

resonant DC/DC converter / X. Li, A.K.S. Bhat // Power electronics. –2010. – vol. 25. – №4. – pp. 850–862.

5 Wang M. A novel control scheme of synchronous buck converter for ZVS in light-load condition / J.-M. Wang, S.-T. Wu, G.-C. Jane // Power electronics. – 2014 – vol.26. – №11. – pp. 3264-3271.

6 Михальченко С.Г. Функционирование импульсно-модуляционных преобразователей в зонах мультистабильности // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 1–1. – С. 259–268.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕКТОРНОЙ СУ ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЧЕТЫРЁХСТЕПЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

С.В. Борисов, Г.В. Родионов, С.Н. Кладиев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

Современные имитаторы движения транспортных средств подготовки водителей-операторов имеют сложную структуру и представляют собой многоуровневый программно-аппаратный комплекс. Данная система реализуется либо на основе гидропривода для имитации среды подвижного транспорта во время движения с учетом рельефа местности, либо с использованием частотно-управляемого электропривода для отработки навыков вождения автотранспорта водителем-оператором на малой платформе с учетом динамических режимов вождения. Для имитации данных режимов движения автотранспорта электропривод решает следующие задачи:

- отработка сигнала задания скорости и ускорения по осям вращения подвижной платформы, с учетом постоянно меняющегося рельефа;
- учет влияния больших моментов инерции механической системы;
- обеспечение двухкратной перегрузочной способности по моменту исполнительного двигателя;
- работа двигателя с ослаблением поля с кратковременным поддержанием момента на уровне $0,7 M_n$;

В качестве объекта разработки выступает подвижная динамическая платформа ДП-43, имеющая 4 степени свободы (рис. 1). Управление подвижной платформой осуществляется с помощью встроенного компьютера по локальной вычислительной сети, построенной на базе протоколов Ethernet и Modbus TCP. В качестве преобразователей частоты используются инверторы модели FR-A740 Mitsubishi Electric.

Использование в данной установке импортных компонентов и составляющих приводит к зависимости от поставщиков комплектующих изделий. Исходя из данного факта, поставлена задача модернизации подвижной

платформы и переход на использование отечественной производственной базы. Замена подлежат силовые инверторы марки Mitsubishi Electric FR-A740 на отечественные. Основной задачей импортозамещения для данного оборудования является разработка программно-реализуемой микропроцессорной системы управления на базе аппаратно-программных средств Томской компании Мехатроника-ПРО.

Цель исследования: разработка векторной системы управления для электропривода подвижной платформы на базе преобразователя частоты FC-01 и САПР MechBIOSDevelopmentStudio.

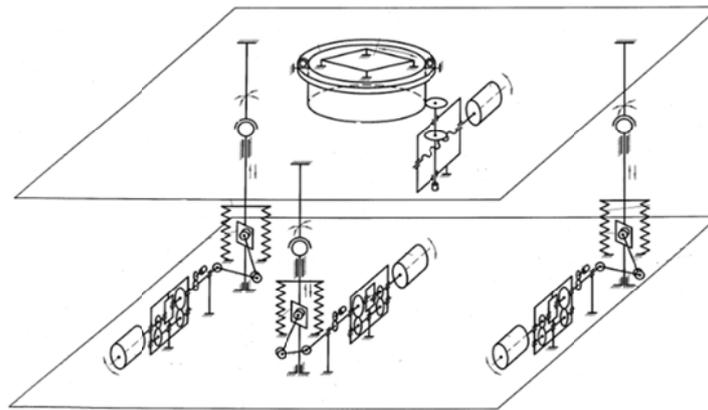


Рис. 1. Кинематическая схема динамической платформы ДП-43

В качестве технического задания были предоставлены требуемые параметры выходных характеристик преобразователя частоты (ПЧ) табл. 1.

Таблица 1.

Технические требования к выходным характеристикам ПЧ

Мощность подключаемого двигателя	1,1 кВт; 1,5кВт; 2,2кВт
Номинальный выходной ток для 2.2кВт	5,5А
Перегрузочная способность по току	200% / 60с
Диапазон выходной частоты	0...100 Гц
Точность установки частоты	0,01 Гц
Время разгона/замедления	0,1...100 сек.
Принцип управления	управление вектором магнитного потока в замкнутом контуре по скорости [1, 2]
Энкодер	инкрементальный датчик, уровень сигналов TTL, от 512 до 4096 имп /об
Протокол связи	Modbus TCP/IP
Ограничение момента	0 – 200%

Для векторной системы управления необходимо реализовать дополнительные алгоритмы обеспечивающие:

Работа блока заключается в формировании «0» задания на ПИ-регулятор контура скорости в случае превышения позиционного ограничения.

На вход блока приходят сигналы задания скорости с верхнего пульта управления (*reffSPD*), разрешения работы (*Start*), сигнала обратной связи по скорости ω . При срабатывании программно реализованного концевого выключателя, сигнал (*Start*) переходит в нулевое состояние, формируя на выходе блока (*RStrigger*) логическую «1». Переключатель *MUX* переходит в состояние «1» и транслирует на выход блока ВРАКЕ нулевое задание на регулятор скорости. Останов и отключение преобразователя частоты идет по команде с блока (*Comparator*). Логическая «1» на выходе блока формируется при сравнении сигнала обратной связи по скорости с «0», что характеризует останов двигателя.

