

УСТРОЙСТВО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Бальзамов Александр Юрьевич

ГОУВПО Мордовский государственный университет имени Н.П.Огарева, Россия, г. Саранск
г. Саранск, ул. Коммунистическая, 54 кв. 18
balsamovau@mrsu.ru, тел. 8-927-176-59-82

Аннотация. Рассматривается построение устройства программного управления выпрямителем для гальванотехники на базе прецизионного аналогового микроконтроллера ADuC7024 фирмы Analog Devices и пульта управления, включающего специальную клавиатуру и символьный жидкокристаллический индикатор (4 строки по 20 символов). Описываются рабочие окна, отображаемые на индикаторе в различных режимах работы.

Ключевые слова: гальванотехника, выпрямитель, ток, напряжение, программное управление, микроконтроллер, клавиатура, жидкокристаллический индикатор.

В современной промышленности широкое распространение получили различные процессы обработки и защиты материалов с использованием методов гальванотехники и электрохимической обработки. В основе этих методов лежат процессы электролитической диссоциации, растворения и осаждения металлов, характер и интенсивность которых в основном определяется видом и уровнем электрического тока. Металлопокрытия используются для защиты изделий от коррозии, защитно-декоративной отделки, восстановления формы изношенных деталей, повышения сопротивления механическому износу, снижения переходного сопротивления, повышения отражательной способности и для многих других целей.

Гальванические ванны, в которые помещают детали, питаются от выпрямителей, формирующих различные уровни напряжений и токов, изменяющихся по заданной программе. Управление таким выпрямителем осуществляется с помощью устройства программного управления, позволяющего обслуживающему персоналу задавать нужную технологическую программу изменения выходных параметров и контролировать их величины. Пример программы изменения тока в гальванической ванне приведен на рис. 1.

Одно из ведущих мест в мире по выпуску устройств программного управления для гальванотехники занимает шведская фирма Kraft. Один из образцов ее продукции - панель управления ControlKraft [1], обладающая следующими техническими характеристиками:

- процессор - 16-битный микроконтроллер;
- аналого-цифровое и цифро-аналоговое разрешение 12 бит;
- временная развёртка 10 мс;
- жидкокристаллический экран с подсветкой 128x64 пикселей;
- светодиоды: тревога (или окончание процесса), включение выпрямителя, автоматический режим;
- звуковое оповещение: нажатие клавиши, окончание процесса.

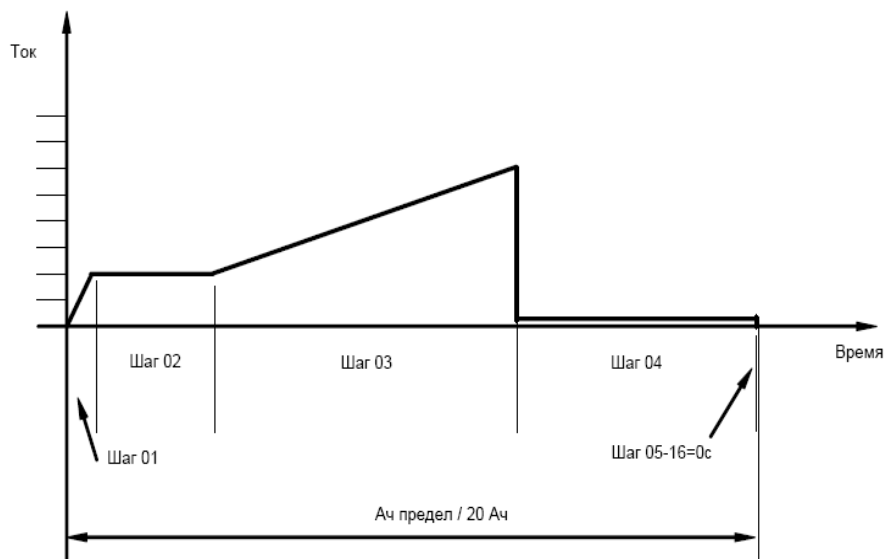


Рис. 1. Пример технологической программы

В настоящей статье рассматривается решение задачи построения аналогичной системы программного управления с дополнительной возможностью изменения направления протекания тока в гальванической ванне с помощью технологической программы. Выпрямитель, который управляется проектируемой системой управления, должен быть рассчитан на следующие рабочие параметры: рабочее напряжение – от 0 до 200 В, рабочий ток – от 0 до 8000 А.

