

УДК 621

А.Ф. БРАЦЫХИН студент гр. ЭТа-211, I курс
Научный руководитель: И.П. МАСЛОВ, к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
Г. Кемерово

ОБЗОР ВЗРЫВОЗАЩЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

В работе рассмотрены искробезопасные источники питания основных производителей взрывозащищенного электрооборудования, которые эксплуатируются на горных предприятиях Кузбасса.

С каждым годом список используемого в шахте оборудования расширяется, и связано это с периодически вносимыми изменениями в Правила безопасности, появление нового вида оборудования, применение новых стандартов в измерении физических величин, применение новых интерфейсов передачи данных, обновление электрооборудования, а с учетом повышения уровня автоматизации горных работ все больше оборудования требует надежного низковольтного электропитания. В условиях угольной шахты, где в горных выработках присутствуют опасные условия по газу и пыли, к источникам питания предъявляются высочайшие требования. Такие источники питания должны соответствовать требованиям ГОСТ [1] и иметь соответствующую сертификацию.

Диапазон входных напряжений определяет к какой питающей цепи может подключаться источник питания. Основные уровни переменного напряжения для питания устройств автоматики, освещения и измерения в угольных шахтах – это 36В и 127В. Все устройства перед спуском в шахту проверяются на работоспособность еще на поверхности, где повсеместно есть переменное напряжение 220В. Соответственно, источник питания, который одновременно может питаться от сетей с различным уровнем напряжениям, является предпочтительнее, чем источник питания с более узким диапазоном входных напряжений.

Напряжение и выходной ток являются важными параметрами любого источника питания. Чем выше уровень тока на выходе, тем больше оборудования можно подключить к этому источнику питания. Однако, в искробезопасном оборудовании есть требования ГОСТа по входным и выходным параметрам, а также по подключению такого оборудования друг к другу. Оборудование – потребитель имеет входные параметры U_i , I_i , C_i , L_i . Оборудование – источник напряжения имеет выходные параметры U_o , I_o , C_o , L_o . Параметр U_i – это максимальное напряжение, которое гарантированно не приведет к повреждению устройства. Параметр U_o – это максимально возможное напряжение, которое может появиться на выводных клеммах. При подключении искробезопасного оборудования друг к другу всегда должно соблюдаться условие $U_i >$

Уо. Аналогично и для параметров I_i (максимально безопасный входной ток) и I_o (максимально допустимый выходной ток). Параметры C_o и L_o – это параметры выхода, максимально допустимая подключаемая емкость и индуктивность. Эти параметры обозначают какое количество емкости C_i и индуктивности L_i можно подключить к выходу. Также обязательно необходимо учитывать параметры кабеля, с помощью которого происходит подключение.

Степень защиты от влаги и пыли определяется стандартом [2] и маркируется «IPXX» – где «IP» - обозначение стандарта (Ingress Protection Code), а XX – цифровой код, обозначающий степень защиты.

Также не маловажным параметром является вес. Искробезопасные источники питания - как правило тяжелые приборы. Доставка их в до места эксплуатации является актуальной логистической задачей. Тяжелый вес обусловлен взрывобезопасной оболочкой (корпусом), который должен выдерживать взрыв внутри себя и гарантированно не распространить его наружу (требование ГОСТа).

В каталогах производителей источников питания для взрывоопасных сред представлены основные характеристики оборудования, и от производителя к производителю количество представленных параметров отличается. На данном этапе работы решено сравнить взрывозащищенные источники питания по следующим параметрам: диапазон входного напряжения, напряжение выхода, количество выходов, номинальный ток выхода, параметры взрывозащиты, степень защиты от влаги и пыли, вес, наличие интерфейсов передачи данных.

Искробезопасный источник питания ZSI-94/1

Параметры источника питания ZSI-94/1 приведены в таблице 1 [3]. Изготавливается компанией «Ингортех» в г.Екатеринбург. Источник питания имеет один выходной канал с напряжением 15В и максимальным током 0,7А. Данный источник питания имеет разные исполнения для разных питающих напряжений – это существенный недостаток. Согласно РЭ - нет никакой индикации и дополнительной периферии. Блоки питания имеют вес 14 кг и его можно считать легким. Степень защиты IP54 означает, что корпус обеспечивает защиту от пыли, а также от брызг в любых направлениях.

