

Различные типы систем бесперебойного питания

Нил Расмуссен, Schneider Electric

На рынке царит путаница, касающаяся различных типов систем бесперебойного питания и их параметров. В статье описана каждая из этих систем, обсуждены их приложения, перечислены преимущества и недостатки. Основываясь на этой информации, можно принять взвешенное решение о топологии бесперебойного питания, соответствующей заданной потребности.

ВВЕДЕНИЕ

Многообразие источников бесперебойного питания (ИБП) и их свойств часто вызывает замешательство в процессе обработки данных. Например, широко распространено мнение о том, что существуют только два типа систем, а именно: резервные ИБП и интерактивные ИБП. Эти два часто используемых термина не совсем правильно характеризуют многие из доступных систем БП. При точном определении разновидности топологии ИБП устраняются многие недопонимания, связанные с системами БП. Топология ИБП указывает на ключевое свойство его конструкции. Основные поставщики оборудования регулярно выпускают модели с похожими конструкциями или топологиями, но очень разными характеристиками.

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

Типы ИБП

Для внедрения систем ИБП используются различные конструктивные подходы, каждый с индивидуальными

характеристиками. Ниже указаны наиболее общие технологии конструирования:

- резервная (Standby);
- линейная интерактивная (Line Interactive);
- резервная ферромагнитная (Standby-Ferro);
- интерактивная с двойным преобразованием (Double Conversion On-line);
- интерактивная с дельта-преобразованием (Delta Conversion On-line).

Резервный ИБП

Резервные ИБП являются наиболее распространённым типом, используемым для персональных компьютеров. На блок-схеме, изображённой на рисунке 1, передаточный ключ установлен в положение ввода фильтрованного переменного тока как основного источника питания (непрерывная линия); он переключается на батарею/инвертор резервного питания в случае отказа первичного источника. Когда это происходит, передаточный ключ должен переключить нагрузку на аккумулятор/инвертор источника резервного питания (штриховая линия). Инвертор включается только при отказах питания и поэтому называется

«резервным». Высокий КПД, небольшие габариты и низкая стоимость являются основными преимуществами конструкции. Эти системы при наличии надлежащей схемы обеспечивают адекватную фильтрацию помех и подавление выбросов напряжения.

Линейный интерактивный ИБП

Линейный интерактивный ИБП является наиболее распространённым конструктивным решением, используемым в малом бизнесе, интернет-приложениях и серверах начального уровня (см. рис. 2). В этой конструкции преобразователь батареи питания в переменный ток (инвертор) всегда подключён к выходу ИБП. При работе инвертора в реверсивном режиме, когда питание переменного тока нормальное, обеспечивается подзарядка аккумулятора.

Если происходит отказ питания, передаточный ключ открывается, и мощность подаётся с аккумуляторной батареи на выход ИБП. Когда инвертор постоянно включён и подсоединён к выходу, происходит дополнительная фильтрация с меньшими помехами переключения по сравнению с топологией резервного ИБП.

Кроме того, линейная интерактивная конструкция обычно содержит трансформатор с переключаемыми отводами. Это добавляет стабилизацию напряжения путём переключения отводов трансформатора при колебаниях входного напряжения. Стабилизация напряжения является важной в условиях понижения напряжения, в противном случае ИБП переключился бы на аккумулятор и со временем отключил нагрузку. Частое использование аккумулятора может вызвать его преждевременный отказ. Однако инвертор можно спроектировать и таким образом, чтобы при его отказе питание тем не менее подавалось с входа переменного тока на выход – это исключит возможность отказа системы из-за неисправности одного элемента и эффективно обеспечит два независимых тракта питания. Высокая эффективность, небольшие габариты, низкая стоимость и высокая надёжность в сочетании с возможностью исправить состоя-

