

Различные типы систем ИБП

Нил Расмуссен

Информационная
статья № 1

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Краткий обзор

Различные типы систем ИБП и характеристики этого оборудования приводят в замешательство тех, кто имеет дело с этим рынком. Каждый из этих типов ИБП определен, практическое применение описано, а преимущества и недостатки зафиксированы. При наличии таких данных можно принять взвешенное решение в отношении соответствующей топологии ИБП для конкретной цели.

Введение

Разные типы ИБП и их отличительные признаки часто сбивают с толку тех, кто разрабатывает центры обработки данных. К примеру, широко распространено мнение о том, что существует всего лишь два типа систем ИБП, а именно: резервные ИБП и оперативные ИБП (on-line). Эти два часто используемых термина не совсем правильно характеризуют многие из существующих ИБП. При точном определении типа топологии ИБП устраняются многие недоразумения, связанные с системами ИБП. Топология ИБП указывает на основное свойство конструкции ИБП. Разные поставщики планомерно производят модели с похожей конструкцией или топологией, но все они различаются техническими характеристиками.

В настоящей статье рассматриваются общие конструктивные решения, включая краткие разъяснения того, как работает каждая топология. Это поможет читателю правильно определять и сравнивать системы.

Типы ИБП

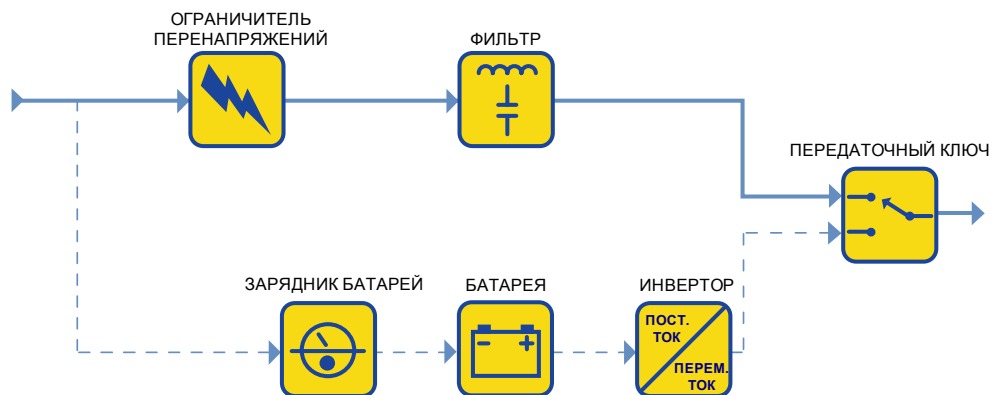
Для внедрения систем ИБП используются различные конструктивные решения, каждое из которых отличается техническими характеристиками. Ниже указаны наиболее общие конструктивные решения.

- Резервные (Standby)
- Линейно-интерактивные (Line Interactive)
- Резервные с ферромагнитами
- Оперативные с двойным преобразованием (Double Conversion On-line)
- Оперативные с дельта-преобразованием (Delta Conversion On-line)

Резервные ИБП

Резервные ИБП являются наиболее распространенным типом, который используется для персональных компьютеров. На блок-схеме, изображенной на Рис. 1, передаточный ключ установлен в положение ввода фильтрованного переменного тока, выбранного в качестве основного источника питания (непрерывная линия); он переключается на батарею / инвертор (резервный источник) в случае нарушения энергоснабжения от основного источника. Когда происходит перебой в питании, передаточный ключ переключает нагрузку на источник резервного питания, в качестве которого используется батарея или инвертор (пунктирная линия). Инвертор включается только при перебое в питании и поэтому называется “Резервным”. Высокая эффективность, небольшие размеры и низкая стоимость - основные преимущества данной конструкции. При наличии схемы фильтрации и стабилизации эти системы обеспечивают фильтрацию и подавление бросков тока.

