

**ЕГОРОВ П. П., МУСКАТИНЬЕВ А. В.**  
**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ**  
**БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** Обсуждаются структуры источников бесперебойного питания (ИБП) для систем теплоснабжения. Предлагается вариант построения ИБП, оптимальный по массогабаритным показателям и цене.

**Ключевые слова:** ИБП, ШИМ-инвертор, синусоидальный сигнал, импульсный сигнал.

**EGOROV P. P., MUSKATINYEVA A. V.**  
**UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES FOR THERMAL SYSTEMS:**  
**CONSTRUCTION FEATURES**

**Abstract.** The article considers the structures of the uninterruptible power sources (UPS) for heat supply systems. The authors offer an UPS construction with optimum weight-size parameters and reasonable price.

**Keywords:** UPS, PWM-inverter, sinusoidal signal, pulse signal.

Для питания систем индивидуального отопления с котлами, оснащенными системой автозапуска и циркуляционными электронасосами, применяют источники бесперебойного питания (ИБП), предназначенные для непрерывного электроснабжения. Применение ИБП позволяет длительное время с высокой степенью надежности эксплуатировать тепловые котлы, снижая риск выхода из строя их системы автоматики.

На рынке присутствует значительное число разновидностей ИБП российских и иностранных фирм. Среди них можно отметить компании APC, POWERCOM, INVENSYS, TEPLOCOM, ПО БАСТИОН и др.

Как известно, выходное переменное напряжение ИБП может быть прямоугольной формы (меандр), или представлять собой синусоиду. Источники с прямоугольной формой напряжения могут быть использованы в системах с активной нагрузкой (лампы накаливания, нагревательные приборы, персональные компьютеры с бестрансформаторным источником питания). ИБП с синусоидальной формой напряжения применяют в системах с индуктивными элементами (трансформаторы, насосы, двигатели). Именно к такому классу устройств относятся системы отопления. Кроме этого, в ИБП для систем отопления необходимо обеспечить гальваническую изоляцию нагрузки (котла) от сети. Это необходимо для соединения клемм ЗЕМЛЯ и НОЛЬ на котле (принудительное зануление) с целью

функционирования режима автоматического включения котла при подаче на него напряжения. Такое требование объясняется особенностью работы датчика наличия пламени поджигающей горелки в системе управления котлом. Сказанное позволяет сделать вывод о том, что ИБП для тепловых систем являются высокотехнологичными, сложными устройствами, цена которых может быть сравнимой со всей системой индивидуального отопления.

В ряде населенных пунктов, где перебои с электроэнергией могут происходить достаточно часто, существует потребность в сравнительно недорогих, малогабаритных ИБП, рассчитанных на мощность (активную) не более 180 – 200 Вт, но позволяющих работать от аккумуляторов большой емкости (100 и более Ач). Однако, существующие ИБП с такой мощностью нагрузки позволяют эксплуатировать аккумуляторы небольшой емкости, что объясняется ограниченными возможностями внутренней системы заряда. Разработке и обоснованию функциональной схемы такого варианта ИБП для систем индивидуального отопления посвящается данная работа.

Существует три разновидности структурных схем построения ИБП, в том числе и для тепловых систем: off-line (или stand-by), line-interactive и on-line [1]. Эти устройства имеют различные конструкции и характеристики. Структурная схема ИБП класса off-line приведена на рис. 1. При работе в нормальном режиме нагрузка питается от электросети.

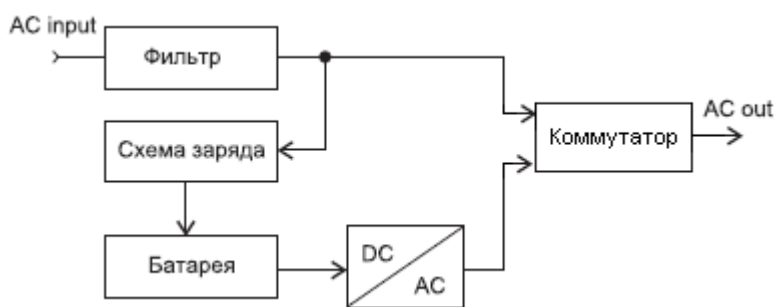


Рис. 1. Структурная схема ИБП типа off-line.