Таблица 1 – Параметры источника питания ZSI-94/1

Напряжение питания (зависит от исполнения)	42В, 127В, 230В (-15+10%)
Выходное напряжение и ток	15В, 0,7А
Параметры выходной схемы	$U_o=15,8\text{В}$, $I_o=0,7\text{А}$, $L_o=200\text{мкГ}$, $C_o=4,7\text{мкФ}$
Степень защиты	IP54
Вес	14кг
Маркировка взрывозащиты	РВ Ex d mb [ib] I

Источник искробезопасный ШИП-М-250/12.0000/00.0000/00-06 (ИП ZVB)

Блок питания компании «Ингортех», его параметры приведены в таблице 2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Питается от шахтовой сети переменного напряжения с действующим значением 36В. Ток силового выхода ниже, чем у предыдущей модели, однако, в этом блоке питания есть батарейная поддержка – это значит, что блок питания может работать автономно (без внешнего питания) и поддерживать выходное напряжение определенное. Автономная работа осуществляется за счет применения в схеме блока питания аккумуляторных батарей. Время автономной работы определяется емкостью этих батарей. В технических характеристиках на блоки питания, как правило, указывают время работы при максимальной нагрузке. То есть, в данном случае, если максимально нагрузить выход блока питания и отключить его от питающей сети, то он проработает 15 часов. Относительно предыдущей модели, блок питания за счет наличия аккумуляторов стал тяжелее на 2 кг.

Таблица 2 – параметры ИП ZVB

Напряжение питания	36В (-15+10%)
Выходное напряжение и ток	15В, 0,5А
Параметры выходной схемы	Uo=15,8В, Io=0,7А, Lo=200мкГ, Co=4,7мкФ
Степень защиты	IP54
Автономная работа	Не менее 15ти часов
Вес	16кг
Маркировка взрывозащиты	PB Ex db ma [ia Ma] I Mb X / PO Ex ma [ia Ma] I Ma X

Источник искробезопасный ИБП1 ИМКВ.40.00.000-01

Источник бесперебойного искробезопасного питания для угольных шахт ИБП1 от компании «Ильма» г. Томск. Характеристики прибора приведены в таблице 3 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Таблица 3 – параметры ИБП1 ИМКВ.40.00.000-01

Напряжение питания	30-250В (50±1) Гц
Выходное напряжение и ток	от 12,7 до 13 В; 1,3-1,4 А
Параметры выходной схемы	Uo=13,6 В; Io=1,5 А; Co=21 мкФ; Lo=150 мкГн;
Степень защиты	IP65
Автономная работа	Не менее 8ми часов
Вес	25кг
Маркировка взрывозащиты	PB Ex d ma [ia] I Mb X/PO Ex ma ia I Ma X

Данный блок питания имеет широкий диапазон входных напряжений. Выходной ток 1,4А – очень хороший показатель. Исполнение корпуса полностью защищает внутренности прибора от пыли и водяных струй со всех направлений. Есть аккумуляторная батарея, обеспечивающая автономную работу не менее 8-ми часов. Также данный блок питания имеет периферию: визуальная индикация уровня заряда батареи, цифровой интерфейс RS485, дискретный выход типа «сухой контакт» для определения наличия входного напряжения. Блок питания имеет модификацию с увеличенной емкостью аккумулятора. Благодаря этому увеличено время автономной работы, по заявке производителя не менее 16ти часов. Такое улучшение увеличило массу прибора до 32кг.

Источник питания ИБП1-03

Источник питания компании «Ильма» ИБП1-03 – это версия предыдущего блока питания ИБП1 без батарейной поддержки, выход стал стабилизованный, масса заметно уменьшилась [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Степень защиты корпуса от пыли и влаги стала слабее. Такие блоки питания устанавливают на участках, где не требуется автономность работы и нужно лишь преобразовать переменное напряжение шахтовой сети в постоянное искробезопасное напряжение для питания других потребителей.

