

АГРЕГАТЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ (АБП). СРАВНИТЕЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА МОЩНЫХ АБП

КОЗЫРЕНКО В. С., ведущий инженер ЧНПФ «Синапс» (г. Донецк)

1. Общие сведения об агрегатах бесперебойного эл.питания.

Агрегат бесперебойного эл.питания (АБП) – это устройство или агрегат, состоящий из: преобразователей электроэнергии и коммутирующих устройств и не менее чем двумя вводами от первичных источников переменного и (или) постоянного тока, обеспечивающий бесперебойное электроснабжение приемников электроэнергии. В английском языке этому понятию соответствует обозначение UPS (Uninterruptible Power Supply).

Агрегаты бесперебойного эл.питания насчитывают более чем полувековую историю своего существования. До сравнительно недавнего времени основными областями их применения были авиация, флот, непрерывные процессы и системы управления в промышленности, системы навигации, охранные, военные, а также медицинские системы. И только в последние 10 –15 лет, в связи с широким использованием вычислительной техники буквально во всех областях человеческой деятельности, АБП применяют практически везде, где используются компьютерные технологии. АБП малой и частично средней мощности (в связи с малыми габаритами и мощностью до 1...6 кВА, так же будем называть **источниками бесперебойного эл.питания – ИБП**) применяют практически на каждом рабочем месте, оснащённом компьютером.

Основными функциональными компонентами АБП являются:

- преобразователь переменного напряжения в постоянное (выпрямитель);
- преобразователь постоянного напряжения в переменное (Пр. – инвертор);
- аккумуляторная батарея (АБ);
- коммутационные устройства и система управления;
- фильтр, служащий для подавления высокочастотных помех.

Основными функциями источников бесперебойного эл.питания являются:

- обеспечение бесперебойного эл.питания электроприемников при отклонении качества эл.энергии и полном исчезновении напряжения;
- фильтрация высокочастотных помех и шумов на входе АБП.

Некоторые АБП выполняют функции:

- стабилизацию выходного напряжения;
- защиту от перегрузок и коротких замыканий;
- автоматическое тестирование и тренировка аккумуляторных батарей;
- пассивно или активно формировать входной ток, приближая его форму к синусоидальной, тем самым увеличивая коэффициент мощности;

В сочетании с соответствующим программным обеспечением определённые АБП выполняют дополнительные функции:

- мониторинг и регистрация состояния АБП;
- индикация параметров электроэнергии (напряжений, токов, частоты и т.д.)
- и многие другие дополнительные функции.

2. Технические аспекты агрегатов бесперебойного эл. питания.

2.1. Общие вопросы надежности, классификация, определения.

Одним из основных технических критериев любого агрегата, объекта, системы является надёжность – свойство, заключающееся в их способности выполнять определённые задачи в определённых условиях. Она включает в себя такие свойства как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность.

Основные показатели надёжности:

Вероятность безотказной работы (ВБР) $P_{(t)}$

$$\bar{P}_{(t)} = \frac{N_0 - n_{(t)}}{N_0},$$

Вероятность отказа $Q_{(t)}$

$$Q_{(t)} = 1 - P_{(t)}; \quad \bar{Q}_{(t)} = \frac{n_{(t)}}{N_0}.$$

Наработкой на отказ

$$\bar{t}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}.$$

Резервное устройство, резервная система по отношению к основной могут быть:

- **Нагруженным резервом;**
- **Ненагруженным резервом;**
- **Ненагруженным холодным резервом;**
- **Ненагруженным горячим резервом;**

Основным признаком параллельного соединения является тождественное состояние в любой момент времени включенных в параллель узлов, агрегатов, систем и т.д. Загруженность их может колебаться от минимальной до максимальной величины. Основным признаком резервирования является такое соединение узлов, агрегатов, систем и т.д. состояние и загруженность которых в любой момент времени будет не тождественным. Загруженность их может колебаться от минимальной до максимальной величины.

Не приводя формулы и математические вычисления из теории вероятности и надёжности, можно вполне доступно и достаточно убедительно показать степень, уровень надёжности системы в целом, при параллельном соединении устройств и при их резервировании любым из выше перечисленных видов резервов. Вероятность отказов $Q_{(t)}$ объекта, будет:

- Лучшим ($Q_{(t)}$ ниже) для системы с ненагруженным горячим резервом.
- хорошим для системы с нагруженным резервом.
- средним для системы с ненагруженным холодным резервом В.
- посредственным ($Q_{(t)}$ выше) для систем с ненагруженным холодным резервом А. .

