

УДК 621.313.33

БУРЯКОВСКИЙ С.Г., к.т.н., доцент (УкрГАЗТ),
 МАСЛИЙ Ар.С., аспирант (УкрГАЗТ),
 МАСЛИЙ Ан.С., инженер (ООО «Укртрансигнал»),
 ЛЮБАРСКИЙ Б.Г., к.т.н., доцент (НТУ «ХПИ»)

Разработка и исследование системы управления вентильно-индукторным электродвигателем

Для исследования работы вентильно-индукторного электродвигателя и получения экспериментальных осциллограмм фазных токов и напряжений предложена система управления на базе сигнального контроллера dsPIC30F3011 фирмы Microchip, специально предназначенного для решения задач управления электродвигателями и цифровой обработки сигнала. В полученном преобразователе реализована одиночная симметричная коммутация с использованием непосредственного регулирования тока в фазе.

Ключевые слова: вентильно-индукторный электродвигатель, сигнальный контроллер, датчик положения ротора.

Актуальность работы

Разработка простой и эффективной системы управления вентильно-индукторным электродвигателем является актуальной задачей, поскольку в промышленности нарастают объемы использования машин этого типа, а основные негативные аспекты эксплуатации, как вибрация и колебания момента сохраняются.

Данная работа посвящена решению следующих задач:

- описание структуры СУ и методов ее реализации;
- описание работы отдельных режимов и их особенностей;
- получение осциллограмм фазного напряжения и тока машины;
- снятие осциллограмм переходного процесса разгона и торможения с использованием различных типов регуляторов скорости.

Материал и результаты исследований

В качестве объекта управления был выбран вентильно-индукторный четырехфазный электродвигатель для аппаратов искусственной вентиляции лёгких, разработанный «Одесским национальным политехническим университетом» под руководством д.т.н. проф. Рымши В.В. Общий вид и конфигурация такой машины представлены на рис.1.

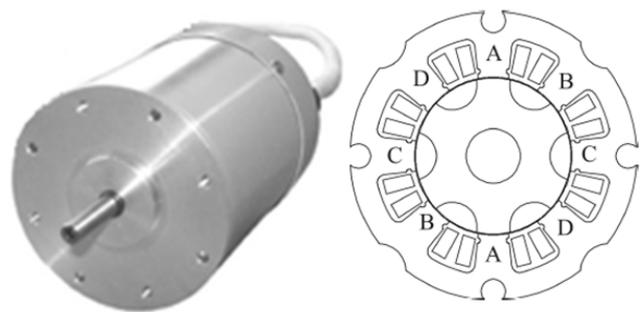


Рис. 1. Общий вид и конфигурация четырехфазного ВИД

Реализованная система управления для данного ВИД приведена на рис. 2. При её разработке одной из задач было максимальное упрощение схемных решений путём сведения количества элементов к минимуму с помощью объединения отдельных узлов. Примером может служить применение микроконтроллера dsPIC30F3011 фирмы Microchip, специально предназначенного для решения подобного рода задач и цифровой обработки сигнала. Система команд ядра имеет два класса: микроконтроллерные инструкции и команды цифровой обработки сигналов. Оба этих класса равноправно интегрированы в архитектуру контроллера и управляются одним ядром.

Многие элементы схемы, такие как АЦП, модуль управления ШИМ с шестью выходами (распределитель импульсов), модуль квадратурного энкодера (счётчика импульсов), уже входят в состав микроконтроллера, благодаря чему основные

программно решаемые задачи были переложены на аппаратную часть. Это позволило разгрузить центральный процессор, отдавая оставшееся время под

реализацию различных методов управления, в том числе, и с применением сложных математических вычислений.