Рис. 1 - Резервные ИБП



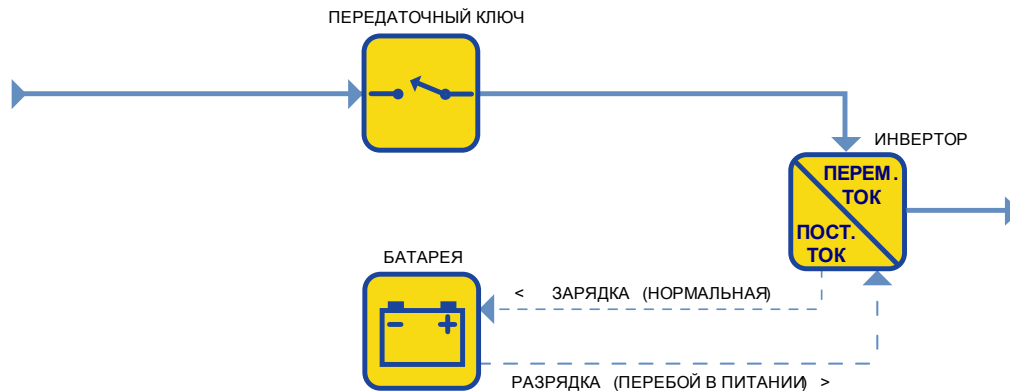
Линейно-интерактивные ИБП

Линейно-интерактивные ИБП, изображенные на Рис. 2, являются наиболее распространенным решением, используемым в малых предприятиях, Интернет-приложениях и для серверов отделов. В этом решении силовой преобразователь (инвертор) типа “батарея - переменный ток” всегда подключен к выходу ИБП. При работе инвертора в режиме, когда питание переменного тока подается обычным способом, обеспечивается подзарядка батареи.

При перебое в питании передаточный ключ размыкает цепь, и питание подается с батареи на выход ИБП. Когда инвертор постоянно включен и подключен к выходу, это решение обеспечивает дополнительную фильтрацию и более короткое время перехода по сравнению с топологией резервных ИБП.

Кроме того, конструкция линейно-интерактивных ИБП обычно включают в себя трансформатор с переключаемыми ответвлениями. При этом дополнительно выполняется регулировка напряжения путем подстройки ответвлений трансформатора во время колебаний входного напряжения. Регулировка напряжения очень важна в условиях понижения напряжения, в противном случае при переключении ИБП на питание от батареи нагрузка, в конечном счете, отключаются по разряду батареи. Если такое использование батареи будет повторяться достаточно часто, она преждевременно выйдет из строя. Однако инвертор можно также спроектировать и таким образом, чтобы при его отказе питание, тем не менее, подавалось со входа переменного тока на выход - это исключит возможность отказа системы из-за неисправности одного элемента и эффективно обеспечит две независимых линии питания. Высокая эффективность, небольшие размеры, низкая стоимость и высокая надежность в сочетании с возможностью исправить состояние низкого или высокого напряжения делают эти системы доминирующим типом ИБП в диапазоне мощности 0,5 - 5 кВА.

