

- ными преобразователями частоты с ШИМ для электроприводов переменного тока // Электротехника. – 2003. – №6. – С. 39–47.
4. Чехет Э. М., Соболев В. Н., Михальский С. Н., Шаповал И. А., Полищук С. Н. Тенденции развития матричных преобразователей для асинхронного электропривода // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. – 2005. – Вып.45. – С. 32–37.
 5. Tyshaki O., Riefenstahl U. Frequenzumrichter für Modernen drehstromantriebe:simulativer vergleich der halbleiterverluste//Збірник наукових праць Дніпродзержинського ДТУ. Темат. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика». – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. – С. 66–67.
 6. Klumpner C., Blasbjerg F., Thogersen P. Evaluation of the converter topologies suited for imergrated motor drives// Proceedings of IAS'2003-salt Lake City (USA).– 12–16 October, 2003. – Vol. 11.– P. 890–897.
 7. Ковач К. П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока / Пер. с нем. яз., – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 744с.
 8. Пивняк Г. Г., Волков А. В. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – 470 с.
 9. Волков А. В. Исследование пускового режима асинхронного двигателя при питании от автономного инвертора с широтно-импульсным регулированием выходного напряжения / Техн. електродинаміка. – 1996. – № 5. – С. 37–42.
 10. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SPI/7 + Simulink 5/6. Основы применения. – М.:СОЛОН – Пресс, 2005. – 800 с.

Поступила в редакцию 25.12.07 г.

Розроблена імітаційна модель дволанцюгового безпосереднього перетворювача частоти, навантаженого на асинхронний двигун, призначена для дослідження електромагнітних та електромеханічних процесів в перетворювачі частоти і двигуні.

A simulation model of the two-section direct transformer of frequency, loaded on the asynchronous engine, intended for research of electromagnetic and electromechanics processes in the transformer of frequency and engine are developed.

УДК 62-83: 681.51

А. С. Трухин

Имитационная модель реверсивного тиристорного электропривода постоянного тока с отдельным управлением

Разработана уточненная имитационная модель реверсивного тиристорного электропривода постоянного тока с отдельным управлением, посредством которой выполнен расчет электромеханических и электромагнитных процессов электропривода.

В связи с бурным развитием вычислительной техники на ее основе с использованием современных мощных вычислительных пакетов программ [1] создаются многочисленные имитационные модели [2], предназначенные для исследования электромагнитных и электромеханических процессов в автоматизированных электроприводах постоянного и переменного тока. Это чрезвычайно актуально и востребовано практикой, поскольку указанные имитационные модели позволяют значительно расширить количество исследуемых вариантов режимов электропривода, существенно уменьшить трудоемкость и сократить сроки проводимых исследований.

При этом, несмотря на то, что исследованию электромагнитных и электромеханических процессов в тиристорных электроприводах постоянного тока (ТЭПТ) на протяжении последних тридцати лет посвящены многочисленные работы (в том числе такие известные, как [3–5]), до настоящего времени вопросы создания имитационных моделей ТЭПТ с отдельным управле-

нием, учитывающих реальные дискретные свойства тиристорного преобразователя (ТП), остаются недостаточно рассмотренными.

Целью статьи является разработка уточненной имитационной модели тиристорного электропривода постоянного тока, в которой учитываются особенности функционирования мостовой схемы реверсивного ТП с отдельным управлением (РУ).

При разработке данной уточненной модели ТЭПТ, представленной на рис. 1, использованы следующие блоки пакета Simulink [1]:

- 1) Bridge firing unit – система импульсного фазового управления (СИФУ);
- 2) Universal Bridge – нереверсивный тиристорный мост;
- 3) DC Machine – двигатель постоянного тока;
- 4) Ls – индуктивность и активное сопротивление преобразователя;
- 5) W_{rw} – регулятор скорости;
- 6) W_{rt} – регулятор тока.

