

УДК 62.7:621.311.6

СХЕМОТЕХНИКА ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Чурак Н.В., Павлюченко З.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Источник бесперебойного питания (ИБП) – автоматическое электронное устройство с аккумуляторной батареей, предназначенное для бесперебойного кратковременного снабжения электрической энергией компьютера и его компонентов с целью корректного завершения работы и сохранения данных в случае резкого падения или отсутствия входного питающего напряжения системы.

Существует три схемы построения ИБП: резервная, интерактивная, двойное преобразование.

Резервная (рис. 1)

Резервная схема (англ. Off-Line, Standby) — в нормальном режиме питание подключенной нагрузки осуществляется напрямую от первичной электрической сети, которое ИБП фильтрует (высоковольтные импульсы и электромагнитные помехи) пассивными фильтрами. При выходе электропитания за нормированные значения напряжения (или его пропадании) нагрузка автоматически переключается к питанию от схемы, получающей электрическую энергию от собственных аккумуляторов с помощью простого инвертора. При появлении напряжения в пределах нормы снова переключает нагрузку на питание от первичной сети.

Достоинства

За счёт КПД около 99% (при наличии напряжения сети) практически бесшумны и имеют минимальное тепловыделение;

невысокая стоимость ИБП в целом.

Недостатки

относительно долгое время (порядка 4...12 мс) переключения на питание от батарей;

невозможность корректировать ни напряжение, ни частоту (VFD по классификации МЭК).

несинусоидальная форма выходного напряжения при работе от батареи (аппроксимированная синусоида, квази-синусоида);

Итог: Чаще всего ИБП, построенные по такой схеме, используется для питания персональных компьютеров или рабочих станций локальных сетей начального уровня, для которых не критично своевременное отключение в случае неполадки в сети. Практически все недорогие маломощные ИБП, предлагаемые на отечественном рынке, построены по данной схеме.

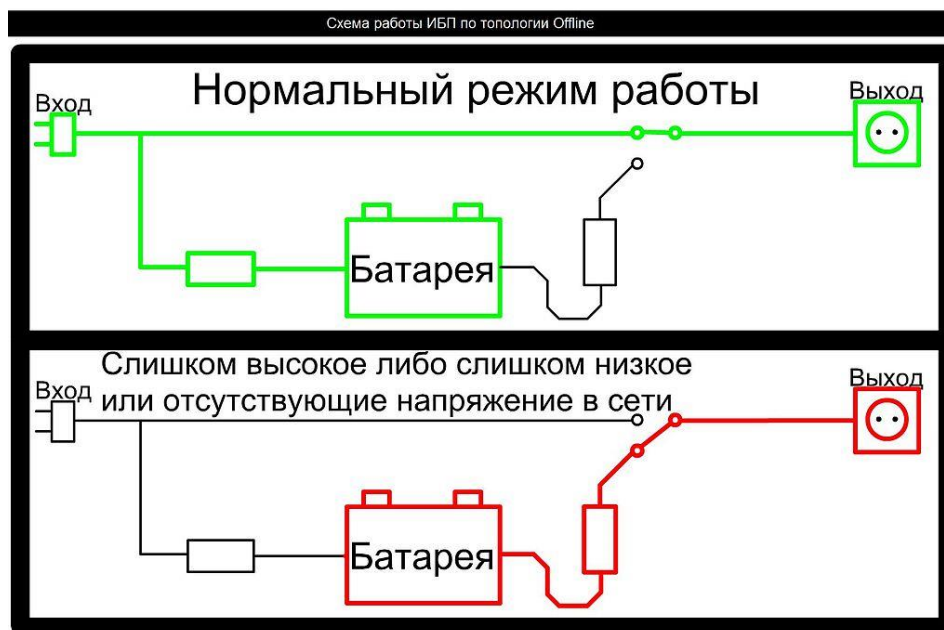


Рисунок 1 – Работа ИБП по резервному принципу работы

Интерактивная (рис. 2)

Интерактивная схема (англ. Line-Interactive) — устройство аналогично предыдущей схеме; дополнительно на входе присутствует ступенчатый стабилизатор напряжения на основе автотрансформатора, позволяя получить регулируемое выходное напряжение. (VI по классификации МЭК). При работе в нормальном режиме такие ИБП не корректируют частоту, пассивные фильтры фильтруют входящее переменное напряжение. При пропадании напряжения ИБП переходит на питание от инвертора, аналогично предыдущему.