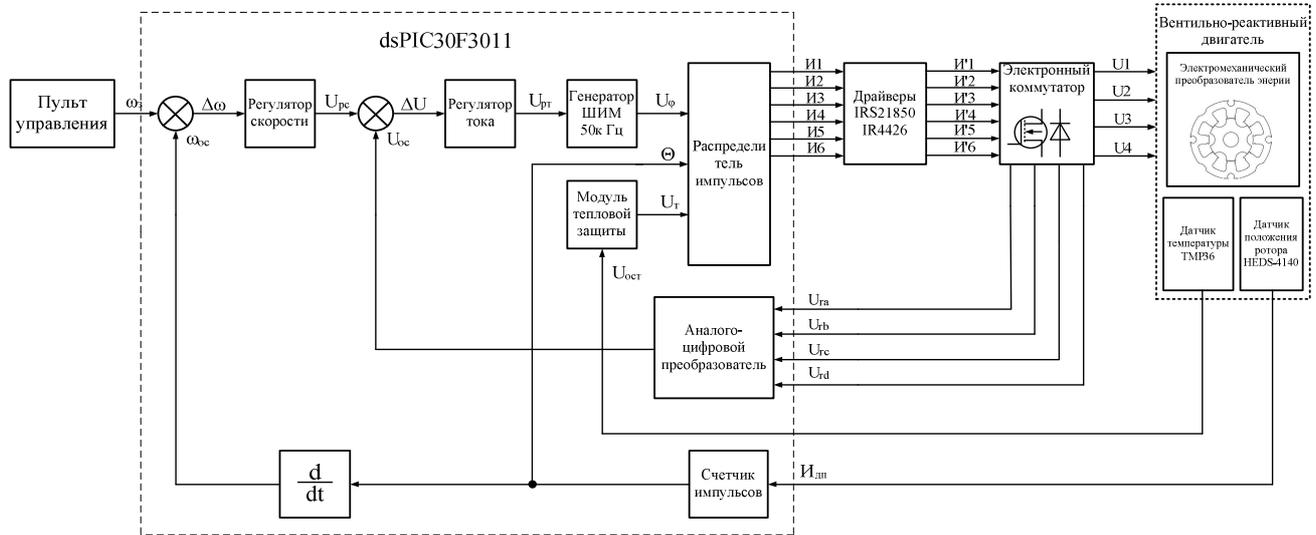


Рис. 2. Функциональная схема системы управления ВИД

Формируемая микроконтроллером ШИМ через драйверы верхних (IRS21850) VT1, VT4 и нижних (IR4426S) VT2, VT3, VT5, VT6 полевых транзисторов типа IRF7853 передается к схеме коммутации (рис. 3).