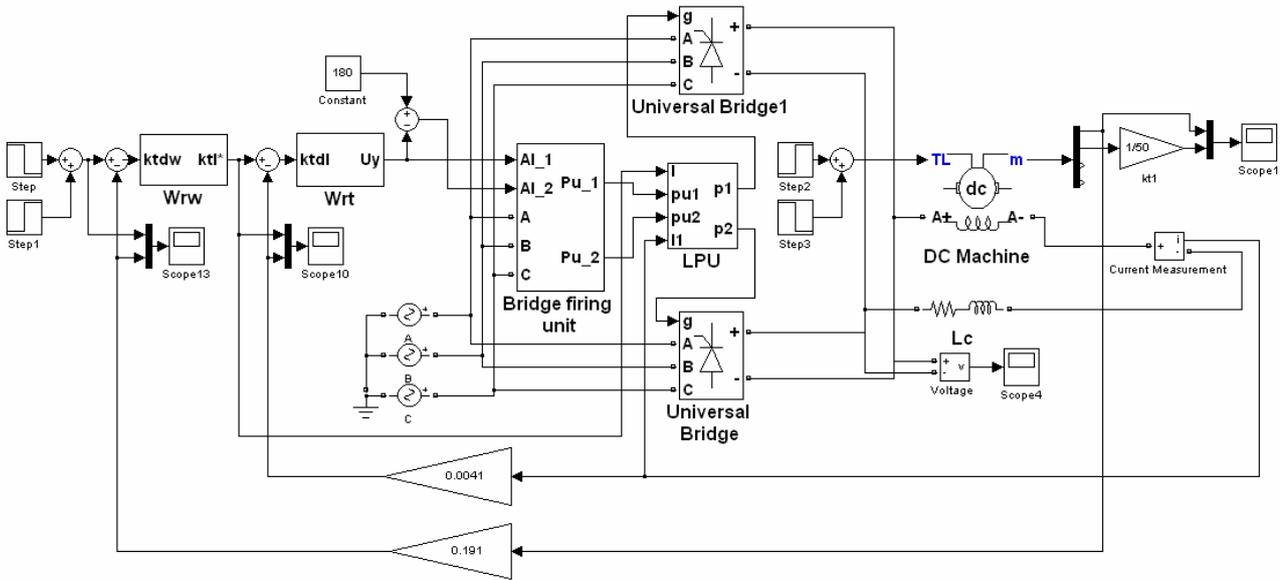


Рис. 1. Схема имитационной модели ТЭПТ в пакете Simulink

Кроме этого, в модели разработан оригинальный блок LPU, осуществляющий функцию логического переключающего устройства. В имитационной модели задавались два варианта реализации логического переключающего устройства (ЛПУ): двухпозиционного и трехпозиционного.

Принцип действия двухпозиционного ЛПУ заключается в том, что в момент времени, когда сигнал задания на якорный ток достигает нуля, снимаются импульсы управления с первого нереверсивного моста, и в течение (3-5) мс импульсы на обоих мостах отсутствуют. После этого импульсы подаются на второй нереверсивный мост ТП. Воспроизведение данного ЛПУ в модели осуществляется с помощью схемы, показанной на рис. 2. Для создания указанной временной задержки используются блоки: Gain, Integrator, Relay. Посредством блока: Compare производится

сравнение задания на ток и фактического тока якоря с нулем. По выходному сигналу этого блока принимается решение о сбросе интегратора (Integrator) и подаче импульсов управления на соответствующий нереверсивный тиристорный мост «Вперед» или «Назад» (посредством переключателя: Switch).

Трехпозиционное ЛПУ функционирует следующим образом:

- при сигнале задания якорного тока по модулю больше, чем 1 % от номинального $I_{яН}$, импульсы управления должны подаваться только на тиристоры одного (заданного) моста;

- когда сигнал задания $I_{я}^*$ якорного тока находится в интервале: $-0,01I_{яН} \leq I_{я}^* \leq 0,01I_{яН}$, – то выполняется сканирующее управление якорным током двигателя [5].

