

Источники бесперебойного питания для стационарных и подвижных объектов

ИЛЬЯ ПЛОТКИН, директор по развитию, ООО АЭИЭП
ИГОРЬ ТВЕРДОВ, научн. консультант, ООО АЭИЭП
СЕРГЕЙ СЛЕПОВ, нач. отд., 16 ЦНИИИ МО РФ

Со времени первой нашей публикации по источникам бесперебойного питания (ИБП) прошло почти четыре года [1]. В течение этого времени на предприятии продолжались работы по совершенствованию ИБП. Для наращивания мощности была обеспечена параллельная работа этих источников, добавлена возможность питания от трехфазной сети переменного тока, а также разработана модификация ИБП для подвижных объектов. В последнее время предприятием получены патенты [2, 3], что позволяет раскрыть технические решения, заложенные в проектирование этих устройств.

Для электроснабжения ответственных потребителей, которые не допускают перерывов питающего напряжения, ИБП постоянного тока широко используются уже третье столетие. Без таких ИБП была бы не возможна работа телефонных станций, систем сигнализации на железной дороге, современных производств с непрерывным технологическим процессом, систем космической, радиорелейной, дальней связи и многих других.

До недавнего времени ИБП строились на громоздких выпрямителях с большими потерями и аккумуляторных батареях (АБ) открытого типа, требующих вентиляции и больших эксплуатационных расходов. Например, на АТС ИБП размещались в выпрямительных и аккумуляторных залах с мощной вентиляцией тепла и вредных выбросов.

В настоящее время малогабаритные ИБП на основе высокочастотных преобразователей и герметизированных АБ устанавливаются в аппаратных залах, где занимают незначительную часть от общей площади.



Рис. 1. ИБП для стационарных объектов



Рис. 2. ИБП для подвижных объектов

Отечественным специализированным предприятием АЭИЭП разработан унифицированный ряд ИБП постоянного тока в широком диапазоне мощностей (150, 300, 600 Вт), выходных напряжений (12, 24, 48, 60 В) и времени работы от аккумуляторной батареи (5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 мин). Основные электрические и эксплуатационные характеристики ИБП приведены в таблице 1.

Питание ИБП осуществляется от однофазных сетей переменного тока 220 В/50 и 400 Гц; 115 В/400 Гц и от трехфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью 380 В/50 Гц с характеристиками, приведенными в таблице 2.

ИБП разработаны в двух вариантах (см. рис. 1, 2) для стационарных и подвижных объектов. В последнем применяются специальные невыпадающие разъемы и усилена амортизация.

В состав ИБП входят (см. рис. 3): корректор коэффициента мощности, модуль фильтрации и защиты (устанавливаются по требованию заказчика); модуль электропитания AC/DC; АБ; платы контроля и защиты.

При наличии сети напряжение на нагрузке обеспечивает модуль питания, который преобразует переменное напряжение в постоянное, обеспечивает фильтрацию и стабилизацию. Одновременно модуль используется для заряда или поддержания в заряженном состоянии АБ.

При пропадании сети нагрузка питается от АБ, которая обеспечивает номинальную мощность на выходе в течение времени, зависящего от емкости установленной батареи (необходимое время выбирается по таблице 1).

В ИБП применяются серийные модули питания АЭИЭП (см. табл. 3), которые имеют высокую точность стабилизации — 2% и низкий уровень пульсации — 1% выходного напряжения.

Такое качество напряжения позволяет использовать АБ типа FG итальянской фирмы Fiatm в максимально благоприятном режиме и увеличить срок службы. Известно, что такие АБ специально разработаны, чтобы получить наибольший эффект при буферном включении [4]. Кроме того, по данным компании СИЭЛТ, АБ этой серии имеют лучший показатель удельной стоимости — цена/емкость.