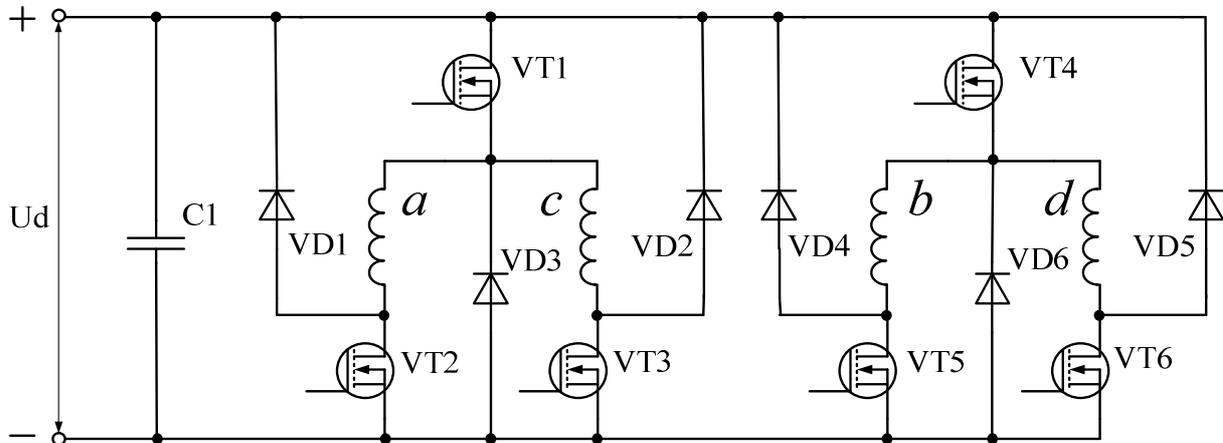


Рис. 3. Схема коммутации

Исходя из того что одновременная работа фаз, которые расположены друг относительно друга под углом 90 геометрических градусов (фазы *a*, *c* и *b*, *d*) невозможна, эти фазы объединены в группы. Это позволяет снизить количество силовых элементов в схеме. Для работы 4-х фазного электромеханического преобразователя, при объединении его фаз в группы, схема будет содержать шесть силовых транзисторов и шесть обратных диодов. Схему, изображенную на рис. 3, принято еще называть схемой Миллера. С помощью такого преобразователя реализуется

одиночная симметричная коммутация фаз с возможностью использования ограничения по току.

Для контроля положения ротора, а также скорости и направления его вращения, используется встроенный в конструкцию ВИД оптический инкрементальный датчик HEDS-4140, позволяющий получить 360 импульсов за один оборот вала, и сопряженный непосредственно с квадратурным энкодером микроконтроллера.

Датчиками тока служат низкоомные прецизионные резисторы, напряжение с которых, предварительно

отфильтрованное, измеряется АЦП. Информация о температуре обмоток ВРД снимается датчиком типа TMP36. Программа для прошивки контролера написана на языке C++ с использованием студии MPLAB.

Для того чтобы проанализировать работу преобразователя в статике (для возможности оценки влияния ЭДС) вместо двигателя была подключена реактивно-активная нагрузка с величиной

индуктивности 0,38 мГн и активного сопротивления 0,7 Ом, что соответствует параметрам фазы в рассогласованном положении. Напряжение источника питания $U_d=27В$ при проведении испытаний поддерживалось на постоянном уровне с частотой ШИМ 50кГц и с ограничением тока на уровне 6А. Характеристики фазного напряжения и тока при такой нагрузке были сняты на цифровом осциллографе RIGOL DS5022M и представлены на рис. 4.

