

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПРИВОДА КАРДИОКОМПРЕССОРА СИСТЕМЫ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ

*Антонова Е.Ю.*

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** мехатронный кардиокompректор, шарико-винтовая передача, вентильный двигатель, векторное управление.

**Аннотация.** В статье описан опыт разработки привода мехатронного кардиокompссора системы сердечно-легочной реанимации. Устройство состоит из прямого привода на основе вентильного двигателя с шарико-винтовой передачей. Управляющая электроника разработана на отечественной компонентной базе. Для определения угла поворота ротора используются датчики Холла и программный наблюдатель угла.

## EXPERIENCE IN DEVELOPING A CARDIOPULMONARY RESUSCITATION SYSTEM CARDIAC COMPRESSOR DRIVE

*Antonova E.Y.*

*Baltic state technical university «VOENMEH», Saint-Petersburg*

**Keywords:** mechatronic compressor, ball screw, brushless DC motor, field-oriented control (FOC).

**Abstract.** The article describes the experience of developing a cardiopulmonary resuscitation system mechatronic cardiac compressor drive. The device consists of a direct drive based on a BLDC motor with a ball-screw transmission. The control electronic circuit is developed on the local component base. Hall sensors and a software angle observer are used to detect the rotation angle of the rotor.

Устройство содержит прямой привод и шарико-винтовую передачу (сокр. ШВП). Прямой привод был выбран для обеспечения максимальной скорости надавливания на грудную клетку – 120 уд/мин. Ротор двигателя жестко соединен с валом-винтом ШВП через переходную втулку. ШВП служит для преобразования вращательного движения вала-винт в поступательное движение гайки со штоком. Конструкция была выбрана с ориентацией на патент №8690804 US [1].

На рисунке 1 представлена функциональная схема привода кардиокompссора. Привод состоит из синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) со встроенными датчиками положения ротора (ДПР), усилительно-преобразовательного устройства (УПУ) и управляющего устройства (УУ, на рисунке 1 разбито на блоки). Полученные значения угла  $\theta$  с ДПР и фазные токи  $I_A, I_B, I_C$  используются для вычисления скорости (блок ВС) в контуре скорости (блок расчета скорости, РС) и для расчета токового контура (блока расчета токов, РТ). Токи преобразуются в блоках преобразователей координат ПК 1 и ПК 2 для перехода от трехфазной системе (АВС) к двухфазной ( $\alpha\beta$ , а затем  $dq$ ) и обратно для расчета управляющих напряжений  $V_A, V_B, V_C$ . С верхнего уровня приходят сигналы задачи по скорости  $\omega_r$  и току  $I_{dr}$  [2, 3].

В качестве исполнительного двигателя был выбран синхронный двигатель JCM85x13 фирмы «МДрайв» торговой марки KUBO (Россия). УПУ (или иначе

драйвер двигателя) состоит из двух плат – силовой и управляющей. На силовой плате располагаются усилительные каскады на полевых транзисторах и система измерения тока. На управляющей плате располагаются системы контроля, питания, приема-передачи данных, обработки датчиков и т.д. Особенности системы:

- электроника базируется на компонентах отечественных производителей: АО «Ангстрем», АО «Протон», ЗАО «Элкод», СП АО «Интеграл СПб», АО НПО «ЭРКОН», АО "ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ";
  - устройство работает в автономном режиме от аккумуляторной батареи.
- Система питания рассчитана на диапазон напряжений от 18 В до 36 В;
- для измерения тока в усилительном каскаде установлены шунты;
  - частота широтно-импульсной модуляции (ШИМ) – 10 кГц;
  - обмен данными с верхним уровнем осуществляется по интерфейсу CAN;
  - в системе предусмотрена аппаратная обработка входов STO (“Safe Torque Off”, безопасное отключение крутящего момента) и концевых датчиков положения штока.

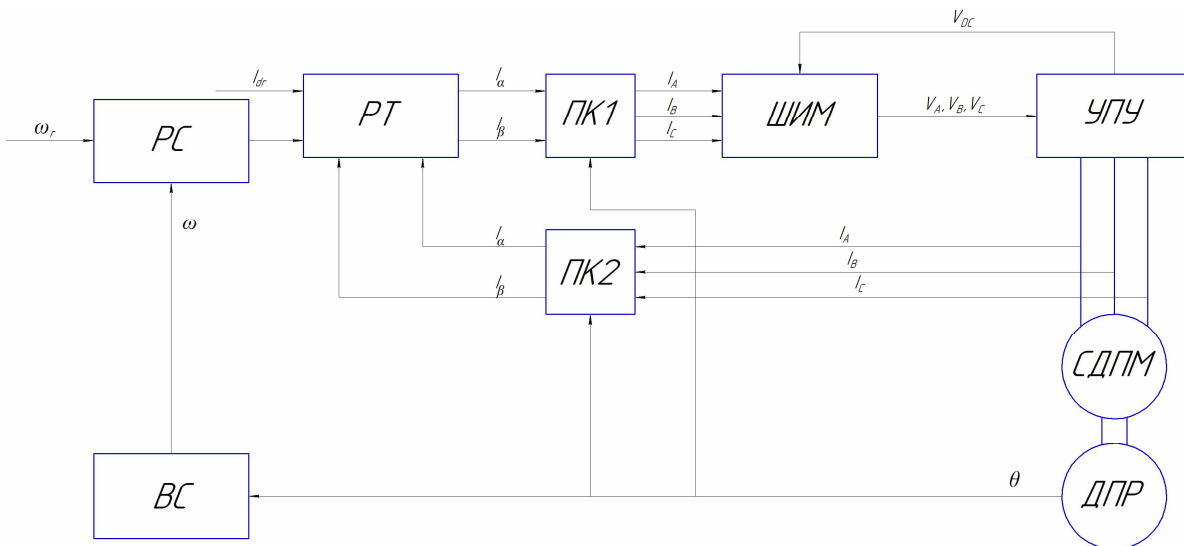


Рис. 1. Функциональная схема привода

На рисунке 2 представлен опытный образец драйвера двигателя, смонтированный с радиатором охлаждения, на рисунке 3 – готовое устройство.