Инверторы некоторых моделей линейно-интерактивных ИБП выдают напряжение как прямоугольной или трапецеидальной формы, как у предыдущего варианта, так и синусоидальной формы. Время переключения меньше, чем в предыдущем варианте, так как осуществляется синхронизация инвертора с входным напряжением. КПД ниже, чем у резервных.

Недостатки: в режиме «от сети» не выполняет функцию фильтрации пиков, и обеспечивает только крайне примитивную стабилизацию напряжения (обычно 2-5 ступеней автотрансформатора, переключаемые релейно, функция называется «AVR»).

В режиме «от батарей» некоторые, особенно дешёвые, схемы выдают на нагрузку частоту куда выше 50 Гц, и осциллограмму переменного тока, имеющую мало общего с синусоидой. Это связано с применением классического трансформатора крупного размера в схеме (вместо инвертора на полупроводниковых ключах). В связи с тем, что трансформатор данного габарита имеет (в связи с возникновением гистерезиса в сердечнике) ограничение на передаваемую мощность, которое линейно растет с частотой, данного трансформатора (занимает 1/3 объёма всего ИБП) хватает для питания цепи зарядки батарей на 50 Гц в режиме «от сети». Но, в режиме «от батарей», через этот трансформатор нужно пропустить уже сотни ватт мощности, что возможно только путём повышения частоты.

Это приводит к невозможности питания приборов, использующих для питания чистое синусоидальное напряжение, например, асинхронные двигатели, отопительные системы с асинхронными двигателями.

По сути, от такого ИБП можно питать только приборы, нетребовательные к качеству питания, то есть, например, все приборы с импульсными БП, где питающее напряжение немедленно выпрямляется и фильтруется. То есть компьютеры и значительная часть современной бытовой электроники. Также можно питать осветительные и обогревательные приборы.

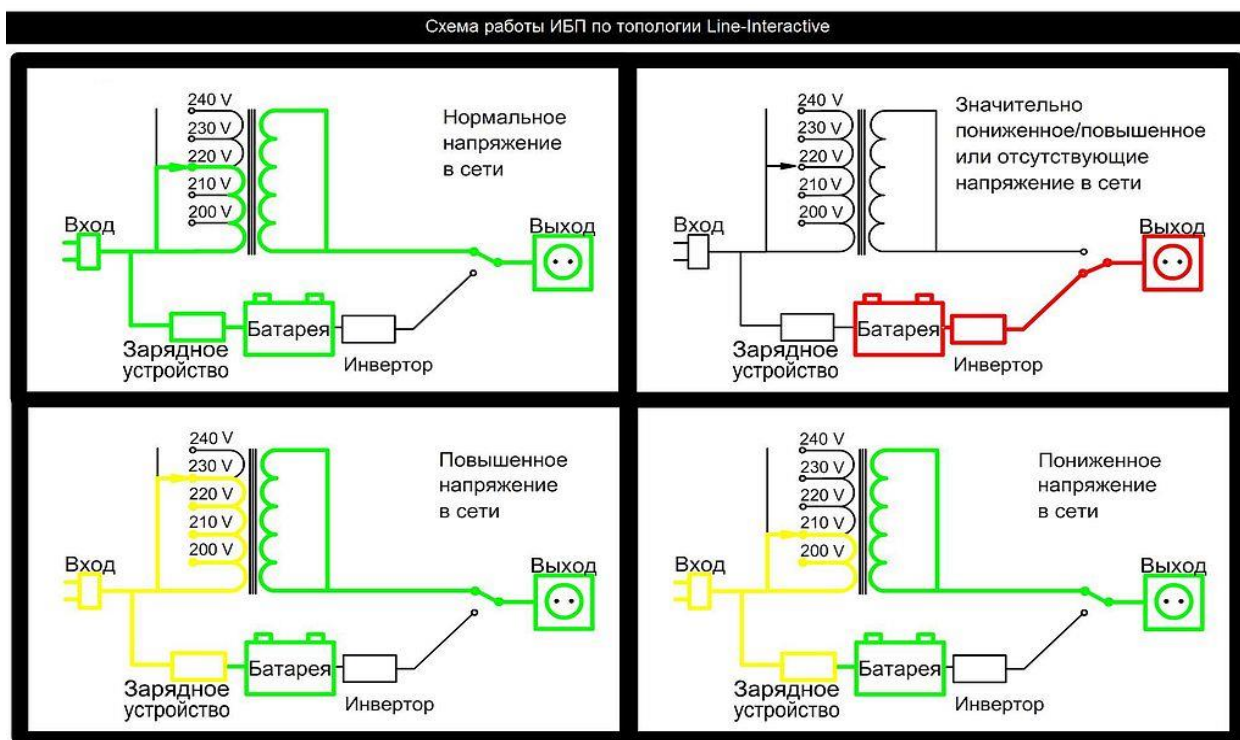


Рисунок 2 – Работа ИБП по интерактивному принципу работы

Двойное преобразование (Рис. 3)