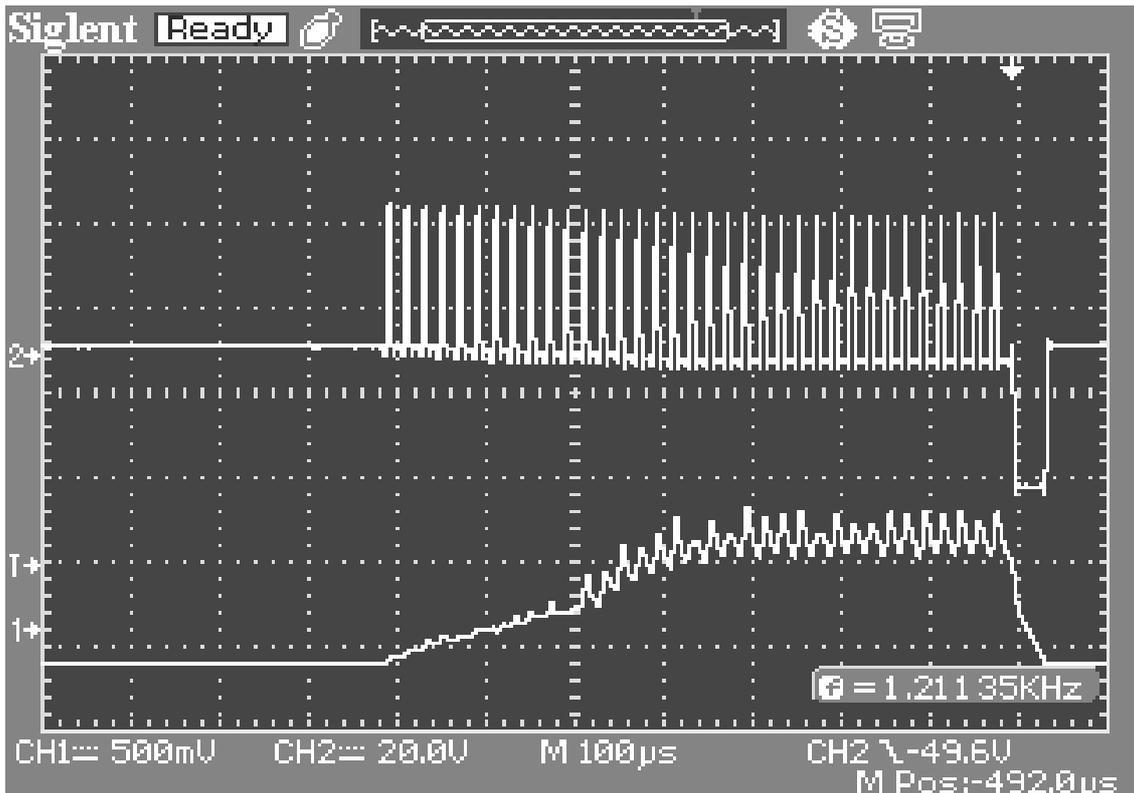


Рис. 4 Осциллограммы фазного тока и напряжения при активно-реактивной нагрузке.

Внешний вид макетного образца для исследования работы системы управления ВИД показан на рис. 5.

ВИД нагружен генератором с подключённым реостатом, что позволяет плавно изменять нагрузку. Для удобства работы с макетом предусмотрено подключение ЖК дисплея, с возможностью вывода различной информации, что особенно важно на этапе отладки.

На цифровом осциллографе типа RIGOL DS5022M были получены графики фазного тока и напряжения (рис. 6) с использованием полученного преобразователя при работе электродвигателя с регулированием напряжения на фазе (рис. 6а) и на естественной механической характеристике с номинальным моментом нагрузки (рис. 6б).