Рис. 2 - Линейно-интерактивные ИБП



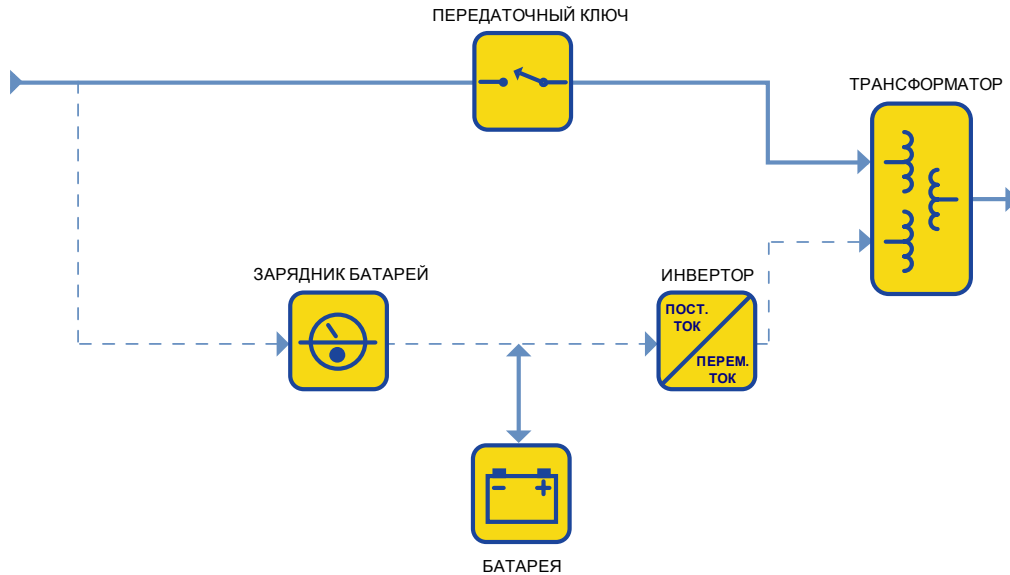
Резервные ИБП с ферромагнитами

Резервные ИБП с ферромагнитами одно время были доминирующей формой ИБП, используемых в диапазоне 3 - 15 кВА. Это решение зависит от специального трансформатора с насыщающейся магнитной системой, имеющего три обмотки (подключения питания). По основной линии питание поступает со входа переменного тока; через передаточный ключ и трансформатор оно подается на выход. В случае нарушения энергоснабжения, передаточный ключ размыкается, и выходная нагрузка подается на инвертор.

В конструкции резервного ИБП с ферромагнитами инвертор находится в режиме ожидания. Он возбуждается, когда нарушается подача входного питания и размыкается передаточный ключ. В трансформаторе предусмотрены “феррорезонансные” возможности, обеспечивающие ограниченную регулировку напряжения и формирование выходного сигнала. Изоляция от переходного режима во время переключения питания, обеспечиваемая ферромагнитным трансформатором, играет роль фильтра, и, возможно, это лучший из существующих фильтров. Но сам по себе ферромагнитный трансформатор создает серьезные искажения выходного напряжения и помехи, возникающие в переходных состояниях, что может нанести большой вред, чем перебои в энергоснабжении. Хотя описываемые системы спроектированы как резервные ИБП, они вырабатывают много тепла, потому что феррорезонансный трансформатор по своей природе является непроизводительным. Кроме того, эти трансформаторы громоздки по сравнению с обычными изолирующими трансформаторами. Поэтому резервные ИБП с ферромагнитами в большинстве своем достаточно велики и тяжелы.

Системы резервных ИБП с ферромагнитами часто выдают за оперативные блоки, хотя у них есть передаточный ключ, инвертор, работающий в режиме ожидания, а кроме того, они демонстрируют переходные характеристики во время перебоев в питании переменного тока. На рис. 3 изображена топология резервных систем с ферромагнитами.

Рис. 3 - Резервные ИБП с ферромагнитами



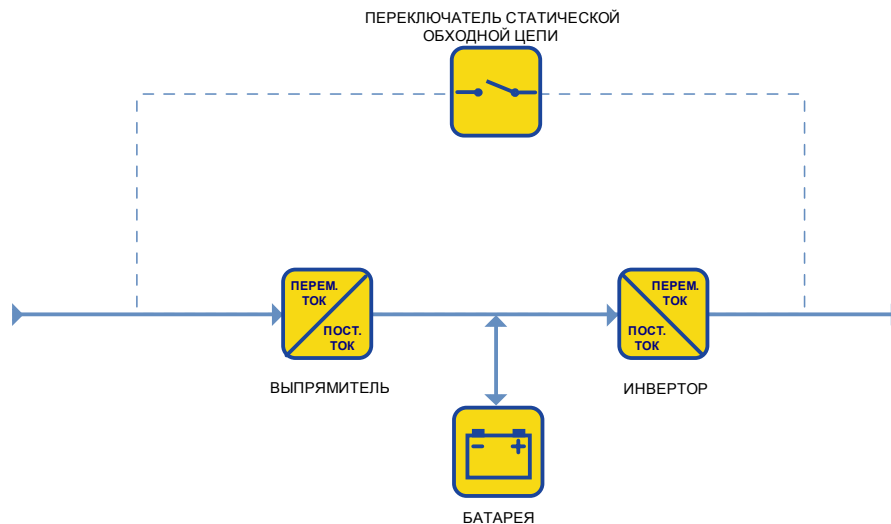
Высокая надежность и превосходная линейная фильтрация являются сильными сторонами данного решения. Однако данное решение является малопродуктивным и отличается нестабильностью, если оно используется с определенными генераторами и современными компьютерами с коррекцией коэффициента мощности. Все это неблагоприятно сказывается на популярности этих систем.

