



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2004–38  
ОЭА

Н.А. Шаланда, А.Н. Исаев, Г.П. Макаров

**СИСТЕМА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ  
СБОРА ИНФОРМАЦИИ С ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ИФВЭ**

Протвино 2004

**Аннотация**

Шаланда Н.А. и др. Система питания электронной аппаратуры сбора информации с физических установок ИФВЭ: Препринт ИФВЭ 2004-38. – Протвино, 2004. – 8 с., 4 рис., 6 табл., библиогр.: 2.

Описана система питания (МИП), предназначенная для выработки, стабилизации и контроля низковольтных напряжений для электронной аппаратуры систем сбора информации с физических установок ИФВЭ. Система создана на базе механики стандарта СУММА-ВЕКТОР и включает трансформатор, 10 модулей стабилизаторов СН-1 и блок управления БУ-1. Она позволяет осуществлять стабилизацию до пяти номиналов напряжений при токе до 20 А на каждый модуль СН-1, обеспечивая до 1 кВт выходной мощности, при высокой стабильности и низком коэффициенте пульсаций.

**Abstract**

Shalanda N.A. et al. Power Supply System for Electronic Apparatus of Data Acquisition at Physical Setups of IHEP. IHEP Preprint 2004-38. – Protvino, 2004. – p. 8, figs.: 4, tables: 6, ref.: 2.

Power supply system designed for producing, regulation and controlling the low voltage current for the electronic apparatus of the registration and data acquisition at the physical setups at IHEP is described. System is created on the base of SUMMA-VECTOR mechanics and includes transformer, 10 regulation modules SN-1 and controlling module BU-1. Power supply stabilizes up to five voltages with the output current of 20 A per each SN-1 module, that provides 1 kW of output power with the guaranty of high stability and low ripple noise.

## Введение

При проведении физических экспериментов на 70-ГэВ ускорителе ИФВЭ одной из важнейших компонент физической установки является электроника выделения исследуемого события, регистрации информации во всех каналах и сбора принятых данных для дальнейшей передачи в компьютер. Для решения этих задач была разработана быстродействующая модульная система сбора данных МИСС [1], что потребовало создания системы питания с выходной мощностью до 1 кВт, с возможностью изменения конфигурации источника в отношении количества номиналов напряжений и величин максимальных выходных токов.

В настоящей работе рассматривается система питания (МИП), предназначенная для выработки и стабилизации низковольтных напряжений для электроники в системе МИСС и удовлетворяющая требованиям высокой стабильности, низкого коэффициента пульсаций и возможности обеспечения при минимуме номенклатуры производимых модулей различных вариантов выходных напряжений и выходных токов в зависимости от используемой на физических установках аппаратуры.

### 1. Общие принципы построения системы

Необходимость более эффективного использования времени работы ускорителя потребовала увеличения числа каналов регистрации и быстродействия электронной аппаратуры систем сбора данных. Это обусловило применение высокоскоростных интегральных микросхем эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ) серий К500 и К1500, отличающихся высоким потреблением энергии. Потребление тока типичного модуля регистрации, выполненного с применением этих микросхем, достигает четырёх – пяти ампер, что выдвигает высокие требования к системе питания. Цифровым микросхемам ЭСЛ требуются источники питания с напряжениями +5 и –5,2 В. Выходы микросхем этих серий должны нагружаться резисторами, обеспечивающими согласование волнового сопротивления линий передачи сигнала по печатной плате, составляющего около 100 Ом. Это потребовало введения дополнительного номинала –2 В в источник питания. Также для аналоговых микросхем АЦП, ЦАП и операционных усилителей требуются дополнительные напряжения +15 и –15 В.

Анализ существующих и разрабатываемых модулей регистрации и сбора данных с физических установок ИФВЭ показал, что электронная аппаратура делится на несколько видов в зависимости от требуемых номиналов и токов потребления. Так, модули цифровой регистрации и передачи данных требуют зачастую только трех номиналов напряжений, но потребляют значительные токи. Модули же аналоговой обработки и оцифровки, напротив, потребляют относительно малые токи, но нуждаются в большем разнообразии питающих напряжений. Также есть необходимость в оборудовании источниками питания рабочих мест настройщиков и разнообразных стендов для испытания электроники, оборудования или детекторов, которые рабо-

тают зачастую с одним – двумя модулями и не нуждаются в больших токах нагрузки. Для них важнее компактность, позволяющая сконцентрировать на рабочем месте большее количество контрольных и измерительных приборов.