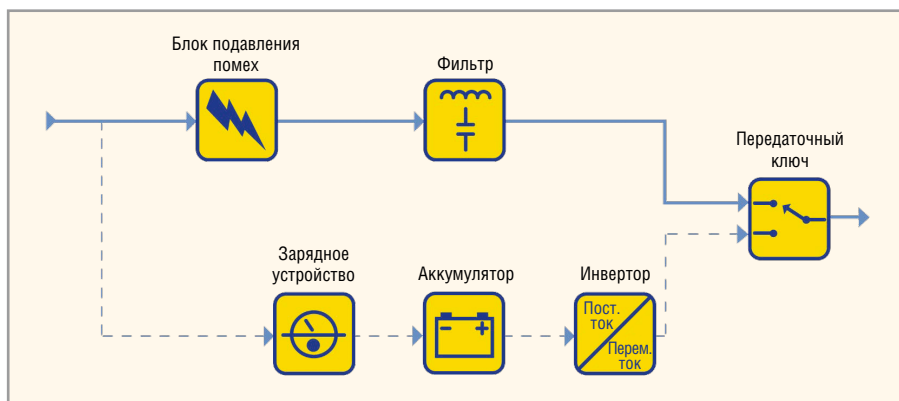


Рис. 1. Блок-схема резервного ИБП

ния низкого или высокого напряжения делают этот тип ИБП доминирующим в диапазоне мощности 0,5–5 кВ·А.

Резервный ферромагнитный ИБП

Резервный ферромагнитный ИБП на протяжении некоторого времени был доминирующей разновидностью ИБП в диапазоне 3–15 кВ·А. Это конструктивное решение зависит от специального насыщающегося трансформатора, имеющего три обмотки (соединения питания). По основной линии питания поступает с входа переменного тока; через передаточный ключ и трансформатор оно подаётся на выход. В случае отказа энергоснабжения передаточный ключ открывается, и инвертор поднимает выходную нагрузку.

В конструкции резервного ферромагнитного ИБП инвертор находится в режиме ожидания, и его запускают при отказах питания, когда открыт передаточный ключ. Трансформатор имеет особые феррорезонансные способности ограниченной стабилизации напряжения и формирования выходного сигнала. Развязка от переходных процессов в сети питания переменного тока, обеспечиваемая ферромагнитным трансформатором, возможно, также хороша или лучше, чем в любом доступном фильтре. Но сам по себе ферромагнитный трансформатор создаёт значительные искажения выходного напряжения и переходные процессы, что может быть хуже плохой сети переменного тока. Такое устройство, даже если оно является резервным ИБП по конструкции, вырабатывает много тепла, поскольку феррорезонансный трансформатор в своей основе является неэффективным. Кроме того, эти трансформаторы являются довольно громоздкими по отношению к обычным изолирующим трансформаторам. Поэтому резервные ферромагнитные ИБП, как правило, достаточно большие и тяжёлые.

Системы резервного ферромагнитного БП часто представляют как интерактивные, даже если у них есть передаточный ключ, а инвертор работает в режиме ожидания, и они обладают передаточной характеристикой во время перебоев в питании переменного тока. На рисунке 3 представлена эта резервная ферромагнитная топология.

Высокая надёжность и превосходная фильтрация сети являются сильными сторонами этой конструкции. Однако она имеет очень низкий КПД