Главной причиной того, почему системы резервных ИБП с ферромагнитами больше не используются повсеместно, является то, что они по существу нестабильны при работе с нагрузкой блоков питания, устанавливаемых в современных компьютерах. Во всех больших серверах и маршрутизаторах используются блоки питания "с коррекцией коэффициента мощности", получающие от энергосистемы только синусоидальный ток, подобно лампе накаливания. Сглаженное потребление тока достигается благодаря использованию конденсаторов, устройств, которые "проводят" приложенное напряжение. В феррорезонансных системах ИБП используются трансформаторы с сердечниками, имеющие индуктивные характеристики, а это значит, что ток "запаздывает" относительно напряжения. При сочетании этих двух элементов образуется параллельный резонансный контур. Резонанс или "звон" в резонансном контуре может вызывать сильные токи, подвергаящие опасности подсоединенную нагрузку.

Оперативные (on-line) ИБП с двойным преобразованием

Наиболее распространенный тип ИБП свыше 10 кВА. Блок-схема оперативного ИБП с двойным преобразованием, изображенная на Рис. 4, аналогична используемой в резервных системах с той лишь разницей, что основным контуром нагрузки является инвертор, а не сеть переменного тока.

Рис. 4 – Оперативные (on-line) ИБП с двойным преобразованием



В оперативных ИБП с двойным преобразованием перебой в подаче входного переменного тока не влечет за собой активацию передаточного ключа, потому что входной переменный ток используется для подзарядки резервного батарейного источника, обеспечивающего питание выходного инвертора. Поэтому во время перебоя в подаче входного питания переменного тока при оперативном восстановлении питания время перехода отсутствует.

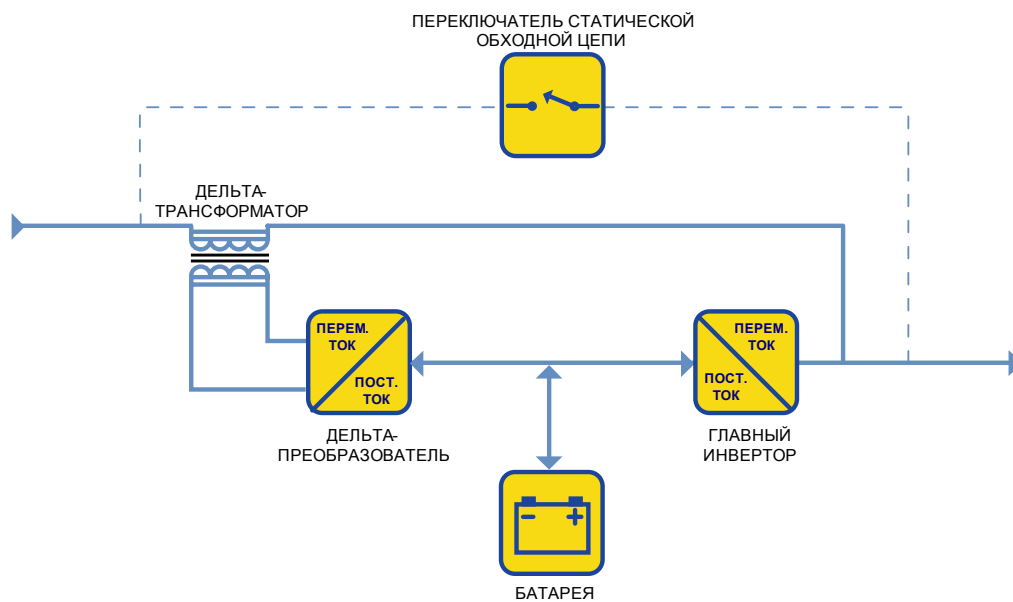
В этом решении зарядное устройство батареи и инвертор преобразуют всю полезную выходную мощность, что приводит к снижению эффективности с сопутствующей увеличенной выработкой тепла.

Этот ИБП обеспечивает почти идеальные электрические выходные характеристики. Однако постоянный износ силовых компонентов снижает надежность этой конструкции, а энергия, компенсирующая неэффективные затраты электрической мощности, является важной частью затрат на протяжении жизненного цикла ИБП. Кроме того, входная мощность, получаемая зарядным устройством, зачастую является нелинейной и может затруднять выполнение силовой разводки или вызывать проблемы, связанные с резервными генераторами.