Согласно теории вероятности и надёжности можно оценить и охарактеризовать любую систему включающую в себя резерв. Это относится как к АБП и генераторным установкам, так и к системам электроснабжения в целом.

2.2. Структурные схемы, топологии ИБП.

Наиболее эффективным методом повышения надёжности любой системы, агрегата, узла является резервирование, эта функция присутствует в структурных схемах абсолютно всех АБП и СГЭ.

В АБП есть основная подсистема, обеспечивающая эл.энергией потребителя – сеть и резервная подсистема – аккумуляторная батарея (АБ) + преобразователь (АБПр). Иногда в качестве резервной подсистемы может использоваться сеть переменного напряжения, но от отдельного, независимого ввода.

Структурные схемы АБП приведены на Рис. 1, Рис. 2, Рис. 3, Рис. 4, Рис. 5, Рис. 6, Рис. 7.

Согласно рекламным материалам и публикациям в журналах, с подачи фирмы APC, множество АБП делятся на три класса:

1. Off – line;
2. Line – interactive;
3. On – line.

Определим эти “классы,” разновидности, типы архитектуры, согласно классификации теории надёжности. Это позволит внести полную ясность в степень надёжности АБП каждого типа архитектуры.

Необходимо отметить, что АБП, как составная часть СГЭ, выполняет определённые функции этой системы, имеет свои задачи, внешние технические характеристики, различные способы подключения и состояния, при различных режимах работы. Согласно этим и другим критериям, так называемым – внешним (по отношению к АБП), различают АБП двух основных классов резервирования: резервные – ненагруженный резерв и непрерывного действия – нагруженный резерв:

- резервные АБП (Off – line, или standby и Line – interactive);
- АБП непрерывного действия (On – line, или double conversion и On – line – interactive, или delta conversion).

Только изучив и проанализировав ряд этих критериев и особенностей можно сделать вывод и отнести АБП к определённому классу, подклассу по надёжности.

Можно отметить тот факт, что АБП архитектуры Off – line и Line – interactive относятся к одному и тому же классу резервирования – ненагруженный холодный резерв (резервные АБП), и структурные схемы силовой (основной) части практически идентичны.

При рассмотрении АБП и его классификации, будем исходить из анализа его внутренней структуры, основной и резервной подсистем эл.энергии.

В иностранной литературе, периодических компьютерных изданиях достаточно часто называют разновидности, "классы," типы архитектуры АБП (Off – line, Line – interactive, On – line) – **топологиями**. Будем придерживаться этой терминологии.

Нужно так же отметить, что за последние несколько лет, в топологии On – line появилось несколько разновидностей структурных схем, среди которых особое место занимает структурная схема с дельта преобразованием. Можно утверждать, что появилась новая топология On – line – interactive. Из вышесказанного следует, что на сегодняшний день существует четыре разновидности топологий:

1. Off – line;
2. Line – interactive;
3. On – line;
4. On – line – interactive.

2.3. Резервные ИБП.

Структурные схемы резервных ИБП приведены на Рис. 1, Рис. 2. Как правило, резервные ИБП изготавливаются только малой и средней мощности. Поэтому, как условились ранее, будем называть их не агрегатами, они слишком малы для агрегата, а источниками бесперебойного эл.питания – ИБП

Как рассмотрено ранее к резервным ИБП, класс ненагруженный холодный резерв, относятся две топологии:

- Off – line, или standby;
- Line – interactive.

Устройства этого класса являются самыми простыми, а значит, и самыми дешевыми, источниками бесперебойного питания. Характерная особенность этих ИБП – **эл.энергия со входа проходит транзитом на выход, проходя только через коммутационные устройства**, а для топологии Line – interactive, и автотрансформатор, **следовательно будет время переключения на аккумуляторную батареи и обратно**. Эти параметры присущи для всех резервных ИБП. Большинство резервных ИБП, при работе от батарей, формируют выходное напряжение прямоугольной формы: меандр или "усечённый меандр", т.е. $\tau_{н} < \frac{T}{2}$. Существуют ИБП этого класса, формирующие выходное напряжение синусоидальной формы – к примеру изделия фирм POWERWARE и APC.

Заряд встроенных АБ (находятся внутри корпуса ИБП) осуществляется маломощным зарядным устройством. Как правило, зарядный ток $I_{зар} < 0,25Q_{АБ}$ ($Q_{АБ}$ – ёмкость АБ) и менять его невозможно.