Плата контроля управляет работой ИБП, обеспечивает световую индикацию режимов работы ИБП: наличие сети и напряжения на выходах 1, 2, 3, 4, подключение АБ в буфер с нагрузкой, прерывистую световую и звуковую индикацию снижения напряжения на АБ ниже допустимого уровня и об увеличении напряжения на батарее выше допустимой величины; формирует сигналы телеметрии: «СЕТЬ», превышение напряжения на АБ «ПЕРЕНАПР. АБ», «БУФЕР», снижение напряжения на АБ «РАЗРЯД».

Плата защиты содержит устройства ограничения тока заряда, отключения АБ при глубоком разряде, что позволяет исключить неблагоприятные факторы, ограничивающие срок службы АБ, самовосстанавливающиеся предохранители для защиты ИБП от перегрузки и короткого замыкания.

В ИБП используются унифицированные модули фильтрации радиопомех и защиты от перенапряжений на токи 3 и 7,5 А (см. табл. 4). Измеренный уровень помех на входе ИБП не превышает значений, определяемых графиком 2 Норм по ГОСТ В 25803-91. Для защиты ИБП от сетевых выбросов напряжения в модулях размещены варисторы. В таблице 4 приведен основной параметр выбранных варисторов — напряжение на клеммах ограничителя. В соответствии с ГОСТ В 24425-90, это напряжение было измерено при воздействии импульса амплитудой 1000 В и длительностью 10 мкс.

Корректор коэффициента мощности выполнен на основе корректирующего дросселя и обеспечивает близкую к синусоидальной форму тока, потребляемого модулем питания (коэффициент мощности ~ 0,8).

ИБП имеют высокий эксплуатационный показатель (удельная энергия), который составляет 10...12 Вт·ч/дм³. Выполненное сравнение показало, что этот показатель в 1,5—2 раза превышает лучшие отечественные аналоги [1].

Конструкция обеспечивает установку ИБП на горизонтальную поверхность (пол, стол) через амортизаторы, на стену с помощью кронштейнов, в 19-дюймовую стойку на уголках. Комплекты монтажных частей поставляются отдельно.

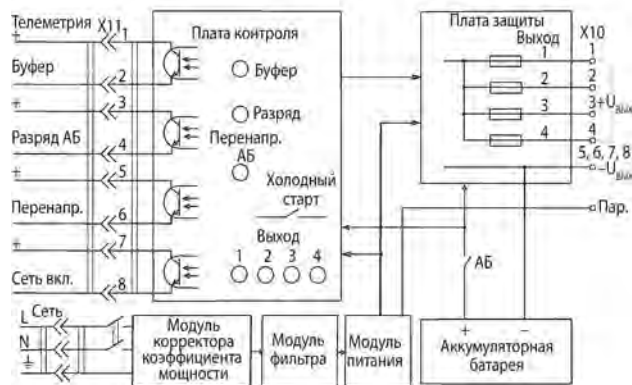


Рис. 3. Структурная схема ИБП с питанием от однофазной сети

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Как видно из таблицы 1, мощность ИБП ограничивается на уровне 600 Вт. Иногда для потребителей такая величина оказывается недостаточной. Предприятию невыгодно выпускать ИБП мощностью свыше 600 Вт, т.к. заказы не превышают нескольких процентов от общего количества. Для увеличения мощности применяется параллельное включение ИБП. Возможность параллельной работы на общую нагрузку реализована в ИБП600-Р, в условном обозначении которого добавился индекс «Р».