Оперативные (on-line) ИБП с дельта-преобразованием

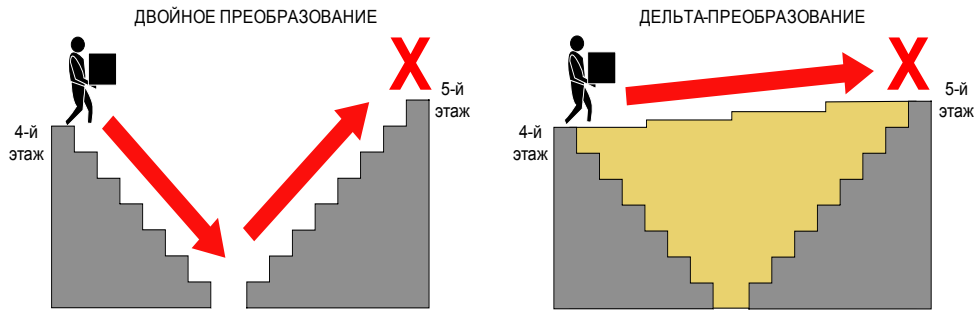
Эта конструкция ИБП, изображенная на Рис. 5, является новой технологией, представленной около 10 лет назад и призванной устранить недостатки конструкции оперативных ИБП с двойным преобразованием. Выпускаемое оборудование покрывает диапазон мощности от 5 кВА до 1,6 МВт. Аналогично конструкции оперативных ИБП с двойным преобразованием, в оперативных ИБП с дельта-преобразованием всегда установлен инвертор, подающий напряжение на нагрузку. Однако дополнительный дельта-преобразователь также способствует увеличению мощности на выходе инвертора. В условиях перебоев в питании или нарушения энергоснабжения эта конструкция действует идентично оперативным ИБП с двойным преобразованием.

Рис. 5 - Оперативные ИБП с дельта-преобразованием



Чтобы оценить эффективность использования энергии в топологии дельта-преобразования, представьте себе количество энергии, необходимое для доставки упаковки с 4-го на 5-й этаж здания, как изображено на Рис. 6. Технология дельта-преобразования позволяет экономить энергию, поскольку при доставке упаковки она задействуется только в разнице (дельте) между начальной и конечной точками. Оперативные ИБП с двойным преобразованием преобразуют питание для подзарядки батареи и при необходимости обратно, а дельта-преобразователь передает часть мощности от входа к выходу.

Рис. 6 - Аналогия между двойным преобразованием и дельта-преобразованием



В конструкции оперативного ИБП с дельта-преобразованием дельта-преобразователь выполняет две цели. Первая - контроль характеристик входной мощности. На активный входной каскад питание подается в синусоидальном виде с последующим уменьшением влияния на сеть. Тем самым обеспечивается оптимальная совместимость систем энергоснабжения и генератора, а также снижается выработка тепла и износ системы в цепях распределения питания. Второе назначение дельта-преобразователя состоит в управлении током на входе. Этим обеспечивается стабилизация напряжения для подзарядки батареи.

Выходные характеристики оперативных ИБП с дельта-преобразованием и оперативных ИБП с двойным преобразованием идентичны. Однако входные характеристики часто различаются. В решениях оперативных ИБП с дельта-преобразованием реализован динамически контролируемый вход с коррекцией коэффициента мощности, и отсутствует неэффективное использование блоков фильтров, имеющее место в традиционных решениях. Наиболее важным преимуществом является значительное уменьшение потерь электроэнергии. Контроль входной мощности обеспечивает совместимость ИБП со всеми генераторными установками и позволяет сократить потребности, связанные с силовым монтажом и наращиванием возможностей генераторов. Оперативные ИБП с дельта-преобразованием - это единственная сегодня основная технология, защищенная патентами. Поэтому не все поставщики ИБП способны выпускать такое оборудование.

В условиях устойчивого состояния дельта-преобразователь позволяет ИБП намного эффективнее обеспечивать питание для нагрузки, в отличие от решений с двойным преобразованием.