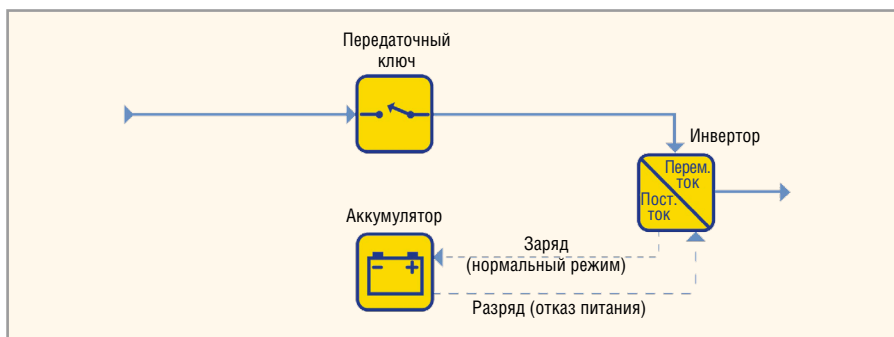


Рис. 2. Линейный интерактивный ИБП

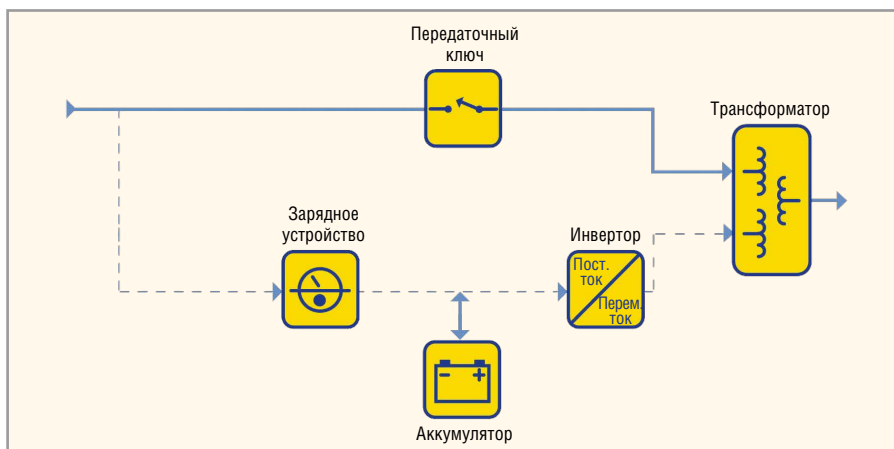


Рис. 3. Резервный ферромагнитный ИБП

в сочетании с неустойчивостью, когда используется с некоторыми генераторами и современными компьютерами, оснащёнными питанием с коррекцией коэффициента мощности, что значительно снижает популярность этой конструкции.

Главной причиной ограниченного распространения систем резервного ферромагнитного БП является то, что они принципиально неустойчивы при работе с нагрузкой в виде блоков питания современных компьютеров. Все большие серверы и маршрутизаторы используют блоки питания с коррекцией коэффициента мощности, которые потребляют от электростанции только синусоидальный ток, подобно лампе накаливания. Этот сглаженный ток потребления достигается при помощи конденсаторов – приборов, которые «пломбируют» приложенное напряжение. Феррорезонансные системы БП используют трансформаторы с массивными сердечниками, имеющие индуктивные характеристики. Это означает, что ток «отстаёт» от напряжения. Сочетание этих двух элементов образует цепь резонансного контура. Резонанс, или «звон», в этом контуре может вызывать большие токи, которые подвергают опасности подсоединённую нагрузку.

Интерактивный ИБП с двойным преобразованием

Наиболее распространённый тип ИБП мощностью более 10 кВ·А. Блок-схема интерактивного ИБП с двойным преобразованием аналогична используемой в резервном ИБП, за исключением того, что основным трактом питания является инвертор, а не сеть переменного тока (см. рис. 4).

В интерактивных ИБП с двойным преобразованием отказ входного питания переменного тока не вызывает активацию передаточного ключа, поскольку входной переменный ток используется для подзарядки резервного батарейного источника, обеспечивающего питание выходного инвертора. Поэтому при исчезновении входного питания переменного тока интерактивная работа не прерывается.

В этой конструкции зарядное устройство и инвертор преобразуют полную мощность нагрузки, что приводит к снижению КПД с сопутствующим увеличением выделения тепла.

Этот ИБП обеспечивает почти идеальные электрические выходные характеристики. Однако постоянная работа силовых компонентов под нагрузкой снижает надёжность этой конструкции по сравнению с другими, а энергия, компенсирующая неэффектив-