Параллельная работа на общую нагрузку возможна только при наличии специальных устройств, обеспечи-

Таблица 1. Основные электрические и эксплуатационные характеристики ИБП

Наименование	Мощность, Вт	Типономинал выхода, напр., В	Диапазон напряжения на выходе при отсутствии сети, В	Диапазон напряжения на выходе при наличии сети, В	Время работы при макс. нагрузке от АБ, мин.	Размеры, мм	Масса, кг
ИБП150-12	150	12	10,0...13,8	13,1...13,8	5, 15, 30, 60, 120	412×300×238	21
ИБП150-24		24	20,0...27,6	26,2...27,6	20, 30, 60, 120		21
ИБП150-48		48	40,0...55,2	52,4...55,2	60		23
ИБП150-60		60	50,0...69	65,5...69	60, 120		25
ИБП300-12	300	12	10,0...13,8	13,1...13,8	10, 20, 30, 60, 120		27
ИБП300-24		24	20,0...27,6	26,2...27,6	60, 120		30
ИБП300-48		48	40,0...55,2	52,4...55,2	20, 30, 60		30
ИБП300-60		60	50,0...69	65,5...69	60		32
ИБП480-12	480	12	10,0...13,8	13,1...13,8	5, 10, 20, 30, 60		40
ИБП600-24	600	24	20,0...27,6	26,2...27,6	10, 20, 30		42
ИБП600-48		48	40,0...55,2	52,4...55,2	15		48
ИБП600-60		60	50,0...69	65,5...69	5, 20		50

Таблица 2. Характеристики качества входной электроэнергии

Характеристика показателя, размерность	Значение показателя		
	Входное напряжение		
	115 В/400 Гц	220 В/50, 400 Гц	3×380 В/50 Гц
Установившееся отклонение, %	-30...15	-15...10	-30...20
Переходное отклонение, %	±30	±20	±30
Длительность переходного отклонения, не более, с	1		

Таблица 3. Характеристики модулей питания серии КА

Наименование	Мощность, Вт	Uвх, В	Uвых, В	Iвых макс, А	Кол-во выходных каналов	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
KL300	300	24...220; 380 3Ф	5...60	0,02...40	1, 2, 3	190×102×41,5	0,85
KP600	600					238×128×43	1,5
KD1200	1200		24...60	1...40	1,2	280×170×52	3

Таблица 4. Основные параметры модулей фильтрации радиопомех

Наименование модуля	Входное напряжение, В	Номинальный проходной ток, А	Коэффициент подавления помех на частотах не менее, дБ				Напряжение ограничения защиты, В	Габариты, мм	Масса, г
			0,15–0,3 МГц	0,3–1 МГц	1–10 МГц	10–30 МГц			
MPP2-C3AMU	~220 В	3	25	35	55	50	430	107×56×19	130
MPP3-C7,5AMU		7,5	30	40	60	45		129×61×22	200

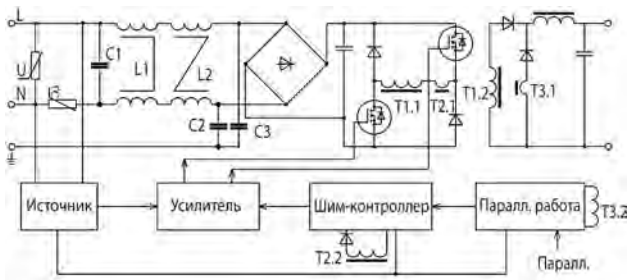


Рис. 4. Доработанное устройство для выравнивания токов между модулями питания

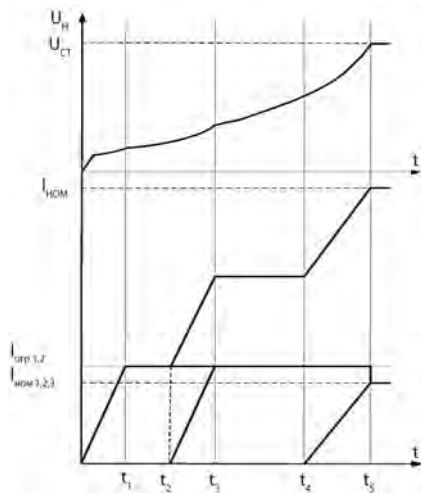


Рис. 5. Пример пуска трех модулей напряжения, включенных в параллель на общую нагрузку