Для подавления электромагнитных и радиочастотных помех во входных цепях используются фильтры. Если входное напряжение становится ниже или выше установленной величины, или вообще исчезает, то включается инвертор, который осуществляет питание нагрузки от аккумуляторных батарей. Форма выходного напряжения может быть прямоугольной или синусоидальной. ИБП класса off-line неэкономично работают в электросетях с частичными и значительными отклонениями напряжения от номинальной величины, поскольку частый переход на работу от батарей уменьшает срок службы

последних. Достоинством такой структуры является логическая завершенность и простота, что облегчает эксплуатацию ИБП.

На рис. 2 показана структурная схема ИБП типа line-interactive. Так же, как и ИБП класса off-line, она ретранслирует переменное напряжение электросети в нагрузку, поглощая при этом относительно небольшие всплески напряжения и сглаживая помехи. Если в электросети произошла авария, то ИБП синхронно, без потери фазы колебания, включает инвертор для питания нагрузки от батарей. При этом синусоидальная форма выходного напряжения достигается фильтрацией ШИМ – колебания. Схема использует специальный инвертор для подзарядки батареи, который всегда работает при наличии сетевого напряжения.



Рис. 2. Структурная схема ИБП типа line-interactive.

Положительными свойствами приведенной структуры ИБП являются более широкий допустимый рабочий диапазон входного напряжения. К недостаткам можно отнести ступенчатую (не плавную) стабилизацию напряжения. Коммутирующие обмотку трансформатора узлы могут порождать устойчивые искажения выходного сигнала (из-за наличия сложной цепи обратной связи) и непредсказуемые переходные процессы.

На рис. 3 показана структурная схема ИБП типа on-line. ИБП преобразует переменное входное напряжение в постоянное, которое затем с помощью ШИМ-инвертора преобразуется снова в переменное со стабильными параметрами. Поскольку нагрузку всегда питает инвертор, то нет необходимости в переключении с внешней сети на инвертор, и время переключения равно нулю. За счет инерционного звена постоянного тока, каким является батарея, происходит изоляция нагрузки от аномалий сети и формируется очень стабильное выходное напряжение. Даже при больших отклонениях выходного напряжения ИБП продолжает питать нагрузку синусоидальным напряжением с отклонением не более  $\pm 5\%$  от устанавливаемого пользователем номинального значения. К недостаткам данного типа ИБП

можно отнести невысокий КПД (от 80 % до 94 %), повышенное тепловыделение и уровень шума. ИБП подобного типа применяют при питании файловых серверов и рабочих станций локальных вычислительных сетей, а также любого другого оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству сетевого электропитания.



Рис. 3. Структурная схема ИБП типа on-line.

Рассмотрим подробнее первую и вторую структуры, применяемые для построения ИБП для систем отопления. На рис. 4 представлена функциональная схема ИБП типа off-line. Сетевое напряжение поступает на входной многоступенчатый фильтр через прерыватель цепи, который в случае значительной перегрузки отключает устройство от сети. Во входном фильтре, ограничителе электромагнитных и радиочастотных помех, используются LC-звенья. При работе в нормальном режиме контакты 3 и 5 реле SA1 замкнуты, и ИБП передает в нагрузку напряжение электросети, фильтруя высокочастотные помехи. Заряд аккумуляторной батареи происходит непрерывно, пока в сети есть напряжение. Если входное напряжение падает ниже установленной величины или вообще исчезает, а также, если оно сильно зашумлено, замыкаются контакты 3 и 4 реле, и ИБП переключается на работу от инвертора, который преобразует постоянное напряжение батареи в переменное.

