

УДК 62-83

Д. И. Морозов, И. С. Шевченко, кандидаты техн. наук

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА»

Аннотация. Представлено описание виртуального стенда для изучения работы тиристорного преобразователя постоянного тока, собранного по нулевой трехфазной схеме. Стенд представляет собой программу, реализующую графический интерфейс пользователя (GUI) в пакете MATLAB.

Ключевые слова: тиристорный преобразователь, виртуальный стенд, MATLAB GUI

D. Morozov, PhD., I. Shevchenko, PhD.

VIRTUAL LABORATORY STAND “DIRECT CURRENT THYRISTOR CONVERTER”

Abstract. The description of the virtual stand to study the processes of the DC thyristor converter by zero-phase scheme. Stand is a program that implements a graphical user interface (GUI) in MATLAB.

Keywords: thyristor converter, virtual stand, MATLAB GUI

Д. И. Морозов, И. С. Шевченко, кандидаты техн. наук

ВИРТУАЛЬНИЙ ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД «ТИРИСТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

Анотація. Представлено опис віртуального стенда для вивчення роботи тиристорного перетворювача постійного струму з нульовою трифазною схемою. Стендом є програма, що реалізує графічний інтерфейс користувача в (GUI) в пакеті MATLAB.

Ключові слова: тиристорний перетворювач, віртуальний стенд, MATLAB GUI

Введение. В настоящее время виртуальные лабораторные стенды широко применяются для подготовки специалистов [1, 2]. Для подготовки электромехаников разрабатываются лабораторные стенды нескольких классов: стенды визуализации и управления реальным электроприводом, в том числе для дистанционной работы [3]; виртуальные стенды, имитирующие работу электропривода с интерфейсом в виде щита управления [4]; виртуальные 3D стенды и лаборатории.

Тиристорный преобразователь постоянного тока является сложным импульсным многосвязным нелинейным объектом, на работу которого оказывают влияние как управляющие и возмущающие воздействия, так и параметры силовых цепей. Кроме того, при работе преобразователя при определенных условиях могут иметь место дополнительные эффекты.

В настоящее время исследование тиристорного преобразователя может быть произведено на схемотехнической модели в любом специальном пакете прикладных программ. Однако при изучении работы преобразователей постоянного тока требуется большое количество времени, даже для «получения» требуемого режима работы, уже не говоря о исследовании полученных процессов и эффектов в комплексе. Упрощение процесса исследования преобразователя видится в применении виртуального стенда, который позволит отслеживать работу преобразователя при изменении воздействий и параметров силовой части, в котором влияние изменения можно «увидеть» по отношению к предыдущему состоянию «сразу же».

Цель работы. Создание виртуального стенда для исследования тиристорного преобразователя постоянного тока.

Описание стенда. В стенде реализована работа тиристорного преобразователя постоянного тока, собранного по трехфазной нулевой схеме. Тиристоры рассматриваются идеальными. Защитные RC-цепочки не учитываются.

Виртуальный лабораторный стенд программно реализован в пакете MATLAB. Графический интерфейс пользователя (GUI) написан на встроенном языке программирования без применения среды GUIDE [5].

Алгоритм программы. В программе рассчитываются процессы изменения токов (фазных и выпрямленного), выпрямленного напряжения в квазиустановившемся режиме. Процессы получаем исходя из аналитических выражений для решений на этапах, которые будут иметь место в соответствии с конфигурацией силовой части и режимом работы преобразователя [6, 7]. Задача стыковки начальных и конечных значений координат на каждом этапе решается итерационно по условию равенства значений в начале и в конце периода пульсаций выпрямленного тока – в нашем случае 120 электрических градусов.