Все эти критерии обусловили выбор архитектуры построения системы стабилизации питания для электронной аппаратуры установок ИФВЭ [2].

Если рассмотреть типичную схему источника питания линейного типа, то можно выделить следующие основные части (рис. 1):

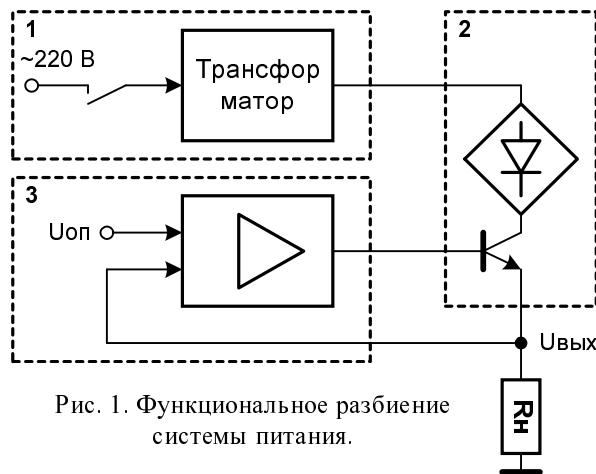


Рис. 1. Функциональное разбиение системы питания.

- 1) блок трансформатора (каркас МИП);
- 2) блок выпрямителя и мощных регулирующих элементов (СН-1);
- 3) блок сравнения и управления (БУ-1).

**Первая часть** должна включать в себя входные цепи сетевого напряжения и сетевой коммутирующий элемент, блок предохранителей и сетевой фильтр, трансформатор и вентилятор для его охлаждения, а также разъёмы для подключения остальных блоков системы и нагрузки.

Во **вторую часть** необходимо включить выпрямитель и мощные транзисторы

регулирующих элементов, фильтрующие конденсаторы на выходе выпрямителя и выходных клеммах стабилизатора, а также схему защиты от перегрузки по току и термодатчик. Мощные компоненты выпрямителя и регулирующих транзисторов имеют большое тепловыделение, поэтому логично произвести их разбиение на несколько идентичных модулей, чтобы сделать их конструкцию максимально простой и надёжной. При этом необходимо обеспечить идентичность модулей для различных номиналов и полярностей выходных напряжений, а также возможность объединения их для получения различных по мощности вариантов включения.

**Третья часть** – блок сравнения и управления – должна содержать в себе весь “интеллект” системы. В её функции должны входить включение и выключение системы, стабилизация выходных напряжений, слежение за сигналами перегрузки от блоков регулирующих элементов и выключение всего источника при обнаружении превышения в каком-либо канале допустимых пределов изменения тока или напряжения, а также индикация режима работы и причины произошедшего отказа, измерение и индикация выходных напряжений системы питания.

Исходя из этих принципов, была разработана система питания, включающая в себя следующие компоненты:

- каркас МИП с трансформатором и посадочными местами для установки модулей;
- модуль стабилизатора напряжения СН-1;
- блок управления БУ-1.

## 2. Каркас МИП

Каркас мощного источника питания МИП предназначен для установки и объединения трёхфазного понижающего трансформатора, модулей СН-1 и блока управления БУ-1. В основу конструктива каркаса положена механика системы СУММА-ВЕКТОР. Глубина каркаса увеличена с 300 до 600 мм. Каркас имеет габариты 520x315x555 мм<sup>3</sup> с поддоном для вентиляционного блока высотой 80 мм.

В каркас МИП входят следующие функциональные узлы:

- трёхфазный понижающий трансформатор;

- узел подключения сетевого напряжения и предохранителей, конденсаторы сетевых фильтров;
- установочные места и разъёмы для подключения блока управления (БУ-1) и десяти модулей мощных стабилизаторов (СН-1);
- посадочное место и разъём для присоединения блока вентиляции;
- разъём и клеммы для подключения нагрузки (блочного каркаса МИСС).