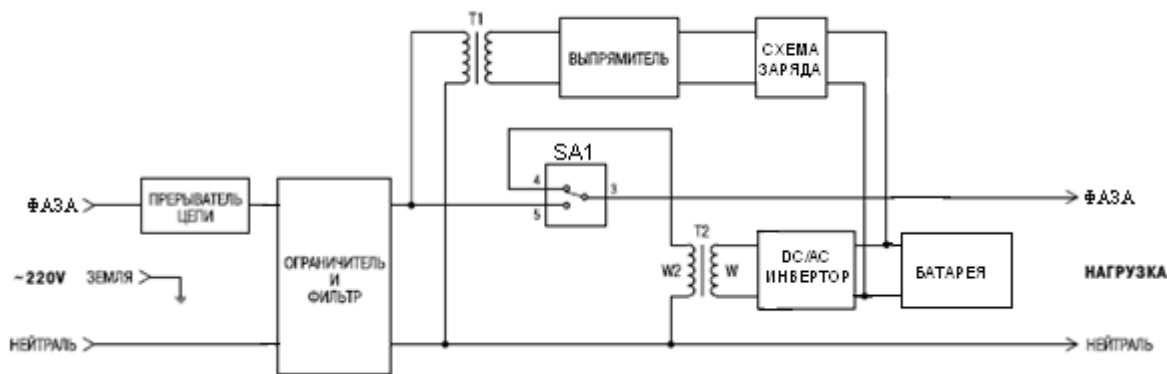


Рис. 4. Функциональная схема ИБП типа off-line.

Еще одна модификация ИБП типа off-line [2] приведена на рис. 5. Источник рассчитан на использование в системах отопления с нагрузкой до 1000 Вт. Модуль зануления обеспечивает гальваническое соединение выходной клеммы «НОЛЬ» с клеммой «ЗЕМЛЯ» при переходе в автономный режим. Выпрямитель, совмещенный с корректором коэффициента мощности, обеспечивают преобразование напряжения сети переменного тока

в стабилизированное напряжение постоянного тока, обеспечивая при этом практически синусоидальную форму тока, потребляемого из сети. Это позволяет получить коэффициент мощности ИБП близким к единице. Инвертор преобразует напряжение постоянного тока в синусоидальное напряжение с частотой 50 Гц. Силовые транзисторы инвертора коммутируются с частотой 50 кГц, обеспечивая высокую надежность и точность формирования выходного напряжения. Энергия постоянного тока поступает на вход инвертора от сети или от аккумуляторной батареи через преобразователь DC/DC. Зарядное устройство обеспечивает подзаряд батареи при работе ИБП в сетевом режиме. В качестве батареи используются последовательно включенные герметичные (необслуживаемые) свинцово-кислотные аккумуляторы. Допускается использование негерметичных типов аккумуляторов, включая автомобильные, с установкой их в нежилых проветриваемых помещениях. Модуль BYPASS автоматически обеспечивает альтернативный путь для подключения нагрузки непосредственно к сети при аномальных режимах работы ИБП (перегрузке, перегреве, выходе из строя одного из узлов ИБП).