На рис. 4, 5 представлены результаты отработки режимов безопасного разгона и торможения при реверсе двигателя.

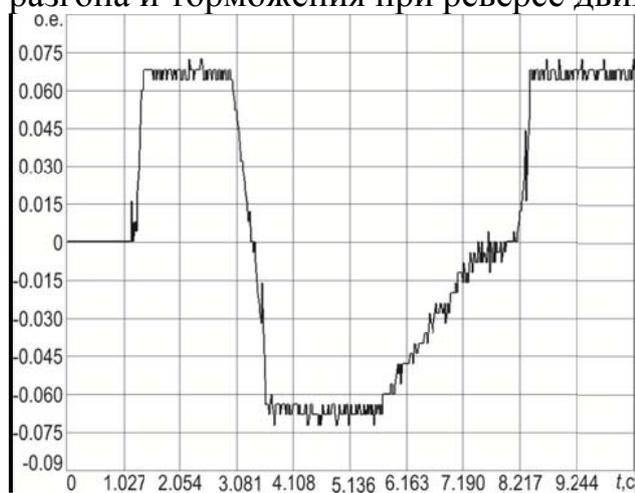


Рис. 4. Разгон, торможение, реверс под нагрузкой $1,8M_H$; $t_{зи}=0,5$; $\omega=10\text{ c}^{-1}$; $I_{sat}=5,5\text{ A}$; $U_{dc}=600\text{ В}$

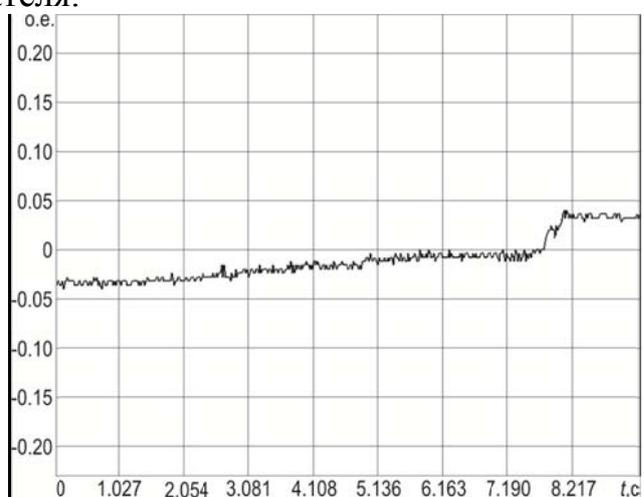


Рис. 5. Реверс под нагрузкой $1,8M_H$; $t_{зи}=0,5$; $\omega=10\text{ c}^{-1}$; $I_{sat}=4,5\text{ A}$; $U_{dc}=600\text{ В}$

Выводы

В среде *MexBIOSDevelopmentStudio*, реализована векторная система управления электроприводом одной координаты движения транспортной платформы. Система управления обеспечивает учет влияния моментов инерции при выдаче задания скорости и ускорения; отработку сигнала задания скорости и ускорения по осям вращения подвижной платформы, с учетом постоянно меняющегося рельефа, обеспечивает двукратную перегрузочную способность по моменту исполнительного двигателя. В дополнение к необходимым требованиям технического задания система управления обеспечивает режимы безопасного разгона и замедления, функцию торможения частотой, контроль конечного углового положения координаты платформы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.

2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург. УРО РАН, 2000. – 654 с.

3. Peter Vas. Sensorless vector and direct torque control. Oxford University Press, 1998. – 760 pp.

4. D.W. Novotny and T.A. Lipo. Vector Control and Dynamics of AC Drives. – Department of Electrical and Computer Engineering University of Wisconsin-Madison. ClarendonPressOxford, 2003. – 440 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

*Г.Я. Михальченко**, *Д.С. Муликов**, *С.Г. Михальченко***

* – Томский университет систем управления и радиоэлектроники,

** – Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

Линейные системы автоматического управления (САУ), в основе исследования которых лежит теория устойчивости Ляпунова, с точки зрения динамики, характеризуются: понятием система устойчива или неустойчива, а также переходными процессами и их качественными (периодический или колебательный процесс) и количественными характеристиками (быстродействие, перерегулирование, затухание и др.). С целью снижения трудоемкости проектирования замкнутых САУ разработаны и успешно используются для анализа линейных систем косвенные характеристики динамики систем, в части определения устойчивости это алгебраические и частотные критерии, которые позволяют ускоренно оценивать корни характеристических уравнений, строить амплитудно- и фазочастотные характеристики (АФЧХ). Применительно к этим критериям эмпирическим путем установлены необходимые запасы устойчивости по амплитуде и фазе частотных характеристик, определены типы желаемых АФЧХ, при которых достигается тот или другой вид оптимизации переходных характеристик (технический, симметричный оптимум и др.). Примечательно, что эта информация о динамике линейных систем является необходимой и достаточной, т.е. полной.

Совершенно иная эволюция развития динамики характерна для импульсных САУ, особенно быстродействующих источников питания, которые описываются нелинейными системами дифференциальных уравнений с разрывными компонентами [1]. Наблюдаемые при этом динамические режимы в корне отличаются от процессов описываемых теорией линейных систем. В практической деятельности специалистам, как правило, приходится работать с нелинейными импульсными системами электропитания, и здесь они неизбежно сталкиваются с динамическими процессами, которые невозможно адекватно