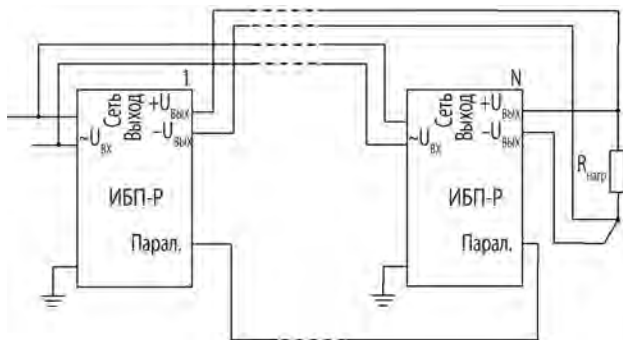


Рис. 6. Параллельное подключение нескольких ИБП на общую нагрузку

вающих выравнивание токов между модулями питания каждого ИБП. Для используемых модулей KD1200 такие устройства были разработаны дополнительно.

Для параллельной работы используется схемотехническое решение, обеспечивающее принудительное равномерное распределение тока нагрузки между модулями, которое хорошо себя зарекомендовало при выравнивании токов модулей мощностью десятки Вт.

Для параллельного соединения более мощных модулей, когда сопротивление нагрузки составляет сотые доли Ом, это решение было доработано (см. рис. 4): появился новый функциональный узел — дежурный источник питания, претерпело изменение устройство защиты от перегрузки [2]. При перегрузке модуль переходит в режим генератора тока, величина которого равна $1,2 I_{ном}$.

После доработки пуск модуля осуществляется надежно. В модуле, который первым запустился, защита от перегрузки расценивает нагрузку как КЗ, но не выключает его, а только ограничивает выходной ток. При этом модуль

продолжает работать. Следующий включившийся модуль «перетягивает» часть тока нагрузки на себя, и выходное напряжение увеличивается. Так происходит, пока все модули не выйдут на режим.

Предположим, что раньше всех включился первый модуль (см. рис. 5) и начинает работать на нагрузку, которая значительно превышает его номинальную мощность. На выходе нарастает ток I_n и напряжение U_n , и в момент t_1 ток достигает значения $I_{огр}$.

На интервале t_1-t_2 первый модуль работает в режиме ограничения тока на уровне $I_{огр}$, при этом нарастает ток и напряжение на нагрузке. В момент t_2 включается второй модуль, и на интервале t_2-t_3 ток нарастает до значения $I_{огр}$, сохраняясь на этом уровне на интервале t_3-t_5 . Одновременно продолжается нарастание тока и напряжения на нагрузке. В момент t_4 включается третий модуль, и в момент t_5 его ток нарастает до номинального значения $I_{ном}$, а токи первого и второго модулей снижаются от $I_{огр}$ до $I_{ном}$. Мощность на нагрузке достигает номинального значения, а токи в каждом модуле в момент t_5 выравниваются на уровне $I_{пр1} = I_{пр2} = I_{пр3} = I_{ном}/3$.

При пропадании сети нагрузка питается от АБ каждого ИБП, которые соединены параллельно. При установке АБ учитывается требование ТУ на АБ фирмы Fiatm: использовать для параллельного соединения АБ одной партии и одной даты выпуска. Для ИБП, рассчитанных на параллельную работу, на лицевой панели дополнительно установлен разъем «Параллельное подключение ИБП», на который заводится сигнал для регулирования выходного тока. При параллельном подключении (см. рис. 6) нескольких ИБП на общую нагрузку длина и сечение проводов должны быть одинаковыми.

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Аккумуляторная батарея является основным элементом ИБП, в котором занимает более 60% общего объема, а ее цена свыше 40% от стоимости ИБП. При этом АБ требует неоднократной замены в процессе эксплуатации, т.к. срок службы АБ составляет 5 лет, в то время как у второго основного элемента модуля питания — более 20 лет.