В качестве основы для программного устройства был выбран прецизионный аналоговый микроконтроллер ADuC7024 фирмы Analog Devices, имеющий на кристалле 12-битные АЦП и ЦАП и процессорное ядро ARM7TDMI. Структурная схема устройства приведена на рис. 2.

Микроконтроллер с помощью ЦАП формирует значения ограничений по току и напряжению ($I_{уст}$ и $U_{уст}$), а с помощью АЦП контролирует фактические значения тока и напряжения выпрямителя ($I_{изм}$ и $U_{изм}$). Масштабные усилители МУ согласуют диапазоны соответствующих аналоговых сигналов микроконтроллера с диапазонами сигналов выпрямителя. Микроконтроллер должен также отслеживать состояние выпрямителя с помощью входных логических сигналов ВКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ и АВАРИЯ, и формировать для него сигналы ПУСК/СТОП, БЛОКИРОВКА и НАПРАВЛЕНИЕ (для управления полярностью тока или напряжения выпрямителя в зависимости от выбранного способа управления). Детектор знака определяет фактическую полярность измеряемых тока и напряжения. Оператор взаимодействует с программным устройством с помощью клавиатуры и жидкокристаллического индикатора. Кроме того, предусмотрены звонок и светодиоды, которые индицируют включение и блокировку выпрямителя, а также привлекают внимание оператора в случае аварии.

Внешний вид клавиатуры пульта управления программным устройством, включающей 12 клавиш, изображен на рис. 3. Клавиши ПУСК и СТОП используются для включения/выключения выпрямителя, клавиши со стрелками обеспечивают увеличение/уменьшение значений тока и напряжения, клавиша ОК используется для подтверждения выполненных изменений, а клавиша ESC - для отмены изменений или выхода из меню. Клавиши А – D изменяют свои функции в зависимости от режима работы, их значение высвечивается на ЖКИ.