3.3.1. Топология Off- line.

Структурная схема приведена на Рис.1. В качестве основных компонентов ИБП топологии Off – line содержат фильтр для подавления высокочастотных помех и шумов, зарядное устройство, аккумулятор, трансформатор (низкочастотный или высокочастотный), инвертор и устройство коммутации. На рисунке показаны: \longrightarrow основные и вспомогательные направления прохождения энергии.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП OFF – LINE

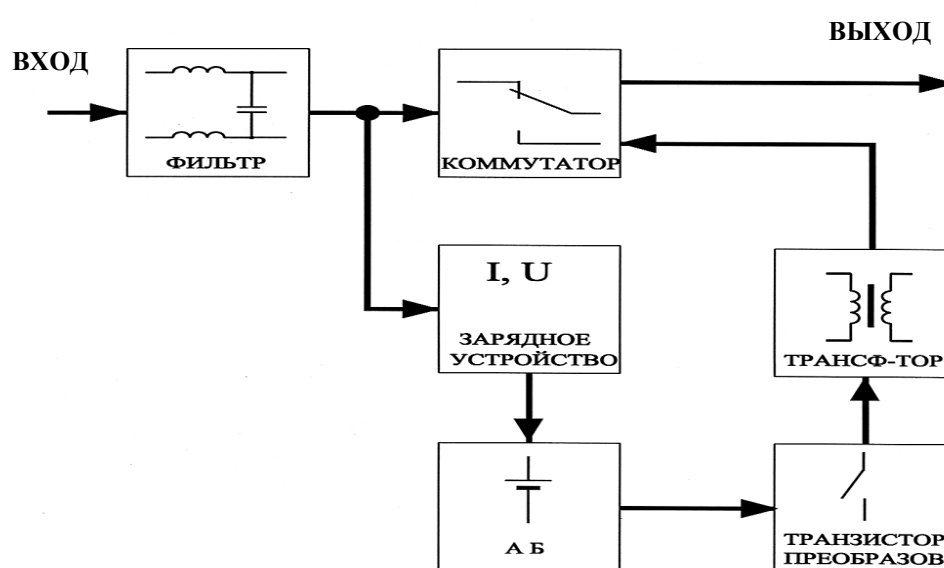
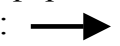



Рис. 1

Согласно структурной схеме и определению, топология Off – line относится к классу – система с ненагруженным холодным резервом, подкласса А, с количеством подсистем $m = 1+1$ (1 основная + 1 резервная). Система имеет время готовности $t_0 > 0$, включающее в себя – время запуска и время подключения. Это означает, что независимо от модели и от фирмы производителя, ИБП класса ненагруженный холодный резерв, подкласса А будет обязательно создавать разрыв в подаче эл.энергии на нагрузку при переходе питания системы с сети на АБ и обратно. Необходимо отметить: применяемые в этой топологии фильтры, как правило, с очень низким коэффициентом фильтрации, а иногда и вовсе отсутствуют; системы контроля и индикация – минимальны; отсутствует компьютерный интерфейс (в последнее время всё чаще встречаются ИБП топологии Off – line с компьютерным интерфейсом); форма выходного напряжения, при работе ИБП от аккумуляторной батареи, усечённый меандр или меандр.

2.3.2. Топология Line – interactive.

Структурная схема приведена на Рис.2. В качестве основных компонентов ИБП, топологии Line – interactive, содержит фильтр для подавления высокочастотных помех и шумов, зарядное устройство, аккумулятор, автотрансформатор, инвертор и устройство коммутации. На рисунке показаны:  основные направления прохождения энергии;

- -  прохождение зарядного тока АБ двух вариантов – 1 и 2. Вариант 1 – энергия заряда берётся прямо со входа ИБП, вариант 2 – энергия заряда берётся с выходного отвода обмотки автотрансформатора, с выхода ступенчатого стабилизатора напряжения (относительно стабильное напряжение).

Необходимо отметить, что применяемые в ИБП этой топологии: фильтры, как правило, с невысоким коэффициентом фильтрации; системы контроля и индикация – достаточные; всегда есть компьютерный интерфейс, ИБП этой топологии при работе от АБ формируют выходное напряжение формы усечённый меандр, часть устройств фирмы POWERWARE и устройства фирмы APC – аппроксимирующей синусоидальной формы с коэффициентом несинусоидальности 5%...7%.