Трансформатор располагается за блоками СН-1 и кроссом, связывающим трансформатор, стабилизаторы и блок управления.

В каркасе размещается до 10 блоков СН-1 и один блок БУ-1. В зависимости от требуемого тока нагрузки и номинала питающего напряжения блоки СН-1 можно объединять в любом количестве. Все модули стабилизаторов одинаковы, а выходное напряжение, получаемое с данного места, определяется распайкой кросса.

Трёхфазный понижающий трансформатор выполнен на основе промышленного трансформатора ТСУ-1,6 (или ТТ-1,6УЗ), вторичная обмотка которого перемотана в соответствии с необходимыми низковольтными напряжениями и токами нагрузки. Количество витков и сечение провода для двух вариантов источников (МИП-3, МИП-5 и МИП-6) указаны в табл. 1.

**Таблица 1.**

U <sub>вых</sub> , В	МИП-3		МИП-5		МИП-6		U <sub>фхх</sub> , В
	N вит	S, мм <sup>2</sup>	N вит	S, мм <sup>2</sup>	N вит	S, мм <sup>2</sup>	
-5,2	10	34	10	25	10	25	6,17
+5,0	9	10	9	10	9	10	5,56
-2,0	7	10	7	10	7	10	4,32
+15	-	-	17	4	20	4	12,4
-15	-	-	17	4	17	4	10,8

Исходя из номенклатуры используемой электронной аппаратуры, в источнике питания заложены возможности получения до пяти стабилизированных номиналов напряжений. Максимальный выходной ток со стабилизатора СН-1 составляет 20 А, что позволяет получить с одного каркаса МИП ток нагрузки до 200 А, изменив распайку кросса и намотку трансформатора. Наиболее широко распространённые конфигурации источника – МИП-3 и МИП-5, которые обеспечивают соответственно три и пять номиналов выходных напряжений. МИП-3 (имеет три выходных напряжения: -5,2 В, -2 В, +5 В) – это вариант для цифровой электроники, потребляющей большой ток преимущественно по -5,2 В (I<sub>н</sub>=120 А), а МИП-5 (или его модификация МИП-6) предназначен для подключения электроники, требующей ещё напряжений +15 и -15 В.

В МИП-6 присутствует также номинал +20 В, необходимый для работы некоторых типов модулей АЦП. Напряжение +20 В вырабатывается в специальном модуле стабилизации СН-1-1, имеющем дополнительный встроенный стабилизатор на напряжение +20 В с током нагрузки 4 А, который обеспечивает два выходных номинала: стандартные +15 В и дополнительные +20 В. Этот модифицированный блок вставляется на место модуля, предназначенного для выработки напряжения +15 В. Можно на это место ставить и стандартный модуль СН-1, тогда источник становится МИП-5.

Для рабочих мест настройщиков электронной аппаратуры в одном блочном каркасе системы МИСС были размещены: источник питания, состоящий из трансформатора, 4 стабилизаторов СН-1 и блока управления, и кросс МИСС для подключения 12 модулей системы МИСС. Номинальные выходные напряжения и токи разных вариантов МИП представлены в табл. 2.

**Таблица 2.**

Увых, В	МИП-3 Iн, А	МИП-5 Iн, А	МИП-6 Iн, А	Мини Крейт Iн, А
-5,2	120	80	80	40
+5,0	40	40	40	20
-2,0	40	40	40	20
+15	-	15	15	-
-15	-	15	10	-
+20	-	-	4	-

Для обеспечения необходимого теплового режима используется блок вентиляции, который собран из четырёх вентиляторов 1,0ЭВ-1,4-4-3270Т4. Вентблок создаёт поток воздуха через источник 640 м<sup>3</sup> в час, что позволяет рассеивать до 150 Вт мощности в каждом стабилизаторе. Трансформатор обдувается отдельным вентилятором. Соединение источника МИП с нагрузкой (блочным каркасом МИСС) по номиналам -5,2 В, -2 В, +5 В осуществляется с помощью проводов БПВЛ-10, подключаемых к МИП и нагрузке болтовым соединением. Сигналы обратной связи с блочного каркаса МИСС в БУ-1 поступают через "жгут обратной связи", снабжённый разъёмами РП10-15 (см. табл. 3). Через тот же жгут подаются в нагрузку напряжения -15 В, +15 В и +20 В из источника питания.