Особенности работы программы. Программно реализована возможность задать угол управления, тип нагрузки (R, RL), значение постоянной ЭДС в нагрузке, индуктивное сопротивление фаз питающей сети (L2) в любых комбинациях. Для того, чтобы получить процессы, которые имеют место только при реальных значениях параметров, в программе заложена возможность задать амплитудное значение фазного напряжения вторичной обмотки трансформатора, а диапазоны значений параметров, которые возможно устанавливать при исследовании, ограничены программой в целесообразных значениях. Особенно это касается максимальных значений индуктивности фаз

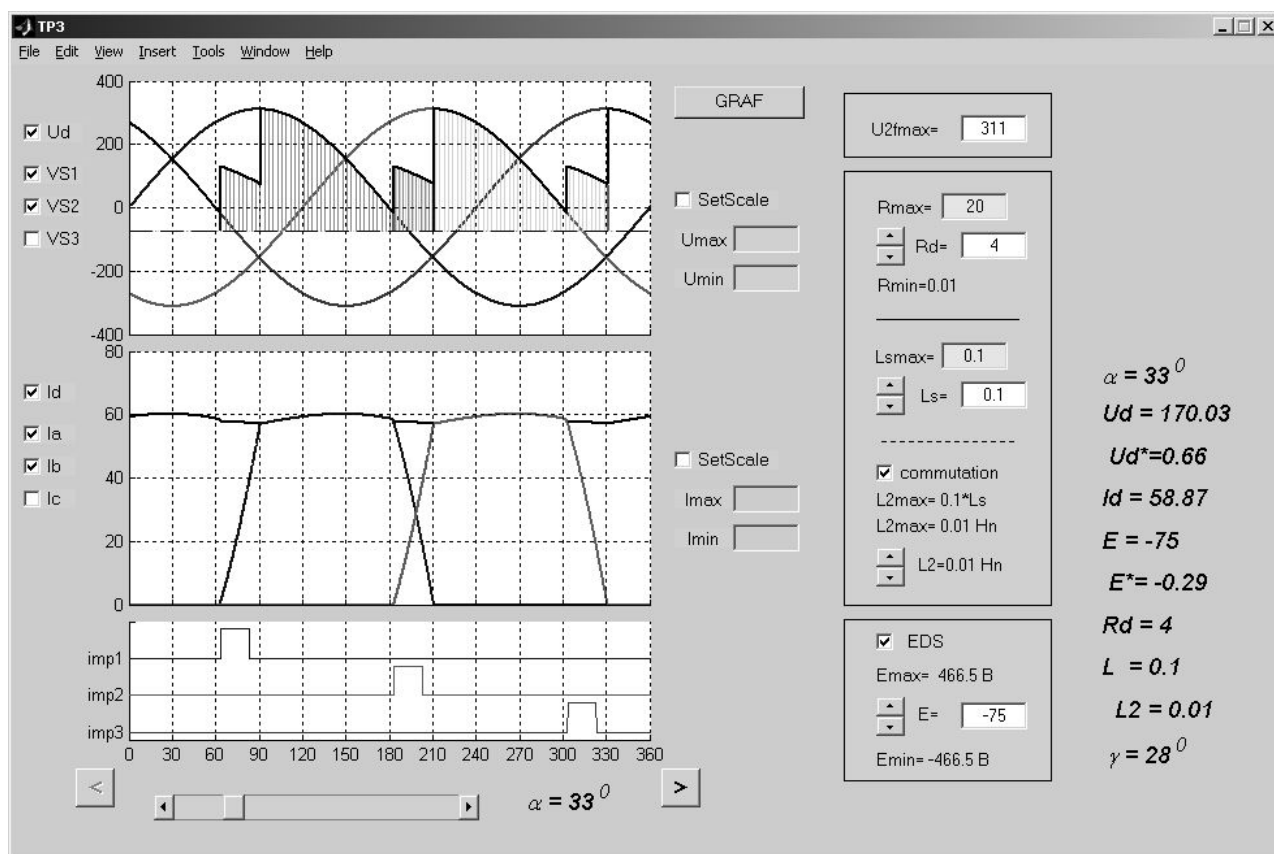


Рис. 1. Скрин стенда в режиме непрерывного тока с учетом явления коммутации с отрицательной противо-ЭДС

сети, которые «привязываются» к максимальным значениям индуктивности нагрузки. Минимальное значение активного сопротивления нагрузки фиксировано и составляет 0,01 Ом.