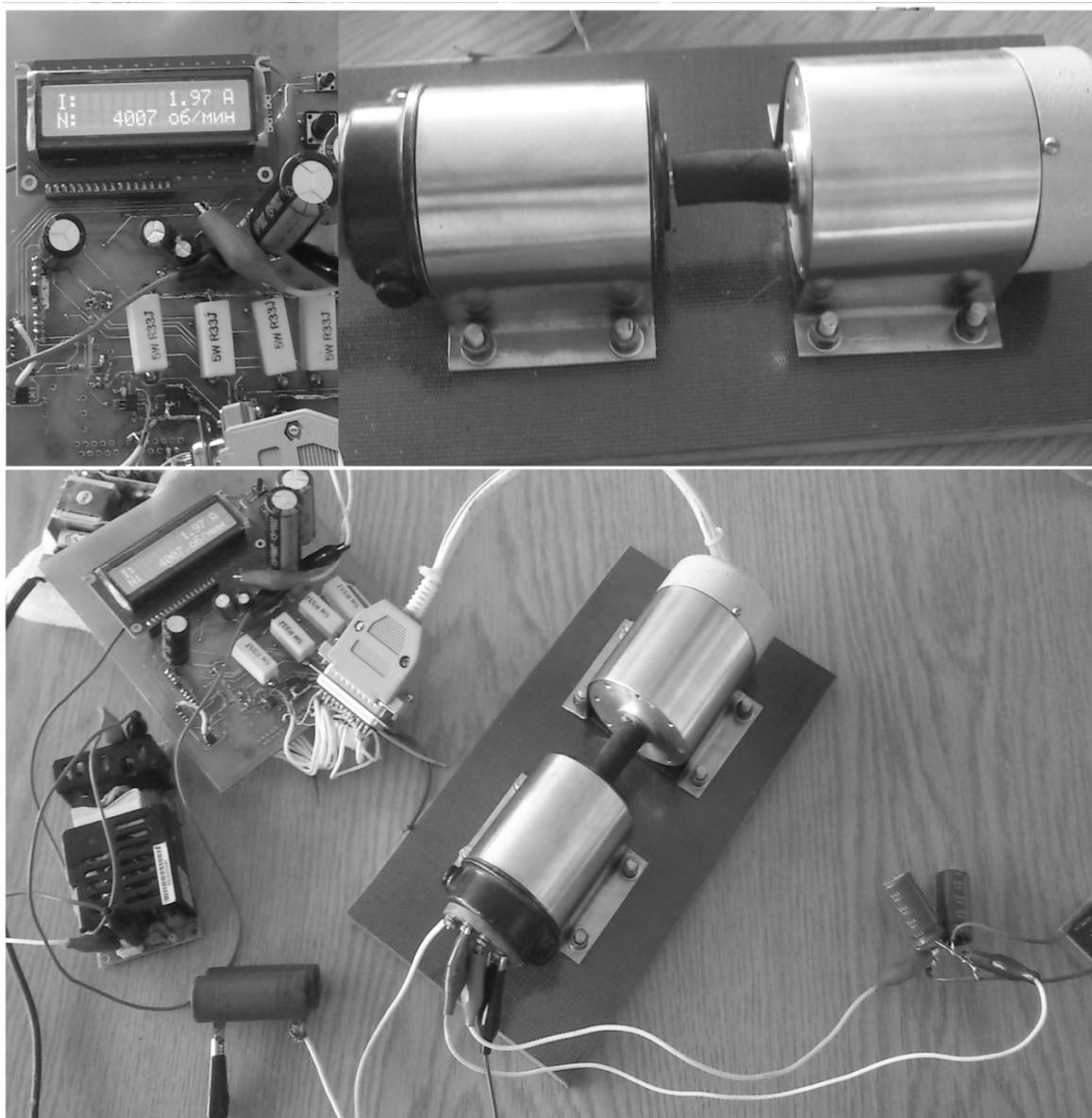


Рис. 5. Внешний вид макетного образца для исследования работы системы управления ВИД.