**Таблица 3.**

Контакт	Назначение	Контакт	Назначение
1Б	Обратная связь -2 В	1А	Обратная связь "Земля"
2Б	Обратная связь -5 В	2А	Обратная связь +5 В
3Б	Обратная связь -15 В	3А	Обратная связь +15 В
4Б	Силовая +15 В	4А	Силовая +20 В
5Б	Силовая +15 В	5А	Силовая +15 В
6Б	Земля "Силовая ±15 В"	6А	Силовая -15
7Б	Фаза - 220 В	7А	Земля "Силовая ±15 В"
		8А	"0" - 220 В

### 3. Блок управления МИП БУ-1

Блок управления БУ-1 предназначен для работы в составе мощного источника питания (МИП). Он служит для включения и выключения МИП, индикации напряжений питания и сигнализации о причинах отключения, управляет работой модулей СН-1 и обеспечивает стабилизацию выходных напряжений.

На рис. 2 показана блок-схема модуля, состоящая из схем защиты по току и перенапряжению, логической схемы отключения питания, светодиодной индикации состояния источника, общего отключаемого стабилизатора, управляющего работой пяти схем стабилизации выходных напряжений, а также цифрового вольтметра.

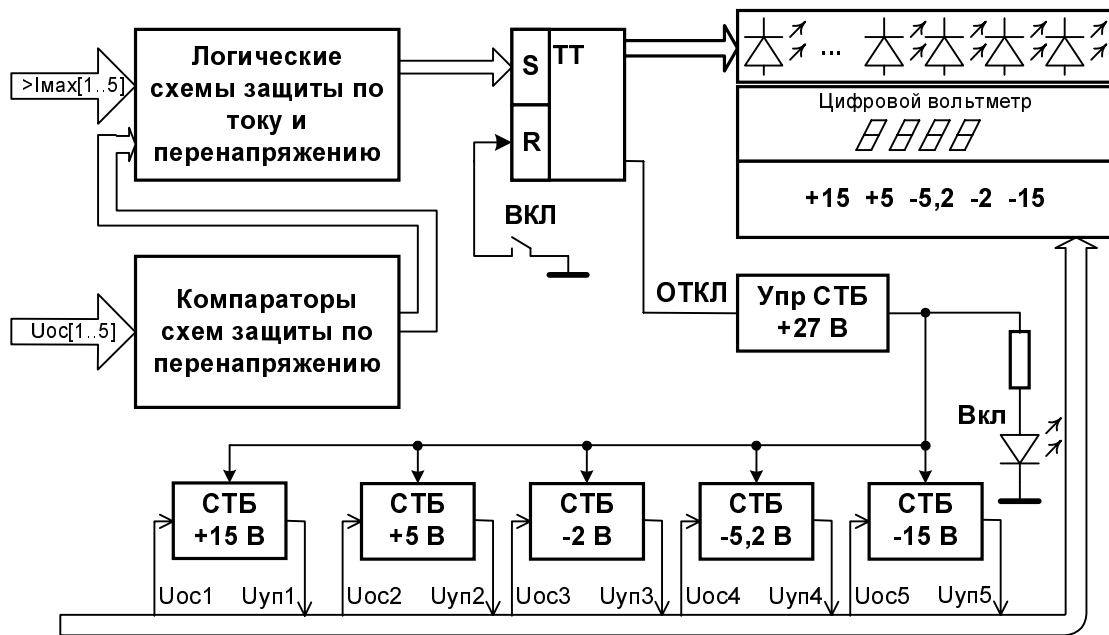


Рис. 2. Блок-схема модуля БУ-1.