Таблица 4 – параметры ИБП1-03

Напряжение питания	30-250В (50±1) Гц
Выходное напряжение и ток	13,5 В; 1,4 А
Параметры выходной схемы	Uo=13,6 В; Io=1,5 А; Co=21 мкФ; Lo=150 мкГн;
Степень защиты	IP54
Автономная работа	-
Вес	10кг
Маркировка взрывозащиты	РВ Exd[ia] I

Контроллер питания Granch SBTC-PS1

Источник питания Granch SBTC-PS1 изготавливается фирмой «Гранч» в г.Новосибирск. Данный блок питания отличается от остальных наличием выходного напряжения 60В [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. При этом он имеет 12 таких выходов с током до 150mA. Диапазон питающего напряжения узкий. Имеется версия Granch SBTC-PS2 с удвоенным количеством выходов. Заявленная потребляемая мощность SBTC-PS1 - не более 370 Вт, SBTC-PS2 - не более 740 Вт. Потребляемая мощность очень высокая. Это говорит о том, что прибор может потреблять от сети ток 740Вт/105В=7,05А. При таком токе кабель питающей сети в шахте будет иметь большие потери, которые при большой длине могут привести к невозможности работы данного блока питания.

Таблица 5 – параметры Granch SBTC-PS1

Напряжение питания	От 105В до 170В 50Гц
Выходное напряжение и ток	12 каналов: 56-65В/150mA; 1 канал: 12/1,2A
Параметры выходной схемы	-
Степень защиты	-
Автономная работа	Не менее 16ти часов
Вес	-
Маркировка взрывозащиты	PB Ex d ia [ia] I

Блок питания взрывозащищенный с искробезопасным выходом БПВИ-01

Блок питания компании «Ривас» из г.Москва. Диапазон входных напряжений подходит к большинству шахтовых сетей питания. Два выходных канала 14В по 1,2А [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Имеется индикация заряда и разряда аккумулятора, индикация перегрузки по току и цифровой интерфейс RS485 работающий по протоколу Modbus. БПВИ-01 может работать в автономном режиме, однако в описании сказано, что время автономной работы 18 часов при токе нагрузки 0,5А. При токе потребления ближе к максимальному время автономной работы сократится в несколько раз. Так же имеется версия БПВИ-02 без аккумулятора с точно такими же характеристиками БПВИ-01.

Таблица 6 – параметры БПВИ-01

Напряжение питания	30В-150В 50Гц
Выходное напряжение и ток	2 канала 13,8-14,1В/1,2А
Параметры выходной схемы	Нет данных
Степень защиты	Нет данных
Автономная работа	Не менее 18ти часов при токе 0,5А
Вес	22кг
Маркировка взрывозащиты	PB Ex d [ia Ma] I Mb X / PO Ex ia I Ma X

Сетевой преобразователь бесперебойного питания СПБП

Блок питания компании «СТР» из г.Кемерово. Представлен в нескольких модификациях. Выделить стоит основные две – это СПБП-М1 и СПБП-М3 [8]. Модификация СПБП-М1 имеет три канала по 14В с током 0,6А и широкий диапазон входных напряжений. Ток 0,6А это не самый лучший показатель, однако 3х каналов хватит для большинства задач. Параметр Lo равен 1мГн и это в несколько раз больше, чем у других конкурентов, можно подключить кабель большей длины и дальше разнести потребители.

Модификация СПБП-М3 имеет один стабилизированный выход с максимальным током 2А. Все модификации оснащены полноценным информационным дисплеем, который отображает текущее состояние блока питания: о подключенной сети питания, выходное напряжение, выходной ток, процент заряда аккумулятора, наличие связи по RS485. Также имеется три магнитные кнопки и древовидное меню для различных настроек в т.ч настройки цифрового выхода и аналогово выхода. В данном блоке питания используются литий-железо-фосфатный аккумулятор. Это современный тип аккумулятора с большим ресурсом и высокой устойчивостью к экстремальным режимам работы, таким как большой ток разряда и работа при низкой температуре.