ИБП топологии Line – interactive конструктивно отличаются от Off – line наличием не трансформатора, а автотрансформатора. Согласно структурной схеме и определению, топология Line-interactive относится к классу – **система с ненагруженным холодным резервом подкласса В**, с количеством подсистем $m = 1+1$. При наличии и соответствующем качестве электроэнергии основной подсистемы – используется только сеть, резервная подсистема включающая в себя АБ и Пр – выключена, но подключена (нагрузкой преобразователя является изолированная обмотка автотрансформатора). При не соответствующем качестве или отсутствии эл.энергии основной подсистемы (эл.сети) ИБП использует резервный источник эл.энергии – АБПр. . Данная система имеет время готовности. Независимо от модели и от фирмы производителя, ИБП данного класса, будет обязательно создавать разрыв в подаче эл.энергии на нагрузку в момент перехода питания от сети на резервный источник и обратно.

ИБП этого класса управляются, как правило микропроцессором, с помощью которого осуществляется: управление источником; обмен информации с ПК; внешняя индикация; мониторинг входного напряжения и выходных параметров. Именно поэтому ИБП класса ненагруженный холодный резерв, подкласса В, топология Line – interactive называются интерактивными.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП LINE – INTERACTIVE

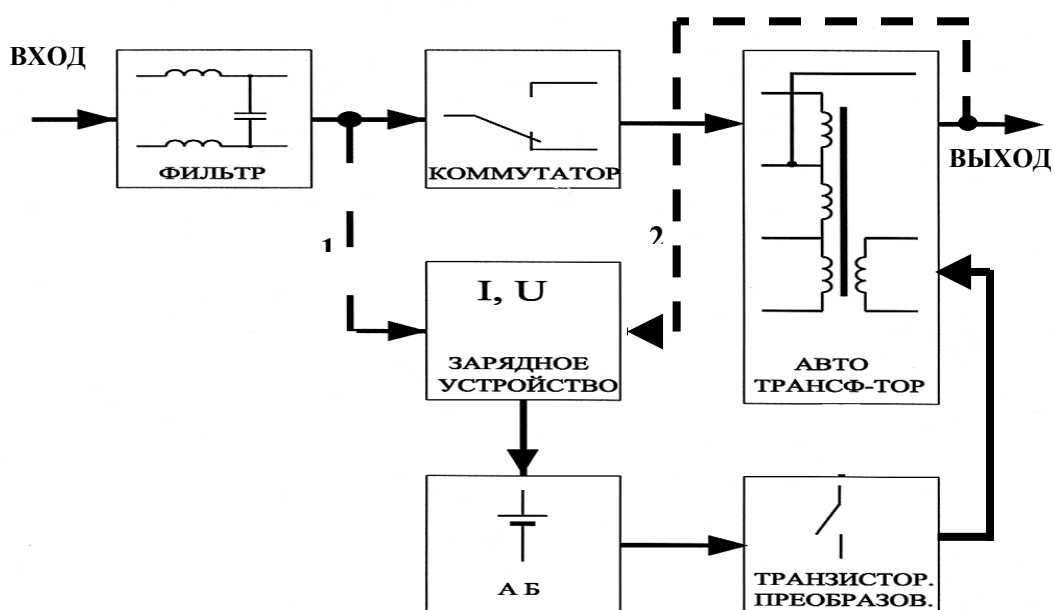


Рис. 2

2.4. ИБП непрерывного действия.

Структурные схемы ИБП непрерывного действия приведены на Рис. 3, Рис. 4, Рис. 5, Рис. 6, Рис. 7.

К ИБП непрерывного действия, класс нагруженный резерв, относятся две топологии:

- On – line, или double conversion;
- On – line – interactive, или delta conversion.

Устройства этого класса достаточно сложны, как правило, имеют высокие технические характеристики, имеют компьютерный интерфейс и соответственно программное обеспечение (ПО) для контроля, управления и настройки ИБП, а это значит, что они являются самыми дорогими источниками бесперебойного питания.

Характерная особенность ИБП непрерывного действия – эл.энергия подводятся на вход преобразовывается, инвертируется: в устройствах On – line, как минимум, дважды (выпрямитель, инвертор Рис. 3); в устройствах On – line – interactive – основной поток энергии корректируется до номинальной величины, потоками энергии, которые преобразовываются трижды (выпрямитель, ключевой преобразователь, инвертор Рис. 7). Так же в ИБП, рассматриваемых топологий, поток выходной энергии, при любых режимах работы, течёт безразрывно, так как он формируется инверторами. Поэтому ИБП топологий On – line и On – line – interactive ещё называют – ИБП непрерывного действия.