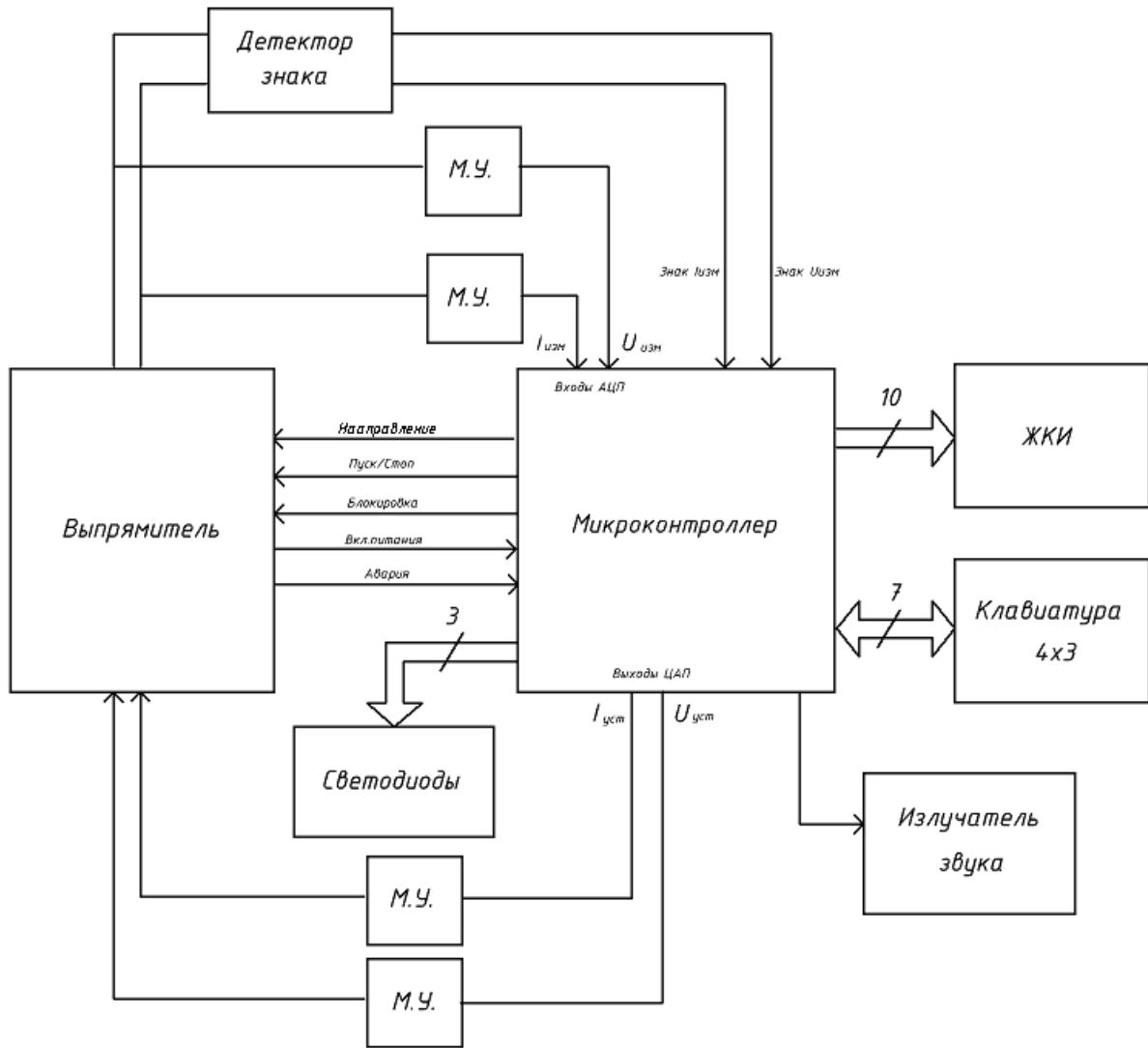


Рис. 2. Структурная схема устройства программного управления

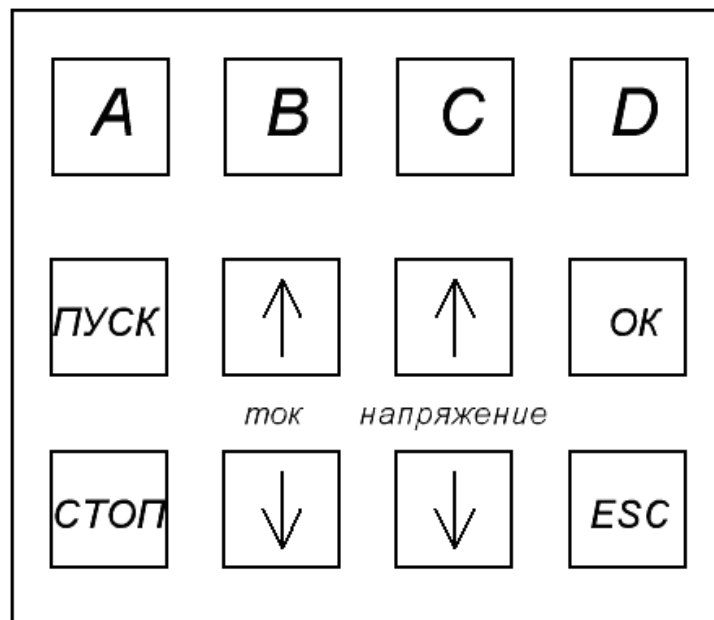


Рис. 3. Внешний вид клавиатуры

В качестве индикатора может быть использован символьный жидкокристаллический модуль МТ-20S4М с контроллером управления КБ1013ВГ6 производства ОАО «АНГСТРЕМ», аналогичный устройствам HD44780 фирмы HITACHI и KS0066 фирмы SAMSUNG. Модуль позволяет отображать 4 строки по 20 символов и имеет светодиодную подсветку. Символы отображаются в матрице 5x8 точек, между символами имеются интервалы шириной в одну отображаемую точку. Каждому отображаемому на ЖКИ символу соответствует его код в ячейке ОЗУ модуля. Модуль содержит два вида памяти — кодов отображаемых символов и пользовательского знакогенератора, а также логику для управления жидкокристаллической панелью.