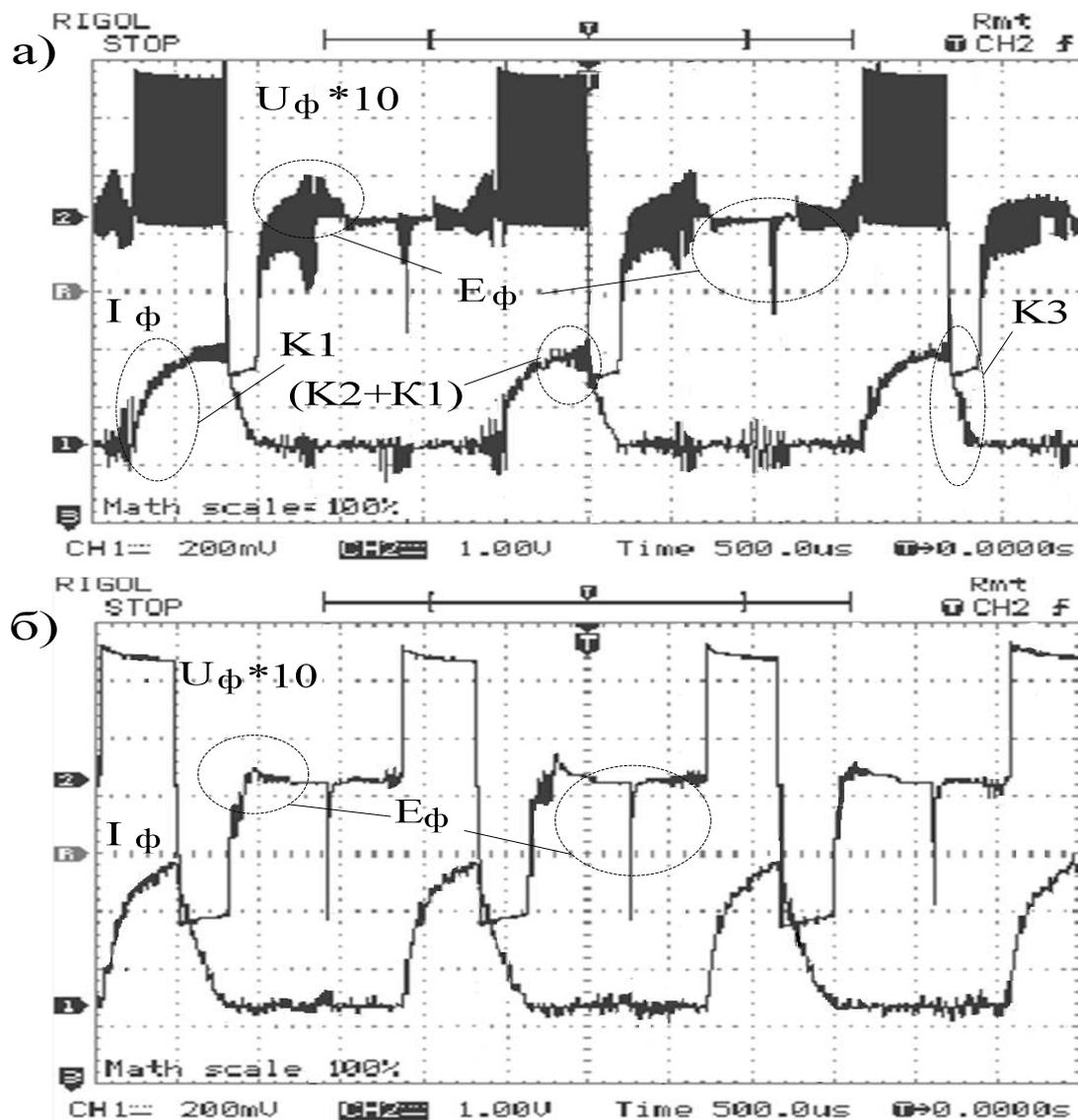


Рис. 6. Экспериментальные осциллограммы тока и напряжения фазы ВИД:
 а) с регулирования тока в фазе, б) на «естественной» механической характеристике.
 Масштабы для тока: одна клетка по вертикали – 2 А

На полученных осциллограммах показаны режимы K1, K2, и K3. Такие режимы определяются состоянием полевых транзисторов, задающих путь протекания фазных токов. В режимах K1 и K2 нижние ключи постоянно открыты, а верхние работают в импульсном режиме. Когда верхний ключ открыт, ток от источника питания замыкается через обмотку ВИД и нарастает. При закрытом ключе ток замыкается через диод Шотки (30VQ100), установленный параллельно каждой из обмоток. Это называется «мягкой» коммутацией. При «жесткой» коммутации оба ключа закрываются (режим K3), и ток замыкается через источник питания. Рабочий период фазы составляет 22,5°, с возможностью ее включения в сторону

опережения, отставания и без фазового сдвига. В данном случае включение фазы производится с опережением на угол 5°. При этом ток в момент возрастания магнитной проводимости раньше успевает достигнуть необходимого значения для создания электромагнитного момента, чем в других случаях. В неактивный период работы фазы, когда к ней не подводится напряжение U_d , наведенная ЭДС имеет импульсный характер и после достижения максимума медленно спадает, что говорит о быстром изменении магнитного потока в фазе ВИД.