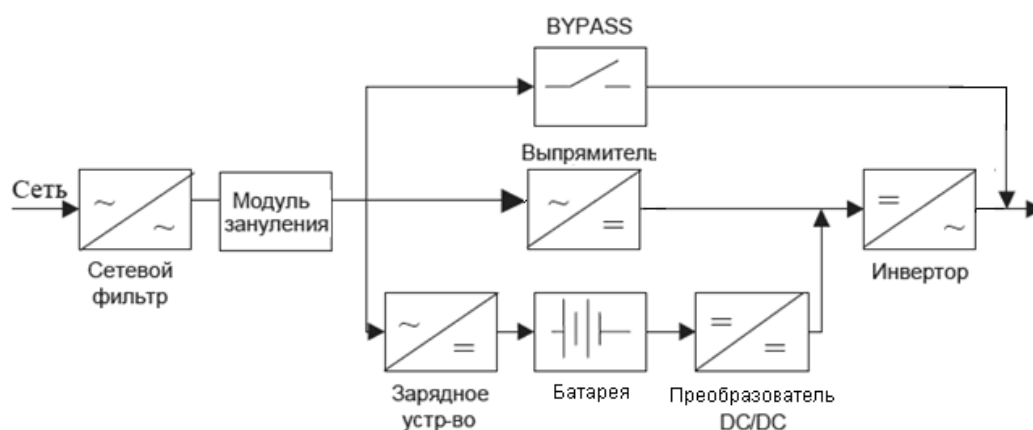


Рис. 5. Разновидность функциональной схемы ИБП типа off-line.

Постоянная работа силового инвертора требует тщательного его проектирования и изготовления, с целью обеспечения повышенной надежности.

Разновидность функциональной схемы ИБП типа line-interactive представлена на рис. 6. [1]. При номинальном напряжении включены реле SA1, SA2, SA3 (контакты 1, 3), SA4 (контакты 1, 3), SA5, и входное напряжение проходит в нагрузку. Реле SA3 и SA4 используются для режима подстройки выходного напряжения. К примеру, если напряжение сети увеличилось и вышло за допустимый предел, реле 3 и 4 подключают дополнительную обмотку W1 последовательно с основной W2. Образуется автотрансформатор с коэффициентом трансформации меньше единицы, и выходное напряжение падает. В случае уменьшения сетевого напряжения дополнительная обмотка W1 включается встречно по

отношению к  $W2$ . Коэффициент трансформации становится больше единицы, и выходное напряжение повышается. При пропадании напряжения на входе включаются реле 4 и 1, запускается мощный инвертор, питающийся от батареи, и в нагрузку поступает синусоидальное напряжение 220 В, 50 Гц.

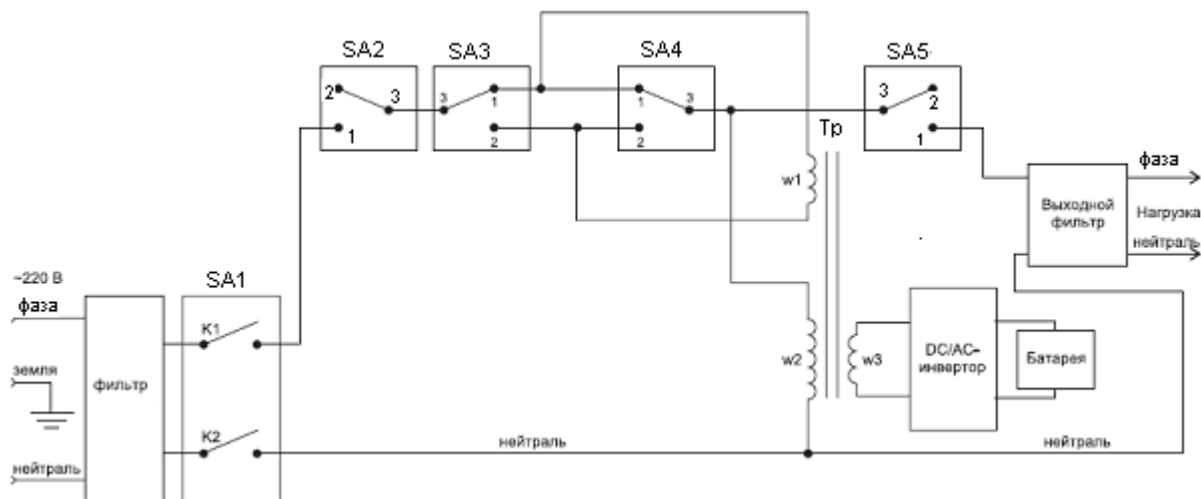


Рис. 6. Функциональная схема ИБП типа line-interactive.