Параметром, характеризующим возможность работы на нагрузку с импульсным блоком питания, является коэффициент амплитуды: $K_n = \frac{I_m}{I_D}$

отношение амплитуды тока к его действующему значению. Допустимые значения этого коэффициента для ИБП находятся в пределах 3...5. В технической документации на ИБП иностранного производства этому коэффициенту соответствует понятие Crest Factor.

Применяемые в этой топологии выполняют так же роль пассивного корректора коэффициента высших гармоник; развитые и многофункциональные системы контроля и индикация; выходное напряжение синусоидальной формы высокого качества с коэффициентом несинусоидальности не более 3...5%; высокая стабилизация выходного напряжения; способность выдерживать кратковременные перегрузки без переключения на обводную цепь (vurpass).

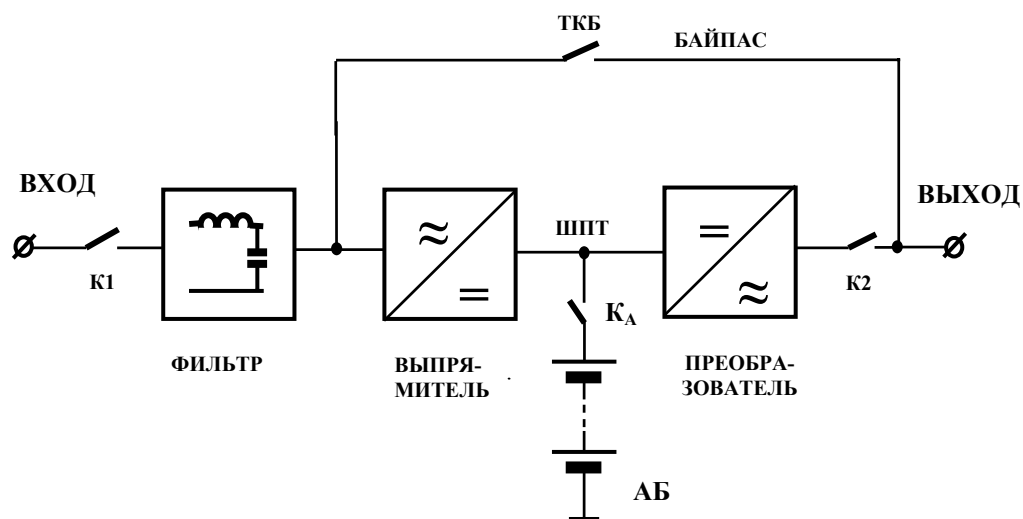
Инверторы современных ИБП непрерывного действия экономичны, поэтому К.П.Д. устройств достаточно высок.

2.4.1. Топология On – line.

Структурные схемы ИБП топологии On – line приведены на Рис. 4, Рис. 5, Рис. 6. В нормальном режиме ИБП типа On – line входное напряжение преобразуется выпрямителем в постоянное, которое подается на вход инвертора для повторного преобразования в переменное. К зарядному устройству подключена и аккумуляторная батарея, которая при необходимости подзаряжается. ИБП такого типа иногда называют также ИБП с двойным преобразованием (Double conversion).

При исчезновении входного напряжения или при выходе его параметров за пределы допустимых выпрямитель прекращает работу, а инвертор продолжает работу, получая энергию от аккумуляторной батареи. При этом времени переключения не существует, поскольку выход выпрямителя, вход инвертора и аккумуляторная батарея объединены вместе. Цепь, объединяющая их, называется шиной постоянного тока. Поскольку выходное напряжение в ИБП типа On-line и в нормальном режиме, и в режиме работы от батареи формируется инвертором, то параметры напряжения (форма напряжения, амплитуда, частота) полностью определяются характеристиками инвертора и не зависят от качества напряжения на входе выпрямителя. Отклонения напряжения, провалы, всплески, импульсные помехи, высокочастотные шумы полностью поглощаются выпрямителем и в нагрузку не попадают.

ОБОБЩЁННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП ON – LINE



Фильтр – комплект мощных конденсаторов и дросселей.

Выпрямитель – двухполупериодный мост, состав: диоды, тиристоры, транзисторы IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором).

Преобразователь – как правило, транзисторный инвертор, на основе составных биполярных транзисторов (СБТ) или транзисторов IGBT.

ШПТ – шина постоянного тока.

Байпас – обводная цепь.