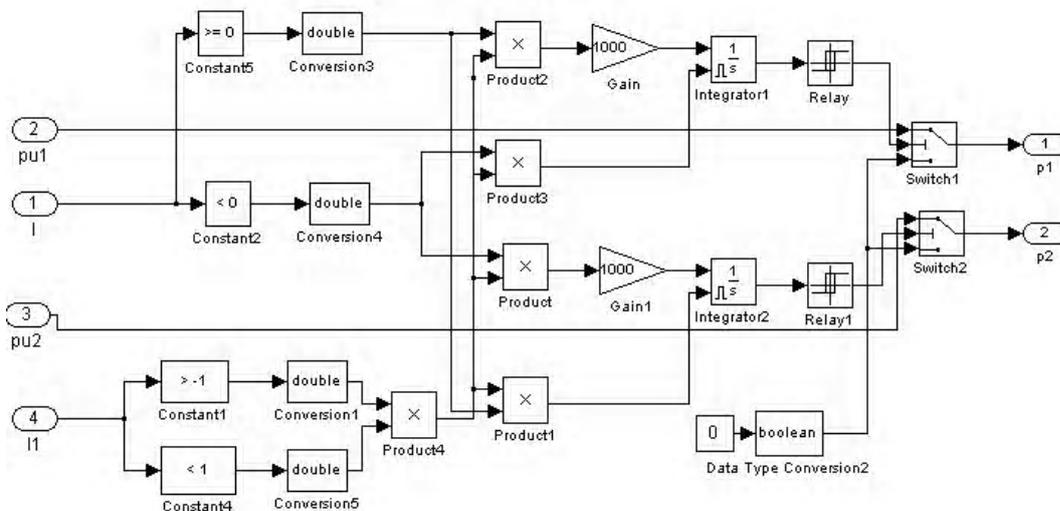


Рис. 2. Схема имитационной модели ЛПУ с двухпозиционной логикой

Сканирующее управление возможно осуществить, если подавать управляющие импульсы поочередно: сначала на первый мост, потом – на второй мост и т. д. Блок Compare в схеме трехпозиционного ЛПУ на рис. 3 сравнивает абсолютные значения заданного и фактического якорного тока двигателя с уровнем, равным $0,01 I_{ян}$. В зависимости от выходного сигнала этого блока импульсы управления поступают на переключатель SWITCH, где происходит выбор импульсов управления: блок Imp V, N пропускает каждый четвертый импульс, а Form Imp V, N – формирует импульсы нужной длительности.

С помощью разработанной имитационной модели рассчитаны для тиристорного электропривода (с параметрами двигателя и преобразователя из табл. 1 и табл. 2) электромеханические процессы: разгона, наброса и сброса номинальной нагрузки, реверса, торможения до полной остановки, – показанные на рис.4

Таблица 1. Паспортные данные двигателя

Наименование параметров	Значение
тип	П2ПМ-500-144-7УЗ
мощность	500 кВт
напряжение	440 В
ток якоря	1220 А
ном. частота вращения	500 об/мин
сопротивление якоря	0,011 Ом
индуктивность якоря	1 мГн

Таблица 2. Паспортные данные преобразователя

Наименование параметров	Значение
схема	реверсивная мостовая
эквивалентное сопротивление, Ом	0,025
эквивалентная индуктивность, мГн	3,8
действующее сетевое напряжение, В	380

для двухпозиционного (а) и трехпозиционного (б) ЛПУ. Данные электромеханические процессы соответствуют двухконтурной системе автоматического управления скоростью ТЭПТ с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и настройкой контура тока и скорости на модульный оптимум.

На графиках на рис. 5 показаны рассчитанные на имитационной модели временные диаграммы якорных напряжения (а) и тока (б) при реверсе тока на выходе ТП для двухпозиционного и трехпозиционного ЛПУ. На графиках на рис. 6 показаны временные диаграммы якорного тока и якорного напряжения тиристорного преобразователя при малых значениях тока для двухпозиционного (а) и трехпозиционного ЛПУ.

На рис. 7 приведено рассчитанное на имитационной модели изменение выходного напряжения реверсивного ТП, соответствующее показанными на рис. 4 изменениям скорости и якорного тока двигателя в ТЭПТ с двухпозиционным или трехпозиционным ЛПУ.