К недостаткам данной структуры можно отнести использование низкочастотного трансформатора  $Tr$  и выходного фильтра, ухудшающих массогабаритные показатели источника. Наличие сложной системы коммутации снижает надежность схемы.

Предлагаемая функциональная схема для построения ИБП типа off-line показана на рис. 7. Источник формирует в автономном режиме синусоидальный сигнал. Основное отличие от приведенных выше схем заключается в отсутствии силового низкочастотного трансформатора. Трансформатор  $Tr$ , отмеченный на рис. 7, указывает на необходимость наличия элемента гальванической развязки зарядного устройства от сети переменного тока с целью зануления нагрузки, что необходимо для корректной работы системы поджига котла. Планируется использовать мощное зарядное устройство, способное работать с аккумуляторами, емкостью до 200 Ач. Преобразователь DC/DC представляет собой стабилизированный, обратногоходовой источник, повышающий напряжение батареи до 300 В. Предполагается разработать две разновидности ИБП, работающих от одиночного аккумулятора и двух, соединенных последовательно. Инвертор выполнен по мостовой схеме, работает на частоте 20кГц и формирует двухполярный ШИМ сигнал. Высокочастотный фильтр выделяет первую гармонику ШИМ сигнала с малым уровнем высших составляющих. Все узлы, входящие в канал автономного формирования питающего напряжения имеют общую точку, что упрощает управление силовыми ключами. На основе функциональной

схемы рис. 7 был разработан источник напряжения с синусоидальным выходом [3]. Допустимая выходная мощность инвертора 200 Вт, с возможностью подключения нагрузки мощностью 400 Вт в течение 5 с.

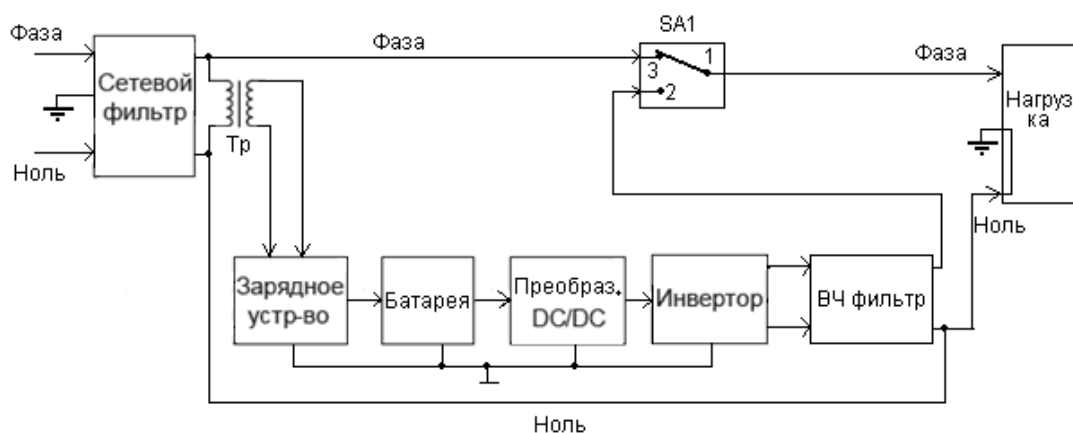


Рис. 7. Функциональная схема для построения ИБП.

Рассмотренная функциональная схема ИБП обладает необходимыми свойствами для использования ее при построении систем электроснабжения индивидуальных тепловых пунктов малой мощности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкция и ремонт источников бесперебойного питания фирмы APS (часть 1). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eserviceinfo.com/downloadsm-/8269/APC\\_APC.html](http://www.eserviceinfo.com/downloadsm-/8269/APC_APC.html).
2. Что такое режим ONLINE? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teplo.bast.ru/ups/skat-ups1000d.html>.
3. Проектирование источника напряжения синусоидальной формы // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – № 3. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apriori-journal.ru/seria2/3-2014/Egorov-Muskatiniev.pdf>.