### Технические характеристики:

1. БУ обеспечивает пять выходных напряжений:
 

• +15 В	с возможностью изменения	от +10 до +17 В
• +5,0 В	с возможностью изменения	от +6 до +3 В
• -2,0 В	с возможностью изменения	от -3 до -1 В
• -5,2В	с возможностью изменения	от -6 до -3 В
• -15 В	с возможностью изменения	от -17 до -10 В
2. Коэффициент стабилизации > 500
3. Напряжение пульсаций на выходе  $2 \div 5$  мВ
4. Точность показаний встроенного вольтметра  $\pm 5$  ед.мл.знака
5. Входное сопротивление вольтметра 1 МОм
6. Диапазон измеряемых значений напряжения  $\pm 19,99$  В
7. Напряжение срабатывания защиты по превышению выходного напряжения
 

• Для +15,0 В	+18 В
• Для +5,0 В	+6,8 В
• Для -5,2 В	-6,8 В
• Для -2,0 В	-3,3 В

Схема стабилизации (рис. 3) содержит управляющий и сравнивающий элементы стабилизатора, регулирующий элемент (мощные транзисторы находятся в модулях СН-1). Все пять напряжений вырабатываются схемами, собранными на интегральных стабилизаторах КР142ЕН2Б, и практически одинаковы. Различные номиналы питания МИП задаются изменением резисторов обратной связи ( $R_{oc}$  на рис. 3). Положительный и отрицательный номиналы получаются соединением соответствующей выходной клеммы стабилизатора с общей земляной шиной источника.

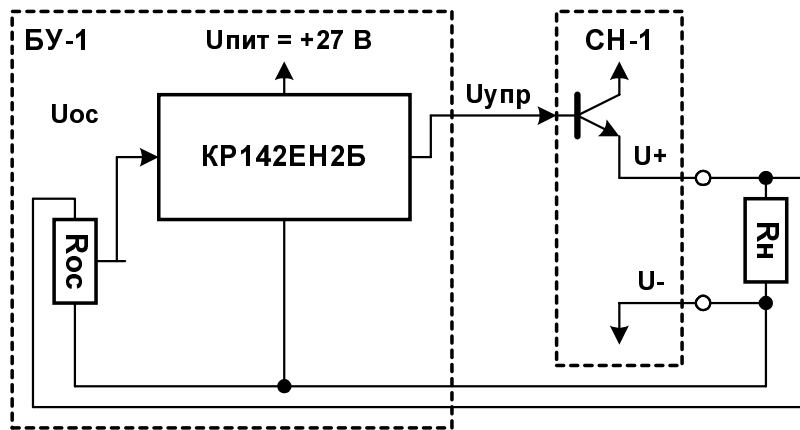


Рис. 3. Блок-схема построения системы стабилизации.

Все пять стабилизаторов запитываются от одного общего источника питания +27 В, который отключается при срабатывании схемы защиты и обесточивает управляющие микросхемы стабилизаторов, что приводит к обнулению выходных напряжений МИП. Его работа индицируется зелёным светодиодом “ВКЛ” на передней панели.

В БУ-1 находятся пять схем защиты по току и пять по напряжению. Сигналы с них поступают на логическую схему, вырабатывающую потенциал, отключающий управляющий источник +27 В. При превышении в каком-либо модуле СН-1 максимально допустимого тока или появлении перенапряжения на входе БУ-1 вырабатывается сигнал, вызывающий изменение состояния соответствующего триггера. Сигналы с триггеров поступают на светодиодный индикатор, показывающий, по какому номиналу произошел сбой, а также на вход отключения источника +27 В. Поэтому срабатывание защиты по одному из номиналов приводит к выключению всех источников питания. Термоконттакт в СН-1 подключен параллельно схеме защиты по току, поэтому его срабатывание приводит также к выключению источников, зажиганию светодиода соответствующего номинала и загоранию светодиода "Т>Тмах", который горит длительное время из-за большой инерционности ртутного датчика. При срабатывании одной из схем защиты по перенапряжению загораются светодиод "U>Uном" и один из светодиодов, показывающий, по какому номиналу произошло отключение.

Блок управления также содержит автономный источник питания на трансформаторе ТПП-231, со вторичных обмоток которого выпрямленное напряжение поступает на источник +27 В, на стабилизаторы +5 и -5 В для запитывания логических схем и встроенного вольтметра. Цифровой вольтметр служит для индикации выходных напряжений, выбираемых переключателем. Измеряемые напряжения приходят на вольтметр с линий обратных связей непосредственно с блочного каркаса.