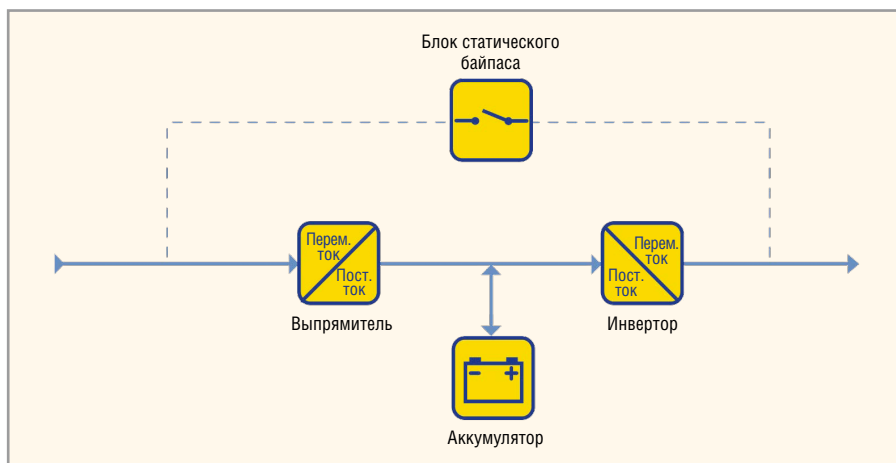


Рис. 4. Интерактивный ИБП с двойным преобразованием

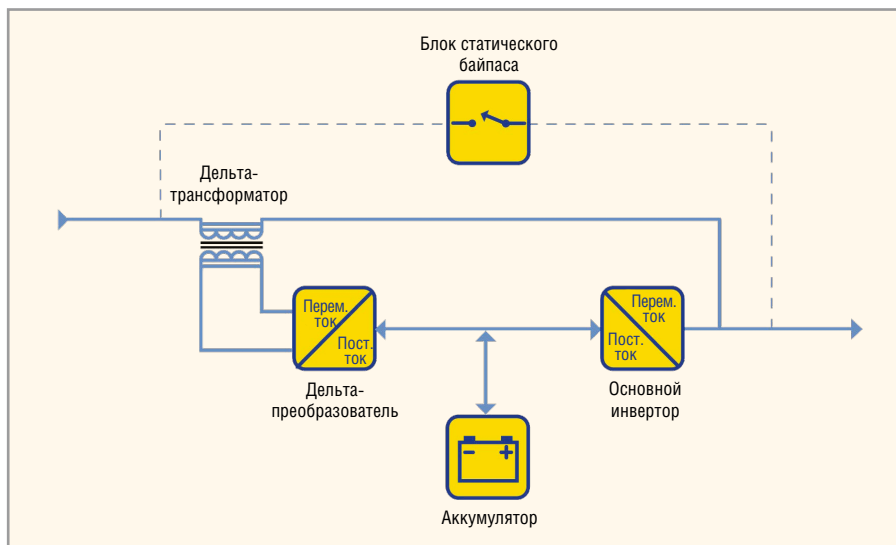


Рис. 5. Интерактивный ИБП с дельта-преобразованием

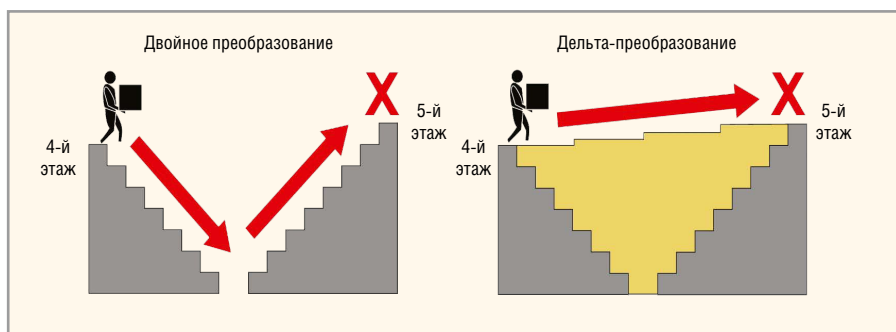


Рис. 6. Аналогия двойного преобразования в сравнении с дельта-преобразованием

ные затраты электрической мощности, является значительной частью эксплуатационных затрат ИБП. Кроме того, входная мощность, потребляемая большим зарядным устройством, часто является нелинейной и может взаимодействовать с силовой проводкой в здании или вызывать проблемы, связанные с резервными генераторами.

Интерактивные ИБП с дельта-преобразованием

Эта конструкция ИБП, изображённая на рисунке 5, является более новой

технологией, представленной 10 лет назад и призванной устранить недостатки конструкции интерактивных ИБП с двойным преобразованием в диапазоне мощности от 5 кВ·А до 1,6 МВ·А. Как и в интерактивных ИБП с двойным преобразованием, в интерактивных ИБП с дельта-преобразованием всегда существует инвертор, подающий напряжение на нагрузку. Однако дополнительный преобразователь разности также вносит свой вклад в мощность на выходе инвертора. При отказах питания или неполадках в энергоснабжении эта

конструкция работает аналогично ИБП с двойным преобразованием.

Чтобы представить эффективность использования энергии в топологии с дельта-преобразованием, оценим энергию, необходимую для доставки посылки с 4 этажа на 5 этаж здания, как показано на рисунке 6. Технология дельта-преобразования позволяет экономить энергию, поскольку она «перетаскивает посылку» только на перепад (дельта) между начальной и конечной точками. Интерактивный ИБП с двойным преобразованием трансформирует энергию в заряд батареи и возвращает обратно, тогда как преобразователь разности передаёт часть мощности с входа на выход.

В конструкции интерактивного ИБП с дельта-преобразованием преобразователь разности имеет двойное назначение. Первым является управление параметрами входной мощности. Этот активный входной каскад потребляет энергию по синусоидальному закону, минимизируя гармоники, отражённые в сеть электроснабжения. Это гарантирует оптимальное использование и совместимость с генератором, снижая нагрев и физический износ энергораспределительной системы. Вторым назначением преобразователя разности является управление входным током с целью стабилизации заряда аккумулятора.