Таблица 7 – параметры СПБП

	СПБП-М1	СПБП-М3
Напряжение питания	30В-250В 50Гц	110В-250В 50Гц
Выходное напряжение и ток	3 канала: 12-14,6В/0,6А	13,5В/2А
Параметры выходной схемы	Uo: 14,6В; Io:1,1А; Lo:1мГн; Co:16 мкФ;	Uo:14.0В; Io:2.53А; Lo:10мкГн; Co:18.5мкФ;
Степень защиты	IP54	IP54
Автономная работа	Не менее 16ти часов при максимальной загрузке двух каналов	Не менее 18ти часов при токе 1,7А
Вес	25кг	30кг
Маркировка взрывозащиты	PB Ex d ia [ia] I Mb X / PO Ex ia [ia] I Ma X	

Заключение

Из анализа следует, что для обеспечения нужд угольных предприятий необходимы источники питания, которые можно условно разделить на следующие группы:

1. Источник питания без батарейной поддержки.
2. Источник питания с батарейной поддержкой.
3. Источник питания с высоким током длительной нагрузки.

Все источники питания должны соответствовать требованиям ГОСТ, иметь высокую эксплуатационную надежность, иметь органы управления и индикации, иметь цифровые и аналоговые интерфейсы связи для дистанционного контроля состояния и управления, иметь несколько выходов, а также немаловажным параметром являются минимальные массогабаритные показатели.

Таким образом, разработка и создание взрывозащищенного источника питания, объединяющего в себе все вышеперечисленные свойства, является

актуальной технической задачей, имеющей важное значение для безопасного функционирования и развития шахт.

Список литературы:

1. ГОСТ 31610.11-2014. Взрывоопасные Среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты "искробезопасная электрическая цепь "i" = Explosive atmospheres. Part 11. Equipment with type of explosion protection "intrinsically safe electrical circuit "i" : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 июня 2015 г. N 734-ст : дата введения 2016-12-01 / подготовлен Автономной некоммерческой национальной организацией "Ex-стандарт" (АННО "Ex-стандарт"). – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 148 с
2. ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) = Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 июня 2016 г. N 604-ст : дата введения 2017-03-01 / подготовлен Техническим комитетом по стандартизации ТК 341 "Внешние воздействия". – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 42 с.
3. Источник питания ZSI-94/1 [каталог продукции] : сайт / ООО «Электрометал». – Екатеринбург, 2016 - . - URL: <https://elektrometal.ru/wp-content/uploads/2016/06/ZSI-94.pdf> (дата обращения: 31.01.2022). - Текст : электронный.
4. Источник искробезопасный ШИП-М-250/12.0000/00.0000/00-06 (ИП ZVB) [каталог продукции] : сайт / ООО «ИНГОРТЕХ». – Екатеринбург, 2019 - . - URL: <https://www.ingortech.ru/device/ip-zvb/> (дата обращения: 31.01.2022). - Текст : электронный.
5. Источник бесперебойного искробезопасного питания для угольных шахт ИБП1 [каталог продукции] : сайт / ООО «Машиностроительное предприятие «ИЛЬМА». – Томск, 2021 - . - URL: <https://ilma-mk.ru/product/istochnik-besperbojnogo-pitaniya-ip1-02/> (дата обращения: 31.01.2022). - Текст : электронный.
6. Контроллер питания Granch SBTC-PS [каталог продукции] : сайт / ТОО «Научно-производственная фирма Гранч». – Новосибирск, 2016 - . - URL: <https://granch.ru/ru/products/gornass-umnaya-shakhta/kontroller-pitaniya-sbtc-ps> (дата обращения: 31.01.2022). - Текст : электронный.
7. Блок питания взрывозащищенный с искробезопасным выходом БПВИ [каталог продукции] : сайт / ООО "Межотраслевая научно-техническая лаборатория по разработке, изготовлению и внедрению автоматизированных систем в горной промышленности" МНТЛ РИВАС. – Москва, 2020 - . - URL: <http://rivas.ru/bpvi.htm> (дата обращения: 31.01.2022). - Текст : электронный.

8. Сетевой преобразователь бесперебойного питания СПБП [каталог продукции] : сайт / ООО «Современные технические решения». – Кемерово, 2021 - .
- URL: <https://str-sib.ru/spbp> (дата обращения: 31.01.2022). - Текст : электронный.