Режим двойного преобразования (англ. online, double-conversion, он-лайн) – используется для питания нагруженных серверов (например, файловых), высокопроизводительных рабочих станций локальных вычислительных сетей, а также любого другого оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству сетевого электропитания. Принцип работы состоит в двойном преобразовании (double conversion) рода тока. Сначала входной переменный ток преобразуется в постоянный, затем обратно в переменный ток с помощью обратного преобразователя (инвертора). При пропадании входного напряжения переключение нагрузки на питание от аккумуляторов не требуется, поскольку аккумуляторы включены в цепь постоянно (т. н. буферный режим работы аккумулятора) и для этих ИБП параметр «время переключения» не имеет смысла. В маркетинговых целях может использоваться фраза «время переключения равно 0», правильно отражающая основное преимущество данного вида ИБП: отсутствие промежутка времени между пропаданием внешнего напряжения и началом питания от батарей. ИБП двойного преобразования имеют невысокий КПД (от 80 до 96,5%) в режиме on-line, из-за чего отличаются повышенным тепловыделением и уровнем шума. Однако у современных ИБП средних и высоких мощностей ведущих производителей предусмотрены разнообразные интеллектуальные режимы, позволяющие автоматически подстраивать режим работы для повышения КПД вплоть до 99%. В отличие от двух предыдущих схем, способны корректировать не только напряжение, но и частоту (VFI по классификации МЭК).

Достоинства:

- отсутствие времени переключения на питание от батарей;
- синусоидальная форма выходного напряжения, то есть возможность питать любую нагрузку, в том числе отопительные системы (в которых есть асинхронные двигатели);
- возможность корректировать и напряжение, и частоту (более того, такой прибор одновременно является и самым лучшим из возможных стабилизаторов напряжения).

Недостатки:

- Низкий КПД (80-94%), повышенная шумность и тепловыделение. Практически всегда прибор содержит вентилятор компьютерного типа, и потому не бесшумен (в отличие от line-interactive ИБП).
- Высокая стоимость. Примерно вдвое-втрое выше, чем line-interactive.

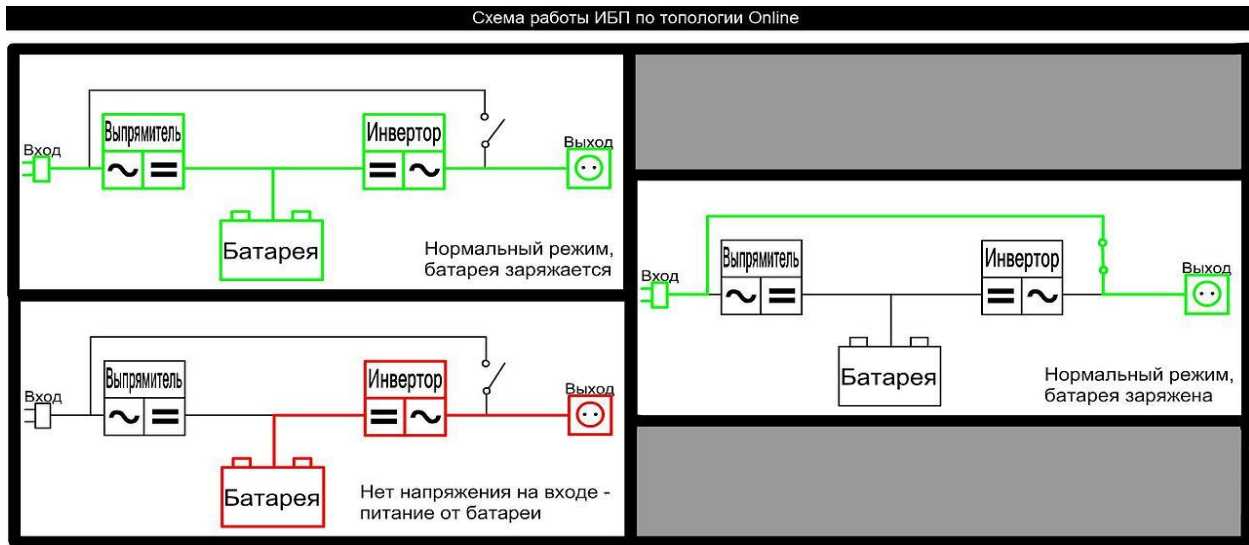


Рисунок 3 – Работа ИБП по принципу двойного преобразования

Принципиальные схемы силовой цепи ИБП малой и средней мощности приведены на рисунках 4 и 5.