В силу ограниченного объема выводимой на индикатор информации, она разбита на семь различных окон, между которыми возможны последовательные переходы:

- основное рабочее окно с информацией о заданных и измеренных токах и напряжениях;
- вспомогательное окно с информацией о значениях счетчика ампер-часов и таймера;
- окно выбора номера программы;
- 2 окна отображения выбранной программы (токи/напряжения и ампер-часы/время);
- окно задания параметров и шагов программы;
- окно аварийного сообщения.

Вид основного рабочего окна приведен на рис. 4.

```

СТАТУС:ГОТОВО
U:У 102.5В Д 102.3В
I:У 0230А Д -0050А
ОГРАНИЧЕН ПРОГР БЛОК
  
```

Рис. 4. Основное рабочее окно ЖКИ

Верхняя строка отображает текущий статус устройства: ГОТОВО (выпрямитель не запущен), ВКЛ (выпрямитель запущен) или БЛОК (выпрямитель временно заблокирован). Если выпрямитель запускается в этом режиме (без выбора программы), то он будет обеспечивать стабилизацию заданных значений тока или напряжения. Вторая и третья строки отображают установленные и действительные значения соответственно напряжения и тока. Четвертая строка обозначает функции клавиш А-D на клавиатуре пульта управления. Клавиши А и В выполняют одну функцию – переход в режим установки ограничений по времени и ампер-часам. Клавиша С обеспечивает переход в окно выбора номера программы. Клавиша D блокирует выпрямитель, а в случае, если он уже был заблокирован, – разблокирует его.

На рис. 5 изображено окно с информацией о значениях счетчика ампер-часов и таймера.

```

СТАТУС:ВКЛ
СЧ:У00234АЧ Д00034АЧ
ТМ:У006000С Д004000С
ВЫБОР ИНКР ДЕКР БЛОК
  
```

Рис. 5. Окно для работы со счетчиком ампер-часов и таймером

Первая строка отображает текущий статус, вторая - установленное ограничение и действительное значение счётчика ампер-часов, третья – те же параметры для таймера. Клавиша А перемещает курсор между счётчиком и таймером. Клавиша В инкрементирует установленное значение величины, на которой находится курсор, С - декрементирует. Клавиша D используется для блокировки/разблокировки выпрямителя. Чтобы вернуться в основное окно, сохранив установленные значения ограничений счётчика и таймера, нужно нажать клавишу ОК, не сохраняя – ESC.

Окно выбора номера программы представлено на рисунке 6. Это окно с прокруткой, вторая и третья строки меняют значение программы от 01 до 15.

```

ВЫБЕРИТЕ ПРОГРАММУ
ПРОГРАММА:01
ПРОГРАММА:02
ПРИН ПРАВ ВВЕРХ ВНИЗ
  
```

Рис. 6. Окно выбора номера программы

Чтобы выбрать необходимую программу нужно нажать клавишу А, чтобы откорректировать программу – клавишу В. За перемещение курсора и, следовательно, изменение номера программы, которая может быть принята, отвечают клавиши С (вверх) и D (вниз). Для возвращения в основное окно нужно нажать ОК или ESC.

При выборе программы клавишей А окно индикатора меняется на окно отображения выбранной программы (рис. 7), в котором показывается номер программы, статус (ГОТ, ВКЛ, БЛОК), текущий шаг и общее количество шагов программы, а также установленные и действительные значения напряжения и тока. Программу можно запустить на выполнение клавишей ПУСК.

```

ПРО1 СТ:ГОТ ШАГО1/12
U:У-050.0В Д-012.0В
I:У -1000А Д -0500А
ПОКАЗАТЬ ВЫХОД БЛОК
  
```

Рис. 7. Окно отображения выбранной программы (токи/напряжения)

При нажатии клавиш А или В окно сменится на окно отображения выбранной программы со значениями ампер-часов и времени. С - возвращение в окно выбора номера программы, D - блокировка выпрямителя.

