параллельно выходу выпрямителя, образует путь протекания тока цепей управления тиристоров, независимый от параметров цепи нагрузки выпрямителя.

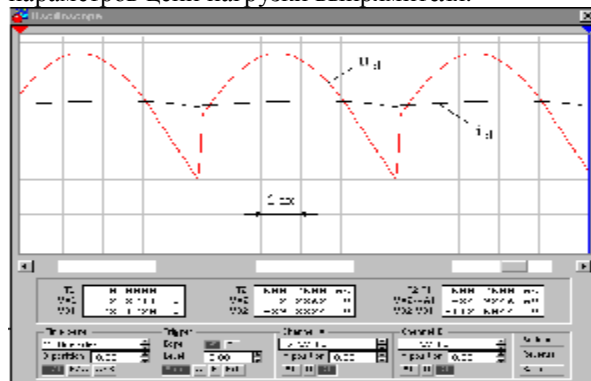


Рисунок 2 – Осциллограммы выходного напряжения u_d и тока i_d однофазного выпрямителя в режиме непрерывного тока

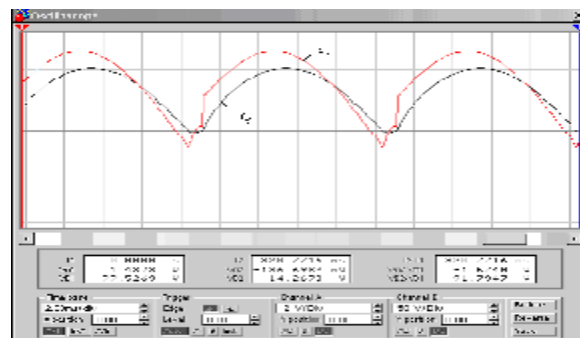


Рисунок 3 – Осциллограммы выходного напряжения u_d и тока i_d однофазного выпрямителя в режиме прерывистого тока

Изменение характера нагрузки обеспечивается переключателем S . Источник E_0 играет служебную роль при определении с помощью осциллографа фазового угла включения тиристоров. Использование переключателя M позволяет исследовать выпрямитель при работе с нулевым вентилем.

На рис. 5 представлены осциллограммы напряжения u_d и тока нагрузки i_d трехфазного нулевого выпрямителя в режиме непрерывного тока.

Экспериментальная проверка показала, что устойчивая работа моделей одно- и трехфазных выпрямителей по приведенным схемам во всех режимах обеспечивается при 25 итерациях (одно из стандартных значений в EWB) в широком диапазоне изменения тока нагрузки.

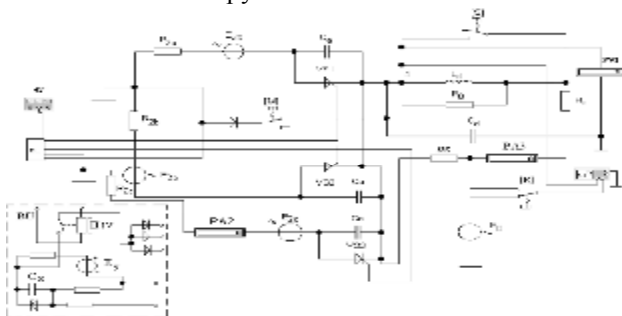


Рисунок 4 – Схема модели трехфазного выпрямителя

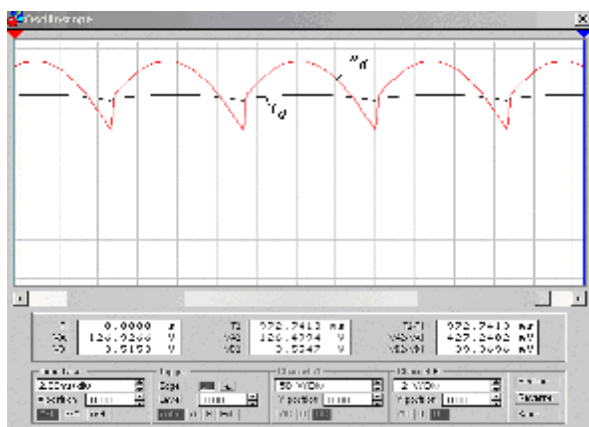


Рисунок 5 - Осциллограммы выходного напряжения u_d и тока i_d трехфазного выпрямителя

Представленные модели ТП введены в лабора-

торный практикум по моделированию полупроводниковых преобразователей на кафедре энергетического менеджмента в Запорожской государственной инженерной академии.

Кроме рассмотренных моделей в комплект виртуальных лабораторных работ по курсу входят модели инвертора, ведомого сетью, и автономного инвертора напряжения.

Следует отметить, что само по себе проектирование блок-схем управления силовыми ключами преобразовательных устройств представляет собой увлекательную задачу с элементами подлинного творчества, что несомненно может быть использовано, как для мотивации студентов так и для организации различных по сложности форм подготовки и проведения лабораторных работ и курсовых проектов с экспериментальной частью.

Выводы. Получены результаты, подтверждающие возможность расширения применения удобной и доступной широкому кругу пользователей программы EWB для моделирования процессов в тиристорных преобразователях, в объемах, изучаемых в общих курсах промышленной электроники, преобразовательных установок, полупроводниковых преобразователей электроэнергии и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чорний О.П., Євстіфєєв. В.О. Сучасні технології професійної підготовки спеціалістів з електромеханіки // Електроінформ, 2005. – №4. – С. 20-22.
2. Родькин Д.И., Бялобржеский А.В., Кривоносов С.А. и др. Лабораторные исследовательские комплексы на базе измерительно-управляющих компьютеризированных систем // Вісник КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2002, Вип. 1/2002(12). – С. 412-418.
3. Калинов А.П., Гладырь А.И. Универсальное учебно-исследовательское оборудование для электромеханических лабораторий // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КДПУ, 2007, Вип. 1/2007(1). – С. 14-19.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. – М.: СОЛОН, 2000. – 506 с.

Стаття надійшла 11.04.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