Для исследования и выбора регулятора, который обеспечивает наиболее качественный переходной процесс скорости, была реализована работа трех типов:

П, ПИ и ПИД регуляторов. Текущая скорость, которая определялась расчетным путем, по UART передавалась дополнительному 8-разрядному микроконтроллеру PIC18F14K50. Такой контроллер имеет встроенный

модуль для передачи данных по последовательной шине USB, через которую связан с компьютером. На рис. 7 представлены характеристики переходного процесса скорости с различными типами регуляторов.

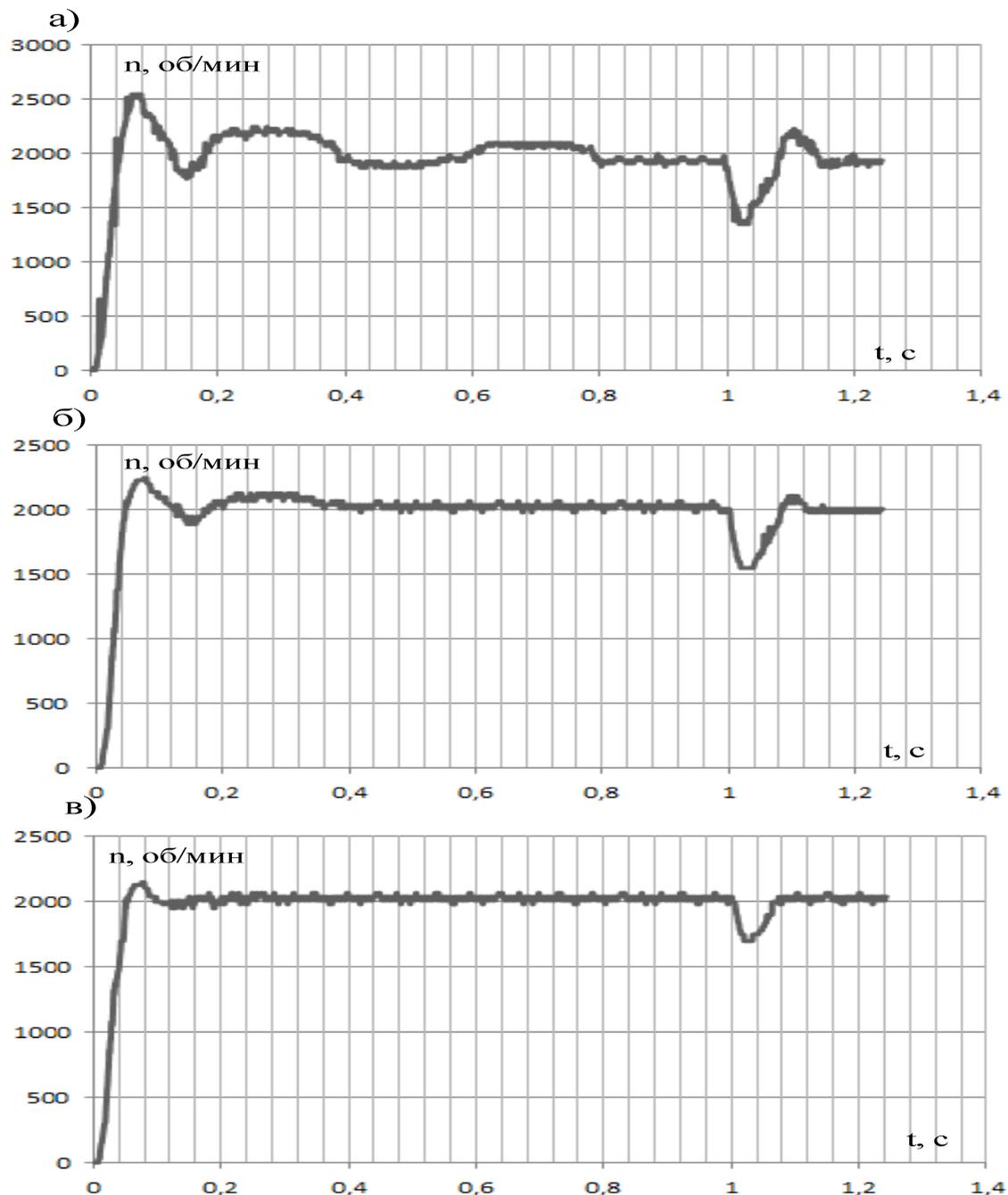


Рис. 7. Переходной процесс скорости ВИД с использованием различных типов регуляторов скорости: а) с П-регулятором, б) с ПИ-регулятором, в) с ПИД регулятором.