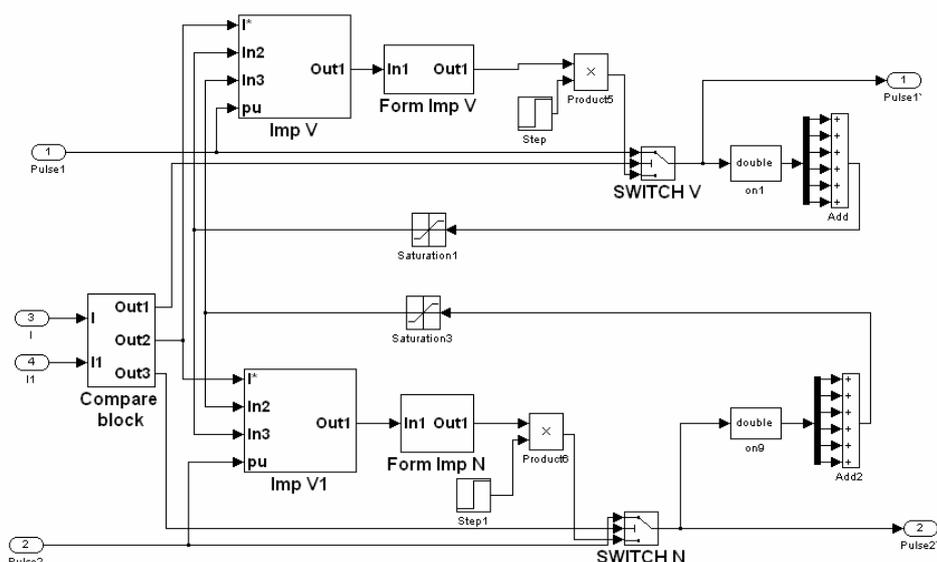
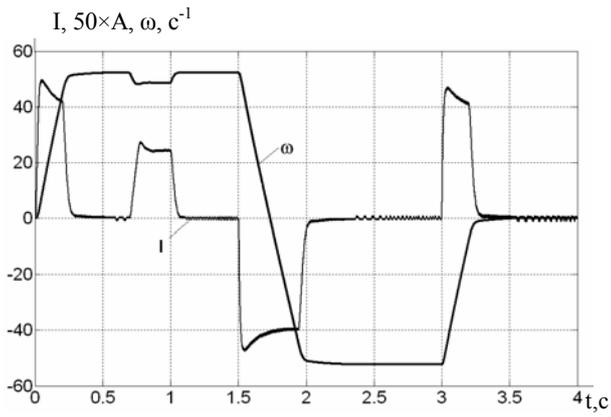
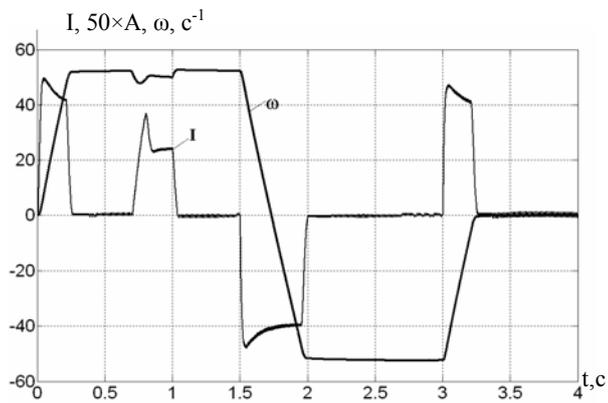


Рис. 3. Схема имитационной модели трехпозиционного ЛПУ

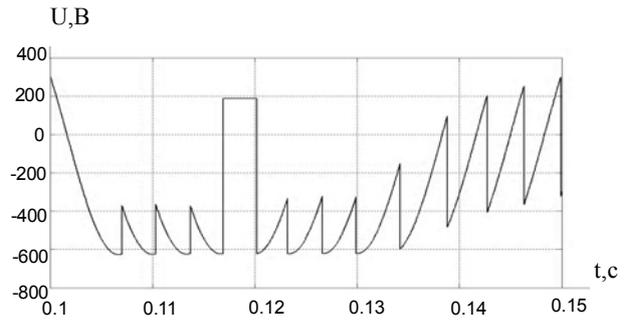


а)

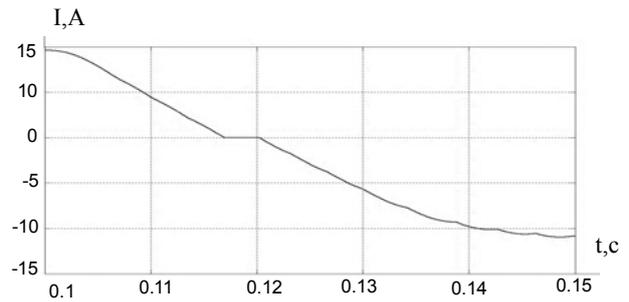


б)

Рис. 4. Изменение скорости и тока в электроприводе с двухпозиционным (а) и трехпозиционным (б) ЛПУ