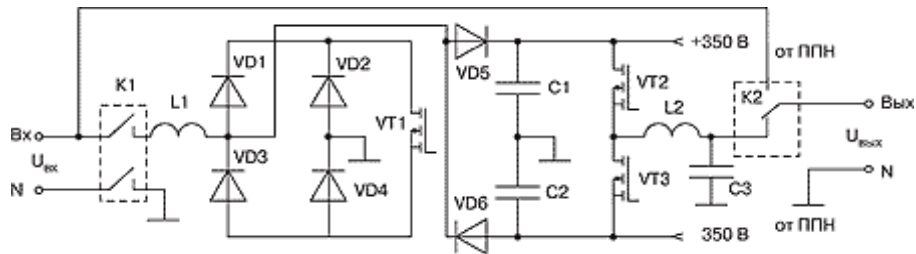


Рисунок 4 – Принципиальная схема силовой цепи ИБП малой мощности

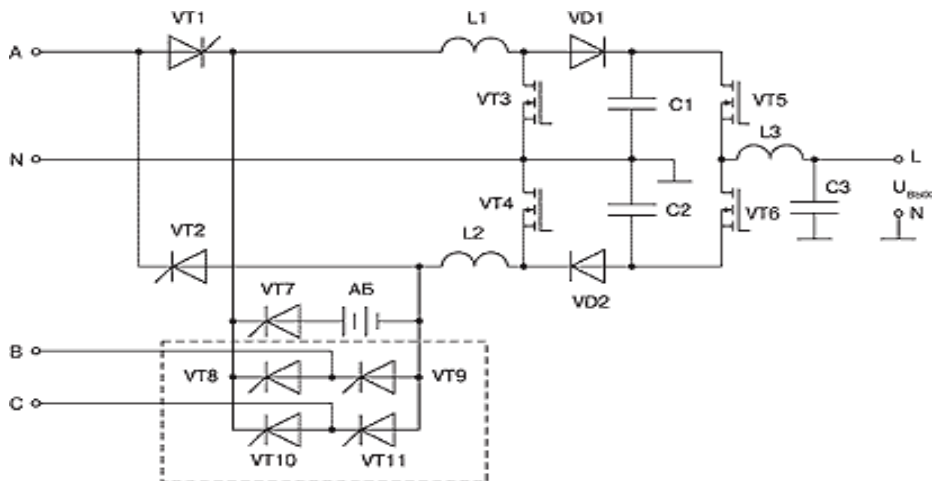


Рисунок 5 – Принципиальная схема силовой цепи ИБП средней мощности

Назначение и описание узлов силовой цепи ИБП

Выпрямитель и корректор коэффициента мощности (ККМ-В) выполняет три функции:

- осуществляет преобразование напряжения сети переменного тока в стабилизированное напряжение постоянного тока, обеспечивая питание инвертора стабильным напряжением постоянного тока 700-800 В;
- обеспечивает потребление из сети входного тока, совпадающего по фазе с напряжением сети, и практически синусоидальной формы, в независимости от характера нагрузки ИБП, что позволяет иметь входной коэффициент мощности близким к единице;
- обеспечивает мягкий старт для уменьшения пускового входного тока ИБП.

Инвертор (ИНВ) преобразует напряжение постоянного тока в синусоидальное напряжение 50 Гц.

Перегрузочные способности ИБП являются одним из важных потребительских показателей, т.к. позволяют оптимально выбирать номинальную мощность ИБП при подключении нагрузок, обладающих большими пусковыми токами или при использовании ИБП в технологических процессах с кратковременными периодическими пиковыми нагрузками.