Программно, в зависимости от установленных параметров, также реализовано ограничение углов управления: минимального чтобы избежать отсутствия выпрямительного режима, максимального – чтобы избежать режима прорыва инвертора.

Интерфейс. Графики процессов выводятся в трёх окнах: напряжения, токи и импульсы управления тиристорами (рис. 1). Кнопки управления графиками позволяют вывести участки проводимости каждого тиристора, ток каждой фазы, установить пределы по оси ординат в графиках напряжений и токов, сместить картину процессов по оси времени (кнопки «<<», «>>»), получить фигуру с графиками и результатами для вставки в отчет (кнопка GRAF).

Угол управления (α) можно установить слайдером с шагом, кратным 3 градусам. Параметры нагрузки и конфигурация силовой части преобразователя задаются в средней части окна стенда.

В правой части отражаются заданные параметры и показатели, рассчитанные исходя их полученных процессов работы преобразователя. Средние значения выпрямленного напряжения и заданной ЭДС (при ее наличии) также выводятся в относительных единицах (U_d^* , E^*) по отношению к максимальному значению среднего выпрямленного напряжения. При учете ин-

дуктивности питающей сети также выводится и полученное значение угла коммутации γ (рис. 1).

Выводы. Полученный виртуальный стенд позволяет исследовать работу тиристорного преобразователя во всех режимах и комбинациях параметров. Данный стенд может быть использован как преподавателем для объяснения работы преобразователя, так и студентами для выполнения лабораторных работ, в том числе и дистанционно.

Список использованной литературы

1. Лашко Ю. В. Виртуальные лабораторные комплексы – средство самоорганизации процесса обучения студентов по техническим специальностям / Ю. В. Лашко, А. П. Черный, О. А. Черная // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С. 580 – 584
<http://masters.donntu.edu.ua/2014/etf/makarov/library/article2.htm>
2. Чорний О. П. Віртуальні комплекси і тренажери – технологія якісної підготовки фахівців у галузі електромеханіки, автоматизації та управління / О. П. Чорний, Д. Й. Родькін // *Вища школа: наук.-практ. видан. «Освітні технології»*. – 2010. – № 7, 8. – С. 23 – 34.
3. Крисан Ю. А. Лабораторный стенд дистанционного управления и контроля параметров электропривода LENZE / Ю. А. Крисан, И. А. Орловский [и др.] // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського*. – Кре-

менчук : – 2009. – КДПУ. – Вип. 3/2009 (56). – Ч. 2. – С. 124-126.

[http://www.kdu.edu.ua/statti/2009-3-2\(56\)/124.PDF](http://www.kdu.edu.ua/statti/2009-3-2(56)/124.PDF)

4. Чорний О. П. Віртуальні лабораторні комплекси для навчального процесу та наукових досліджень. Підсумки і досвід розробки / О. П. Чорний, Д. Й. Родькін, В. О. Євстифєєв, А. Л. Перекрест, Т. В. Величко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук : 2008. – Вип. 3/2008 (50). – Ч.1. – С. 28 – 42.

[http://www.kdu.edu.ua/statti/2008-3-1\(50\)/28.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2008-3-1(50)/28.pdf).

5. Дьяконов В. П. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Самоучитель / В. П. Дьяконов. – ДМК Пресс, – 768 с.

6. Булгаков А. А. Новая теория управляемых выпрямителей / А. А. Булгаков. – К. : Наука, 1970. – 320 с.

7. Шипилло В. П. Автоматизированный вентильный электропривод / В. П. Шипилло. – М. : Энергия, 1969. – 400 с.