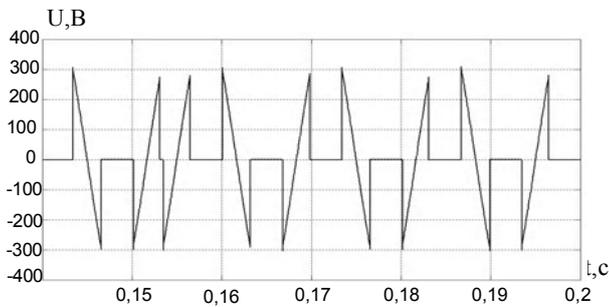


а)

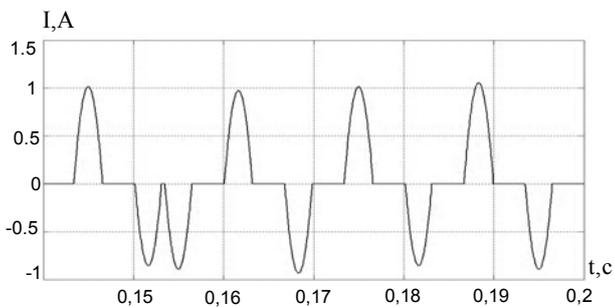


б)

Рис. 5. Временные диаграммы якорных напряжения (а) и тока (б) при реверсе тока для двухпозиционного и трехпозиционного ЛПУ



а)



б)

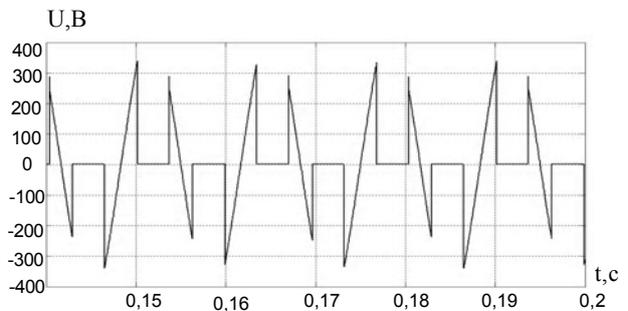


Рис. 6. Временные диаграммы якорных тока и напряжения при малых токах для двухпозиционного (а) и трехпозиционного (б) ЛПУ

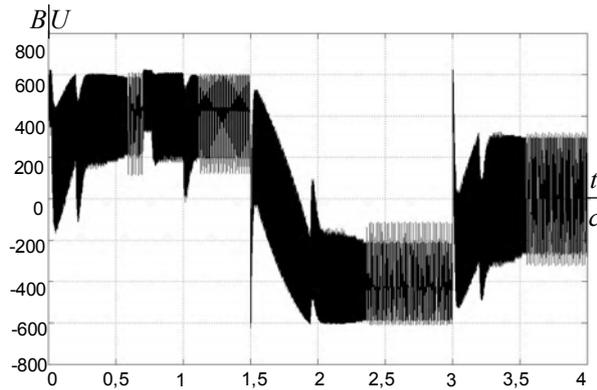


Рис. 7. Изменение выходного напряжения реверсивного ТП в режимах: разгона, наброса и сброса номинальной нагрузки, реверса и торможения до полной остановки двигателя

Как показали исследования, электромагнитные и электромеханические процессы в разработанной ими-

тационной модели соответствуют реально происходящим процессам в ТЭПТ при раздельном управлении с двухпозиционным или трехпозиционным ЛПУ (с отклонением от эксперимента меньше, чем на 5–8 %).

Перечень ссылок

1. MATLAB 6.5 SPI/7 + Simulink 5/6. Основы применения. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.
2. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
3. Шипилло В. П. Автоматизированный вентильный электропривод. – М.: Энергия, 1969. – 400 с.
4. Лебедев Е. Д., Неймарк В. Е., Пистрак М. Я., Слежановский О. В. Управление вентильными электроприводами постоянного тока. – М.: Энергия, 1970. – 200 с.
5. Перельмутер В. М., Сидоренко В. А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.

Поступила в редакцию 26.12.07 г.

После доработки 28.12.07 г.

Розроблена уточнена імітаційна модель реверсивного тиристорного електропривода постійного струму з роздільним керуванням, за допомогою якої виконаний розрахунок електромеханічних та електромагнітних процесів електроприводу.

Simulated model of reverse thyristor DC electric drive with separate control was designed, using it the electromechanical and electromagnetic process calculation of the electric drive was made.