При прямом подключении АБ в буфер к стандартному модулю имеются следующие негативные факторы. Во-первых, возможен разряд ниже допустимой минимальной величины напряжения, при этом у АБ сокращается срок службы. Чтобы исключить глубокий разряд, АБ отключают от нагрузки при снижении напряжения ниже допустимого уровня. Устройство отключения состоит из компаратора, усилителя и реле, контакты которого включены между плюсом АБ и плюсом нагрузки и отключают АБ от нагрузки при снижении напряжения на АБ ниже допустимого уровня. Во вторых, при восстановлении сети разряженная кислотно-свинцовая герметизированная АБ заряжается током I_z , значительно превышающим допустимое значение, уменьшающим $0,25Q$, где Q — значение номинальной емкости АБ. В этом аномальном режиме заряда начинается разогрев электролита, количество которого уменьшается за счет испарения. Чтобы избежать взрыва, в АБ предусматривают стравливание избыточного газа через односторонний предохранительный клапан. Именно поэтому АБ классифицируется как герметизированные, а не герметичные. Высокий начальный зарядный ток является основным фактором, уменьшающим срок службы АБ. Для устранения этого недостатка при буферном заряде АБ постоянным напряжением от модуля питания вводится ограничение начального тока. На рисунке 7 приведена структурная схема ИБП, в котором для ограничения тока используется цепочка из диода $V1$, резистора $R4$, шунтируемая контактами реле через 20—30 мин после начала заряда [1]. Время выбирается таким, чтобы в момент t_2 (см. рис. 8) АБ зарядилась до напряжения, которое не позволяет зарядному току превысить величину $0,25Q$.

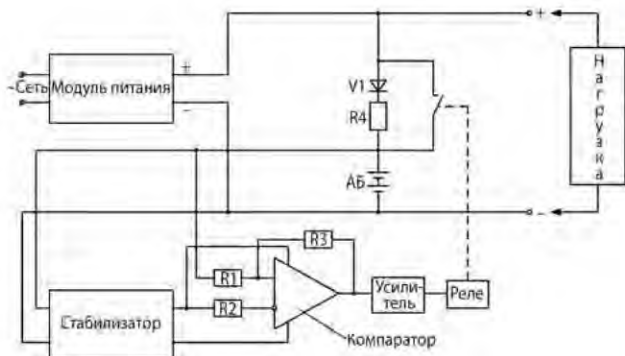


Рис. 7. Структурная схема ИБП

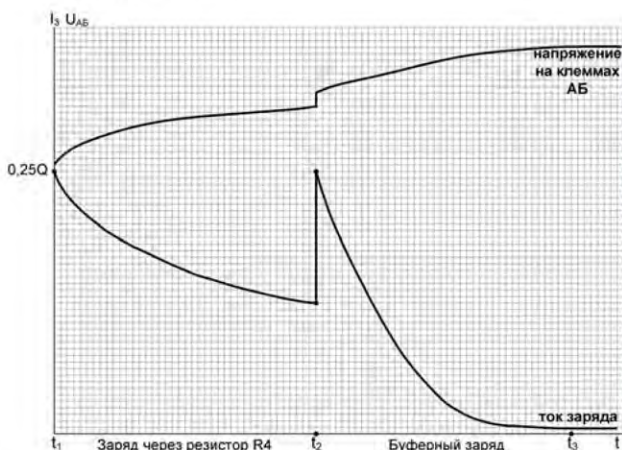


Рис. 8. Диаграмма заряда

При наличии сети и заряженной АБ состояние выхода компаратора «1», усилитель открыт и обеспечивает питание обмотку реле, контактами которого АБ подключена к нагрузке. Модуль питания класса AC/DC обеспечивает питание нагрузки и ток содержания АБ.