Окно с индикацией установленных и действительных значений счетчика ампер-часов и таймера приведено на рис. 8. Назначение клавиш аналогично предыдущему режиму, с той разницей, что при выборе ПОКАЗАТЬ (клавиши А и В) загружается окно с информацией о напряжении и токе.

```

ПРО1 СТ:ГОТ ШАГО1/12
СЧ:У00234АЧ Д00034АЧ
ТМ:У006000С Д004000С
ПОКАЗАТЬ ВЫХОД БЛОК
  
```

Рис. 8. Окно отображения выбранной программы (ампер-часы/время)

При выборе ПРАВКА (клавиша В) в окне выбора номера программы происходит переход к окну задания параметров программы (рис. 9), в котором отображаются стабилизируемый параметр (ток или напряжение) и установленные ограничения по таймеру и счетчику ампер-часов (они могут быть выключены).

```

ПАРАМЕТР:ТОК
ТМ:ВЫКЛ
СЧ:ВЫКЛ
ВВЕРХ ВНИЗ ИНКР ДЕKR
  
```

Рис. 9. Окно задания параметров программы

```

01 ТИП:ПОЛКА
01 УРОВЕНЬ:5000А
01 ВРЕМЯ:06000С
ВВЕРХ ВНИЗ ИНКР ДЕKR
  
```

Рис. 10. Окно задания шагов программы

Это окно с прокруткой: с помощью клавиш А и В можно переместить курсор на строки, отображающие отдельные шаги программы (рис. 10), которых допускается не более, чем 16. Для каждого шага задаются тип участка (полка или фронт), уровень тока или напряжения на данном участке (в случае фронта величина стабилизируемого параметра изменяется от значения на предыдущем шаге до заданного значения), время участка. Для изменения значения текущей строки используются клавиши С (ИНКРЕМЕНТ) и D (ДЕКРЕМЕНТ). В конце прокручиваемого окна имеется строка УДАЛИТЬ ПРОГРАММУ, позволяющая очистить заданные ранее значения ее параметров.

При включении устройства производится инициализация аппаратной части, устанавливается основной режим работы и выполняется опрос клавиатуры. При нажатии клавиш запускаются соответствующие «клавиатурные» подпрограммы, осуществляющие переход в другие режимы, изменение уставок и отображение различных параметров. После включения выпрямителя изменение задающих сигналов, подаваемых программным устройством, измерение фактических значений токов и напряжений и выполнение необходимых расчетов производится по прерыванию от таймера микроконтроллера каждые 10 мс.

Во флэш-памяти микроконтроллера объемом 62 Кбайта кроме управляющей программы хранится таблица векторов прерываний, таблица стартовых адресов «клавиатурных» подпрограмм, постоянная информация, отображаемая на ЖКИ в различных рабочих окнах, и параметры 15 программ управления работой выпрямителя (микроконтроллер обладает возможностью самопрограммирования, используемой при изменении параметров этих программ). Поскольку стирание флэш-памяти при перепрограммировании выполняется целыми страницами размером 512 байт, каждая пользовательская программа располагается в отдельной странице памяти.

Наиболее интенсивно используемые при работе микроконтроллера данные и параметры располагаются в 15-ти регистрах общего назначения, остальные - в ОЗУ объемом 8 Кбайт. Также в ОЗУ загружаются текущее рабочее окно и текущая программа управления выпрямителем.

Литература

1. Техническое описание: Программируемый дистанционный блок управления типа Контроль КРАФТ: 77-107.0221 RU. Kraftelektronik AB, 2007. – 19 с.

THE DEVICE OF PROGRAMMED CONTROL BY THE RECTIFIER FOR GALVANOTECHNICS

Balzamov J. Alexander

The Mordovian state university of the name of N.P.Ogarev, Russia, Saransk

Annotation. Construction of the device of programmed control by the rectifier for galvanotechnics on the basis of precision analogue microcontroller ADuC7024 of firm Analog Devices and a control panel including the special keyboard and the symbolical liquid crystal indicator (4 lines on 20 symbols) is considered. The working windows displayed on the indicator in various operating modes are described.

Key words: galvanotechnics, rectifier, current, voltage, programmed control, microcontroller, keyboard, liquid crystal indicator.