После выхода двигателя на скорость задания в 2000 об/мин в момент времени 1с. ступенчато прикладывалась нагрузка, чему соответствует просадка скорости. Как показывают полученные

осциллограммы, наиболее качественный переходной процесс наблюдается при использовании ПИД регулятора.

Выводы

Разработана и создана система управления вентельно-индукторным двигателем с возможностью использования трех типов регуляторов скорости. Практически обосновано применение ПИД регулятора и целесообразность использования как базового для дальнейших разработок. Полученные результаты показали присутствие в нерабочий период фазы наведенную ЭДС взаимной индукции, которая негативно влияет на энергетические показатели ВИД. В дальнейшем созданная СУ будет применена для вентельно-индукторного электропривода стрелочного перевода шпального типа, работа которого будет представлена в последующих работах.

Литература

1. Любарский Б.Г. Математическая модель реактивного индукторного трехфазного электромеханического преобразователя / Б.Г. Любарский, А.С. Маслий, С.Г. Буряковский, Н.А. Гордеева // Вісник НТУ «ХПИ» – 2012. – с.95-105.
2. Буряковский С.Г. Оптимизация системы управления вентильно-индукторного двигателя для стрелочного перевода / С.Г. Буряковский, Ар.С. Маслий, Ан.С. Маслий, Б.Г. Любарский, А.В.Шевкунова // Вестник РГУПС – 2013. – с.61-67.
3. Рымша В. В. Моделирование и синтез реактивных и индукторных электромеханических преобразователей : дис. д-ра техн. наук : 05.09.01 / Рымша Виталий Викторович. – Одесса, 2004. – 323 с.
4. Гулый М.В. Вентильно-реактивный электро-двигатель для аппаратов искусственной вентиляции лёгких: дис. к.т.н.: 05.09.01 / Гулый Михаил Викторович. Одесса, 2010. – 169 с

С. Г. Буряковский, Ар. С. Маслий, Ан. С. Маслий, Б. Г. Любарский. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВЕНТЕЛЬНО-ІНДУКТОРНИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ. Для дослідження роботи вентельно-індукторного електродвигуна і отримання експериментальних осцилограм фазних струмів і напруг запропоновано систему управління на базі сигнального контролера фірми Microchip dsPIC30F3011, спеціально призначених для вирішення завдань управління різними типами електродвигунів і цифрової обробки сигналу. В отриманому перетворювачі реалізована одиночна симетрична комутація з використанням безпосереднього регулювання струму в фазі.

Ключові слова: вентельно-індукторний електродвигун, сигнальний контролер, датчик положення ротора.

S.G. Buryakovskiy, Ar.S. Masliy, An.S. Masliy, B.G. Lyubarskiy. The development and the study of a valvular-inductor electric motor control system. The control system based on the signal controller dsPIC30F3011, produced by Microchip firm and intended for the solution of the tasks of electric motor control and digital signal processing, has been proposed for the study of valvular-inductor electric motor and obtaining experimental phase current and voltage oscillograms. A single symmetric switching using direct current control in phase has been implemented in the obtained converter.

Key words: valvular-inductor electric motor, signal controller, rotor position sensor.

Рецензент д.т.н., профессор кафедры «Приборы и методы неразрушающего контроля» Горкунов Б.М. (НТУ «ХПИ»)

Поступила 23.10.2013г.