При пропадании сети питание нагрузки обеспечивает АБ. В момент, когда в результате разряда напряжение АБ уменьшается до минимального допустимого значения, срабатывает компаратор, и его выход обнуляется, усилитель закрывается, обесточивается обмотка реле, контакты которого размыкаются, АБ отключается от нагрузки, а цепочка «диод V1, резистор R4» готова к ограничению тока заряда при включении сети. Гистерезисный резистор R3 препятствует срабатыванию компаратора из-за повышения напряжения на клеммах разряженной АБ. Резисторы R1, R2 на входах компаратора обеспечивают необходимый ток управления. Диод V1 препятствует разряду АБ на нагрузку при разомкнутых контактах реле.

В момент включения сети t_1 (см. рис. 8) начинается заряд АБ по цепи «плюс модуля питания, диод V1, резистор R4, АБ, минус модуля питания». Состояние выхода компара-

АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК
источники электропитания

Фильтры МРО МРМ

Модули фильтрации и защиты 2,5 А ... 40 А

Для сетей постоянного тока напряжением до 100 В
Кoeffициент ослабления помех 30...60 Дб
Диапазон рабочих температур минус 60°С...+105°С
Защита от выбросов напряжения до 1000 В
Приемка "5", Перечень МОР 44 001.18-2009

ООО "АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания"
129226, Москва, пр-т Мира, 125,
тел: (909)156-54-97, (499)181-19-20, (499)181-26-04
факс: (916)950-87-53, тел/факс: (499)181-05-22
e-mail: alecsan@aeip.ru www.aeip.ru

тора — «0» (АБ разряжена), усилитель закрыт, реле обесточено. Нагрузка питается от модуля. Ток заряда I_3 ограничивается на уровне 0,25Q с помощью резистора R4, величина которого определяется по формуле $R4 = (U_{ст} - E)/I_3$, где $U_{ст}$ — стабилизированное напряжение на выходе модуля питания; E — противоЭДС разряженной АБ.

В момент t_2 (см. рис. 8) напряжение на инверсном входе компаратора становится выше напряжения на неинверсном входе, состояние выхода компаратора изменяется от «0» к «1», включается усилитель, обеспечивается ток обмотки реле, контактом которого шунтируется цепь «диод V1, сопротивление R4». АБ подключается в буфер к модулю питания. Ток заряда вновь увеличивается до значения 0,25Q и по мере заряда АБ снижается до значения тока содержания (момент t_3 на рисунке 8). Рассмотренное устройство является частью платы контроля.

В заключение приведены основные эксплуатационные характеристики ИБП (см. табл. 5)

ИБП выпускаются для общепромышленного и специального применения в соответствии с техническими условиями БКЮС 434732.503 ТУ. В июне 2006 г. успешно завершены типовые испытания и КД на ИБП присвоена литера «О1».

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Плоткин, Н. Закиров, И. Твердов. «Унифицированный ряд источников бесперебойного питания промышленного и специального назначения». - М. «Электронные компоненты». №12. 2005.
2. И. Плоткин, А. Нагайцев, И. Твердов, С. Затулов, А. Картышов «Преобразователь напряжения. Патент №2374745».
3. И. Плоткин, И. Твердов, Н. Закиров, А. Акимов. «Источник бесперебойного питания. Патент №2332770».
4. Клапанно-регулируемые свинцово-кислотные аккумуляторные батареи серии FG. Техническое руководство Fiatm. СИЭЛТ. М. 2007.

Таблица 5. Эксплуатационные характеристики ИБП

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон рабочей температуры окружающей среды, °С	-10...40
Допустимая относительная влажность окружающей среды при 25°С, %	98
Остальные климатические и механические характеристики по ГОСТ В 20.39.304-98	Группа 1.1, 1.3 УХЛ
Степень защиты по ГОСТ 14254-80	IP30
Класс защиты по ГОСТ 12.2.007.0-75 (электробезопасность)	I
КПД, %	92
Время наработки на отказ, ч	100 тыс.
Срок службы ИБП, не менее, лет	10
Срок службы АКБ, не менее, лет	5