Краткий обзор типов ИБП

В приведенной ниже таблице указаны характеристики разных типов ИБП. Некоторые свойства ИБП, например эффективность, обусловлены выбором типа ИБП. Поскольку исполнение и промышленное качество серьезно влияют на такие характеристики, как надежность, оценка этих факторов должна производиться вместе с отличительными особенностями конструкций.

	Диапазон практической мощности (кВА)	Согласование напряжения	Затраты на ВА	КПД	Инвертор всегда работает
Резервные	0 - 0,5	Низк.	Низк.	Оч. выс.	Нет
Линейно-интерактивные	0,5 - 5	Зависит от конструкции	Средн.	Оч. выс.	Зависит от конструкции
Резервные с ферромагнитами	3 - 15	Выс.	Выс.	Низк. - Средн.	Нет
Оперативные с двойным преобразованием	5 - 5 000	Выс.	Средн.	Низк. - Средн.	Да
Оперативные с дельта-преобразованием	5 - 5 000	Выс.	Средн.	Выс.	Да

Использование типов ИБП в отрасли

ИБП, предлагаемые сегодня в отрасли, являются результатом развития этих технологий и внедрения их лучших качеств. У разных типов ИБП существуют отличительные особенности, от которых более или менее зависят возможности их применения. В приведенной ниже таблице отражено многообразие ассортимента продуктов корпорации APC.

	Коммерческие продукты	Преимущества	Ограничения	Данные APC
Резервные	APC Back-UPS Tripp-Lite Internet Office	Низкая стоимость, высокая эффективность, компактность	Использование батареи при снижении напряжения; практически нецелесообразны свыше 2 кВА	Оптимально использовать для персональных рабочих станций
Линейно-интерактивные	APC Smart-UPS Powerware 5125	Высокая надежность, высокая эффективность, хорошее согласование напряжения	Практически нецелесообразны свыше 5 кВА	Самый распространенный из существующих тип ИБП благодаря высокой надежности; оптимальны для стоек или распределенных серверов, а также в жестких условиях энергоснабжения
Резервные с ферромагнитами	BEST Ferrups	Отличное согласование напряжения, высокая надежность	Низкая эффективность, нестабильность в сочетании с определенными видами нагрузок и генераторов	Ограниченное применение из-за низкой эффективности; проблему также представляет нестабильность; оперативное решение N+1 обеспечит большую надежность
On-line с двойным преобразованием	APC Symmetra Powerware 9170	Отличное согласование напряжения, простое включение на параллельную работу	Низкая эффективность, нерентабельны до 5 кВА	Хорошо подходит для решений N+1
On-line с дельта-преобразованием	APC Silcon	Отличное согласование напряжения, высокая эффективность	Практически нецелесообразны до 5 кВА	Высокая эффективность существенно снижает затраты на энергоснабжение во время жизненного цикла в крупных установках

Выводы

Для разных областей применения подходят разные типы ИБП, однако ИБП универсального типа для всех областей применения не существует. Цель этой статьи - противопоставление преимуществ и недостатков различных топологий ИБП в условиях современного рынка.

Существенные различия в решениях ИБП обеспечивают теоретические и практические преимущества для различных целей. Тем не менее, базовое качество исполнения и промышленное качество решения часто являются главными факторами, определяющими оптимальные эксплуатационные характеристики в конкретных условиях применения.

Об авторе

Нил Расмуссен - один из основателей и технический директор компании American Power Conversion (APC). В APC Нил распоряжается самым крупным бюджетом для научно-исследовательских работ, направленных на изучение инфраструктуры энергоснабжения, охлаждения и стоек для критически важных сетей. Главные центры разработки продукции находятся в Массачусетсе, Миссури, Дании, Род-Айленде, Тайване и Ирландии. В настоящее время Нил направляет усилия APC на разработку модульных решений для центров обработки данных с возможностью наращивания.

Перед основанием APC в 1981 г. Нил получил степень бакалавра и магистра по электротехнике в Массачусетском технологическом институте, где он защитил диссертацию по анализу 200 МВт станции для Токамакского ядерного реактора. С 1979 по 1981 гг. он работал в лаборатории Линкольна в Массачусетском технологическом институте над системами с маховиковыми накопителями энергии и системами использования солнечной энергии.