Привод работает по принципу векторного управления. Встроенные датчики Холла определяют положения вала ротора. Данные с датчиков интерполируются при помощи наблюдателя и на выходе получается угол вращения, по которому рассчитывается вектор напряжения. В системе настроены ПИ-регуляторы двух контуров управления – токового и скоростного. Кроме того, введены ограничения по фазному, среднеквадратичному токам, напряжению и температуре перегрева двигателя [2, 3].

На рисунке 4 представлены графики работы компрессора в позиционном режиме. На первом графике переменная PosActVal – реальное значение положения вала ротора по датчикам Холла, PosDemIntVal – это результат интерполяции переменной угла. На втором графике F-VelPosDem – заданная скорость, F-VelActVal – измеренная косвенным способом скорость двигателя. На третьем графике i\_SDQ\_desired – заданный ток, i\_SDQ – ток измеренный.



Рис. 2. Драйвер двигателя



Рис. 3. Кардиокомпрессор в процессе испытаний

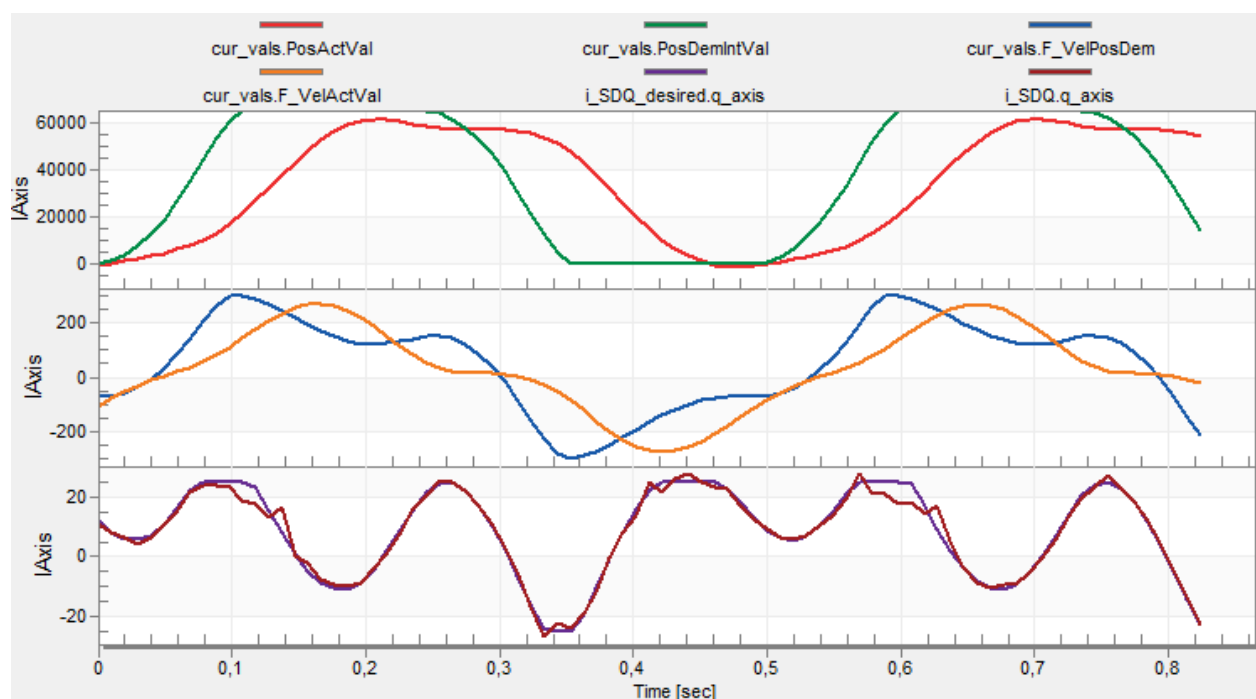


Рис. 4. Графики работы кардиокомпрессора

На втором графике видно, что привод обрабатывает заданное значение скорости с запаздыванием в 0,02 секунды.

В процессе разработки получено устройство, соответствующее указанным в ТЗ требованиям. Были рассчитаны и выбраны двигатель и электронные компоненты, разведены и смонтированы платы драйвера, составлена рабочая конструкторская документация и написана программа управления приводом.

#### Список литературы

1. Patent No.8690804 US. CPR apparatus and method / N. Anders, J. Anders. – Publ. 08.04.2014.
2. Балковой А.П., Цаценкин В.К. Прецизионный электропривод с вентильными двигателями. – М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 328 с.
3. Онищенко Г.Б. Теория электропривода: Учебник. – М.: Инфра-М, 2018. – 384 с.

#### Сведения об авторе:

Антонова Екатерина Юрьевна – студент.