На передней панели БУ-1 (рис. 4) расположены: тумблер подключения МИП к сети; кнопка запуска стабилизаторов; индикатор встроенного вольтметра; светодиоды "-15", "-5,2", "-2", "+5", "+15", индицирующие номинал, по которому сработала защита; светодиоды ">Uн" и ">Тм"; светодиод “ВКЛ”, индицирующий нормальную работу; переключатель вольтметра для измерения на-

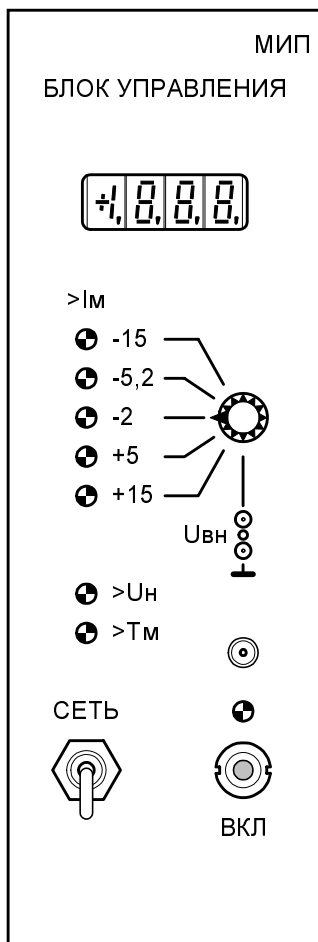


Рис. 4. Передняя панель блока БУ-1.



пряжений по пяти номиналам источника или внешнего напряжения; разъём РЦ-00, на который выводится сигнал "Отказ" низкого уровня ТТЛ при срабатывании защиты. На задней панели находятся 2 разъёма РП10-15 (см. табл. 4 и 5) для подключения модуля БУ-1 к кроссу МИП.

Таблица 4. Распайка разъёма X1 БУ-1

Конт	Назначение	Конт	Назначение
1Б	Вых. Ууп +5 В	1А	Вх. Уп +5В
2Б	Вых. Ууп -2 В	2А	Зщ. ток. +5В
3Б	Вх. Уп -2В	3А	Зщ. ток. -2 В
4Б	Вых. Ууп -5.2 В	4А	Вх. Уп -5.2В
5Б	Земля	5А	Зщ. ток. -5.2В
6Б	"0" 220 В вход	6А	Свободный
7Б	Фаза 220 В вход	7А	"0" 220 В вых
		8А	Фаза 220 В вых

Таблица 5. Распайка разъёма X2 БУ-1

Конт	Назначение	Конт	Назначение
1Б	Вых. Ууп +15 В	1А	Вх. Уп +15В
2Б	Вых. Ууп -15 В	2А	Зщ. ток. +15В
3Б	Вх. Уп -15В	3А	Зщ. ток. -15В
4Б	Перенап. +15 В	4А	Перенап. +5 В
5Б	Перенап. +15 В	5А	Перенап. -5.2 В
6Б	Свободный	6А	Перенап. -2 В
7Б	Свободный	7А	Свободный
		8А	Свободный

#### 4. Модуль стабилизатора СН-1

Модуль служит в качестве выходного регулирующего элемента в мощном источнике питания (МИП) и предназначен для получения как положительного, так и отрицательного напряжений питания.

Модуль состоит из следующих частей:

- Выпрямитель низковольтного трехфазного напряжения с фильтром.
- Мощные регулирующие транзисторы стабилизатора напряжения.
- Схема защиты по току и температуре.

Модуль имеет две выходные шины: положительную и отрицательную. Если необходим положительный номинал питания МИП, то к земле подключается отрицательная выходная шина СН-1, а если нужен отрицательный, то подключается положительная.