Интерактивные ИБП с дельта-преобразованием и с двойным преобразованием обеспечивают одинаковые выходные параметры. Однако входные характеристики часто различаются. Конструкции с дельта-преобразованием предоставляют динамически управляемый вход с коррекцией коэффициента мощности без неэффективного использования наборов фильтров, характерного для традиционных решений. Наиболее важным преимуществом является значительное снижение потерь энергии. Управление входной мощностью также обеспечивает совместимость ИБП со всеми генераторными установками и снижает необходимость проектного завышения мощности проводки и генератора. Технология интерактивного дельта-преобразования – это единственная на сегодняшний день базовая технология ИБП, защищённая патентами, поэтому она не может быть доступна широкому кругу поставщиков ИБП.

В состояниях установившегося режима дельта-преобразователь позволяет

ИБП эффективнее передавать мощность в нагрузку, чем конструкция с двойным преобразованием.

Особенности типов ИБП

В таблице 1 представлены особенности различных типов ИБП. Некоторые характеристики ИБП, например КПД, определяются типом устройства. Поскольку реализация и качество изготовления сильнее влияют на такие параметры, как надёжность, эти факторы следует учитывать в качестве дополнения к особенностям конструкции.

Использование типов ИБП в промышленности

Современные предложения ИБП разрабатывались промышленностью в течение многих лет, поэтому включают большинство из описанных конструкций. Различные типы ИБП имеют характеристики, которые делают их

более или менее пригодными для различных приложений, и линейка продукции компании Schneider Electric отражает это разнообразие (см. табл. 2).

Выводы

Рассмотренные типы ИБП соответствуют различным применениям, и ни один из них не является идеальным для всех задач. Целью этой статьи является сопоставление достоинств и недостатков различных топологий ИБП, присутствующих на современном рынке. Существенные различия в реализациях ИБП предлагают теоретические и практические преимущества для разных предназначений. Тем не менее, основные особенности конструктивной реализации и качество изготовления часто являются определяющими в конечной эффективности пользовательского приложения.



Таблица 1. Сравнение типов ИБП по основным характеристикам

Тип ИБП	Практический диапазон мощности, кВ·А	Нормализация напряжения	Стоимость на 1 В·А	КПД	Инвертор всегда задействован
Резервный	0–0,5	Низкая	Низкая	Очень высокий	Нет
Линейный интерактивный	0,5–5	Зависит от реализации	Средняя	Очень высокий	В зависимости от реализации
Резервный ферромагнитный	3–15	Высокая	Высокая	Ниже среднего	Нет
Интерактивный с двойным преобразованием	5–5000	Высокая	Средняя	Ниже среднего	Да
Интерактивный с дельта-преобразованием	5–5000	Высокая	Средняя	Высокий	Да

Таблица 2. Сводная таблица различных типов ИБП

Тип ИБП	Промышленное изделие	Преимущества	Ограничения	Заключение
Резервный	APC Back-UPS, Tripp-Lite Internet Office	Низкая стоимость, высокий КПД, малые габариты	Использует аккумулятор во время отключений, непрактичен при мощности более 2 кВ·А	Лучшее соотношение цена/качество для персональных компьютеров
Линейный интерактивный	APC Smart-UPS, Powerware 5125	Высокие надёжность и КПД, хорошая нормализация напряжения	Непрактичен при мощности более 5 кВ·А	Самый популярный тип ИБП из существующих благодаря высокой надёжности; идеален для стоечных или распределённых серверов и/или некачественных электрических сетей
Резервный ферромагнитный	BEST Ferrups	Превосходная нормализация напряжения, высокая надёжность	Низкий КПД, неустойчив в сочетании с некоторыми нагрузками и генераторами	Ограниченное применение из-за низкого КПД и проблем с устойчивостью; повышенная надёжность в интерактивной конфигурации N+1
Интерактивный с двойным преобразованием	APC Symmetra, Powerware 9170	Превосходная нормализация напряжения, удобство параллельного включения	Низкий КПД, высокая стоимость при мощности менее 5 кВ·А	Хорошо подходит для конфигураций N+1
Интерактивный с дельта-преобразованием	APC Silcon	Превосходная нормализация напряжения, высокий КПД	Непрактичен при мощности менее 5 кВ·А	Высокий КПД снижает значительные эксплуатационные затраты энергии в крупных установках