Преобразователь DC/DC (ППН) в ИБП малой мощности обеспечивает повышение и стабилизацию напряжения аккумуляторной батареи (АБ) до уровня, необходимого для надежной работы инвертора в автономном режиме. Принципиальная схема ППН представляет собой двухтактный дифференциальный высокочастотный преобразователь на двух группах параллельно включенных силовых транзисторов и высокочастотном трансформаторе, мощность которого с учетом потерь в инверторе должна превышать выходную мощность ИБП (рис. 4). Транзисторы управляются сигналами (30 кГц) с микросхемы ШИМ контроллера типа UC3525, который в свою очередь получает сигналы разрешения работы с платы управления ИБП и сигнал о величине высоковольтного напряжения питания инвертора.

К дифференциальной выходной обмотке высокочастотного трансформатора подключены две группы диодов, обеспечивающие выпрямление и формирование на конденсаторах С1, С2 (рис.4) высоковольтного напряжения постоянного тока +350, -350 В относительно общей шины для питания инвертора в автономном режиме работы ИБП.

Зарядное устройство (ЗУ) обеспечивает заряд АБ при работе ИБП в сетевом режиме. В качестве АБ используются последовательно включенные герметичные (необслуживаемые) свинцово-кислотные аккумуляторы. Максимальное выходное напряжение ЗУ устанавливается из условия 2,3 В/ячейка. ЗУ в ИБП малой мощности получает питание непосредственно от сети через собственный выпрямительный мост и сглаживающую емкость. Кроме заряда батареи, ЗУ обеспечивает питание ВИП в сетевом режиме и питание обмотки управления реле К1 (рис. 4). Принципиальная схема ЗУ выполняется на однотактном высокочастотном преобразователе (30 кГц), содержащим силовой транзистор и высокочастотный трансформатор. Управление силовым транзистором осуществляется сигналом с микросхемы ШИМ контроллера типа UC3845.

В ИБП средней мощности основное зарядное устройство (ЗУ) подключено к шине стабильного высоковольтного напряжения постоянного тока и выполнено по схеме DC/DC преобразователя (рис. 3). ЗУ выполняется по схеме двухтактного дифференциального высокочастотного преобразователя с частотой коммутации силовых транзисторов 20-30 кГц. Использование стабильного высоковольтного напряжения 700-800 В с выходных шин ККМ позволяет получить высокий КПД ЗУ. В ИБП мощностью 6-10 кВА такое зарядное устройство обеспечивает зарядный ток 3-4 А при номинальном напряжении АБ 240 В. В

качестве АБ используются последовательно включенные герметичные (необслуживаемые) свинцово-кислотные аккумуляторы.

При наличии дополнительной внешней аккумуляторной батареи (АБ) используется дополнительное зарядное устройство (ДЗУ), выполняемое по схеме АС/DC преобразователя и подключенное к сети.

Блок коммутации (Байпас) автоматически обеспечивает цепь подключения нагрузки непосредственно к сети при аномальных режимах работы ИБП (перегрузке, перегреве, выходе из строя одного из узлов ИБП). Двухпозиционное реле К2 в ИБП малой мощности (рис. 4) срабатывает от сигнала с платы управления и обеспечивает переключение выхода ИБП с инвертора на сеть (режим Байпас) и наоборот. Контакты входного реле К1 блока коммутации замыкаются при наличии напряжения с блока ЗУ при подключении ИБП к сети и сигнала разрешения от платы управления, который возникает, если подтверждается, что входное напряжение и другие системные параметры ИБП находятся в норме.

В ИБП средней мощности (рис. 5) блок коммутации выполняется на тиристорах, осуществляющих по сигналу с платы управления переключение нагрузки с выхода инвертора на сеть и наоборот.

Вторичный источник питания (ВИП) формирует ряд низковольтных напряжений постоянного тока (5, 12, 15, 24 В) для обеспечения питанием различных цепей систем управления блоков силовой платы, питание платы управления и вентиляторов. Питание блока ВИП осуществляется от ЗУ при сетевом режиме или от батареи при автономном режиме.

Принципиальная схема ВИП выполняется на одноканальном высокочастотном преобразователе. Выход из строя ВИП приводит к общей неисправности ИБП и переключение нагрузки на Байпас.

Литература

1. Климов В.П., Портнов А.А., Зуенко В.В. Топологии источников бесперебойного питания переменного тока, Электронные компоненты, №7, 2003.
2. Климов В.П., Климова С.Р. Энергетические показатели ИБП переменного тока, Электронные компоненты, №4, 2004
3. Климов В.П., Федосеев В.И. Схемотехника однофазных корректоров коэффициента мощности, Практическая силовая электроника, 2002г., вып.8.