Выпрямитель построен по мостовой трёхфазной схеме выпрямления и собран на трёх выпрямительных диодах Д204-20 и трёх диодах Д204-20х, смонтированных на двух радиаторах. Максимальный ток выпрямителя 30 А. Выходные пульсации выпрямителя с частотой 300 Гц фильтруются конденсатором ёмкостью 10000 мкФ х 25 В. Четыре мощных регулирующих транзистора КТ827А расположены на транзисторном радиаторе с площадью поверхности  $S=1650 \text{ см}^2$ . Сигнал управления подается на них через буферный эмиттерный повторитель на транзисторе КТ815А.

Транзисторы выходного каскада включены параллельно по схеме эмиттерных повторителей. Суммирование эмиттерных токов осуществляется с помощью выравнивающих резисторов  $R_v=0,1 \text{ Ом}$ , которые являются также и датчиками тока для схемы защиты по току. При превышении напряжения на резисторах  $R_v > 0,6 \text{ В}$  открываются транзисторы схемы защиты по току, и на выходном разъеме блока появляется потенциал, по которому срабатывает система защиты по току в блоке управления БУ-1. В качестве дополнительной защиты по току каждый мощный транзистор имеет в коллекторной цепи предохранитель на  $7 \div 8 \text{ А}$ , выполненный в виде проводника диаметром 0,2 мм. Для защиты от перегрева мощных регулирующих транзисторов к транзисторному радиатору присоединён ртутный термодатчик ТК-1П-70, который замыкается при температуре радиатора  $>70 \text{ С}$ .

### Технические характеристики блока СН-1

Номинальный выходной ток	не менее	20 А
Ток срабатывания защиты по току	не более	26 А
Максимальное выходное напряжение	не более	+20 В
Максимальная температура радиатора	не более	70° С
Рассеиваемая мощность	не более	150 Вт

На передней панели модулей стабилизации СН-1 располагаются две выходные клеммы для возможности контроля выходного напряжения. На задней панели модуля находится разъём РП10-15 (см. табл. 6) для подключения его к каркасу МИП.

Таблица 6.

Контакт	Назначение	Контакт	Назначение
1Б	Фаза вторич. 1	1А	Фаза вторич. 1
2Б	Фаза вторич. 2	2А	Фаза вторич. 2
3Б	Фаза вторич. 3	3А	Фаза вторич. 3
4Б	Выход защиты	4А	Вход управления
5Б	Свободный	5А	Свободный
6Б	Выход +	6А	Свободный
7Б	Выход +	7А	Выход –
		8А	Выход –

### Заключение

Источники питания системы МИП выпускаются в ИФВЭ с 1985 г. За это время было выпущено более двухсот комплектов различных модификаций МИП. В настоящее время вся электроника регистрации и сбора данных на всех установках ИФВЭ, выполненная в системе МИСС, оборудована источниками МИП, которые показали свою долговечность и надёжность. Высокий выходной ток, низкий коэффициент пульсаций определяют незаменимость источников МИП в ряде приложений, несмотря на присущие им недостатки, такие как довольно большой объем и вес.

Авторы выражают благодарность И.Н. Якушеву и П.И. Борисевскому за помощь в расчете трансформаторов и изготовление опытных образцов, А.В. Хныкову за помощь в запуске систем на установках.

### Список литературы

1. Бушнин Ю.Б., Ваньёв В.С., Гончаров П.И. и др. Быстродействующая система регистрирующей и триггерной электроники для экспериментальных исследований в ИФВЭ. Препринт ИФВЭ 88-47. – Протвино, 1988.
2. Битюков С.И., Бушнин Ю.Б., Ваньёв В.С. и др. Система сбора данных установки вершинный спектрометр ИФВЭ (установка ВЕС). Препринт ИФВЭ 94-101. – Протвино, 1994.

*Рукопись поступила 27 сентября 2004 г.*

Н.А. Шаланда и др.

Система питания электронной аппаратуры сбора информации с физических установок ИФВЭ.

Редактор Н.В. Ежела.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы Word.

---

Подписано к печати 29.09.2004. Формат 60 × 84/8.      Офсетная печать

Печ.л. 1. Уч.–изд.л. 0,8. Тираж 130. Заказ 311.      Индекс 3649.

ЛР №020498 от 17.04.97.

---

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий,  
142280, Протвино Московской обл.