Получено 04.07.2014

References

1. Lashko Yu.V., Chernyi A.P., and Chernaya O.A. Virtual'nye laboratornye komplekсы – sredstvo samoorganizatsii protsessa obucheniya studentov po tekhnicheskim spetsial'nostyam [Virtual Laboratory Complexes is a Means of Self-Organization of the Learning Process of Students in Technical Disciplines], (2012), *Elektromekhanichni i Energozberigayuchi Sistemi*, Kremenchuk, Ukraine, Vol. 3/2012 (19), pp. 580 – 584 (In Russian).

<http://masters.donntu.edu.ua/2014/etf/makarov/library/article2.htm>

2. Chornyj O.P., and Rod'kin D.J. Virtual'ni komplekсы i trenazhery – tehnologija jakisnoi' pidgotovky fahivciv u galuzi elektromehanikey, avtomatyzacii' ta upravlinnja [Virtual Systems and Technology Training is Quality Training of Electromechanical, Automation and Control], (2010), *Vyshha Shkola: Nauk.-Prakt. Vydan. "Osvitni tehnologii"*. Ukraine, No. 7, No 8, pp. 23 –34 (In Ukrainian).

3. Krisan Yu.A., and Orlovskii I.A. Laboratornyi stend distantsionnogo upravleniya i kontrolya parametrov elektroprivoda LENZE [Laboratory Stand of Remote Control and Control of Parameters of the LENZE Electric Drive], (2009), *Visnyk Kremenchuc'kogo Derzhavnogo Politehnichnogo Universytetu im. M. Ostrograds'kogo*, Kremenchuk, Ukraine, Vol. 3/2009 (56), Vol.2, pp. 124 – 126 (In Russian).

[http://www.kdu.edu.ua/statti/2009-3-2\(56\)/124.PDF](http://www.kdu.edu.ua/statti/2009-3-2(56)/124.PDF)

4. Chornyj O.P., Rod'kin D.J., Jevstifjejev V.O., Perekrast A.L., and Velychko T.V. Virtual'ni laboratorni komplekсы dlja navchal'nogo procesu ta naukovykh doslidzhen'. Pidsumky i dosvid rozrobky [Virtual Laboratory Complexes for Educational Process and Scientific Researches. Results and Experience of Design], (2008), *Visnyk Kremenchuc'kogo Derzhavnogo Politehnichnogo Universytetu*, Kremenchuk, Ukraine, Vol. 3/2008 (50), p.1, pp. 28 – 42 (In Ukrainian).

[http://www.kdu.edu.ua/statti/2008-3-1\(50\)/28.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2008-3-1(50)/28.pdf)

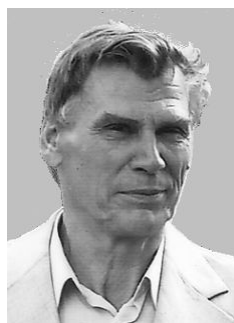
5. D'yakonov V.P. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Samouchitel' [MATLAB 7.*/R2006/R2007: Self-Instruction Manual], *DMK Press Publ.*, 768 p. (In Russian).

6. Bulgakov A.A. Novaya teoriya upravlyaemykh vypryamitelei [The new theory of Controllable Rectifiers], (1970), Kiev, Ukraine, *Nauka Publ.*, 320 p. (In Russian).

7. Shipillo V.P. Avtomatizirovannyi ventil'nyi elektropriwod [The Automated Valve Electric Drive], (1969), Moscow, Russian Federation, *Energiya Publ.*, 400 p. (In Russian).



Морозов
Дмитрий Иванович,
канд. техн. наук, доц. каф.
автоматизированных электромеханических систем
Донбасского государственн.
технич. ун-та.
94204, Луганская обл.,
Алчевск, пр. Ленина, 16,
ДонГТУ, каф. АЭМС
E-mail:
dimorozov2@yandex.ru



Шевченко
Иван Степанович,
канд. техн. наук, проф.,
каф. автоматизированных
электромеханических систем
Донбасского государственн.
вен. технич. ун-та