ТКБ – тиристорно-контакторный размыкатель цепи байпаса.

АБ – аккумуляторная батарея.

К1 – контактор входной цепи.

К2 – контактор выходной цепи

КАБ – контактор цепи аккумуляторной батареи.

Рис. 3

Положительные особенности АБП топологии On – line.

- высокий к.п.д. системы, поскольку используется только один транзисторный преобразователь;
- шина постоянного тока является общей, как для управляемого выпрямителя, так и для аккумуляторных батарей (АБ) и фильтра, что приводит к увеличению надежности из-за отсутствия коммутационных элементов и преобразователей;
- транзисторный преобразователь использует транзисторы IGBT типа, что позволяет потреблять минимум тока;
- наличие управляемого (регулируемого) входного выпрямителя;
- наличие системы (типа DC Expert, АВМ) обеспечивающую непрерывный контроль цепей постоянного тока, тестирование батареи и оптимизацию ее режимов зарядки, что приводит к значительному увеличению срока службы АБ;
- выходной изолирующий трансформатор имеет три обмотки, отдельно для цепи преобразователя и цепи байпаса, что обеспечивает гальваническое разделение входной и выходной сети при различных режимах работы АБП;

- цепь байпаса имеет быстродействующий коммутатор, обеспечивающий безразрывное переключение. Это достигается применением тиристорного ключа с последующей коммутацией контактором.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП ON – LINE ТИП 1

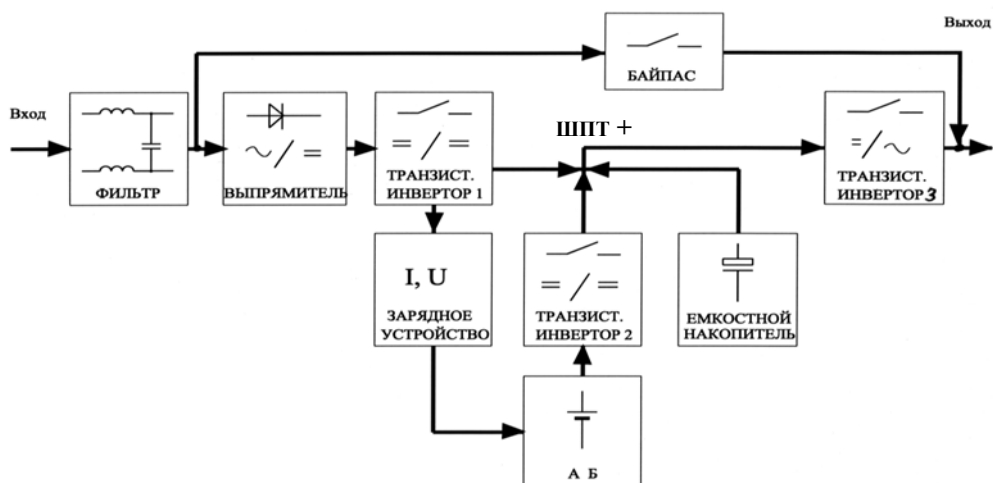


Рис. 4

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП ON – LINE ТИП 2

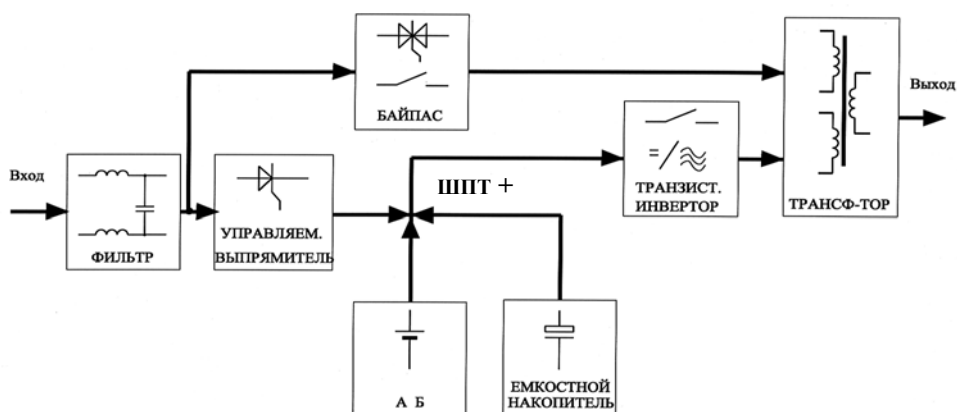


Рис. 5

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП ON – LINE ТИП 3

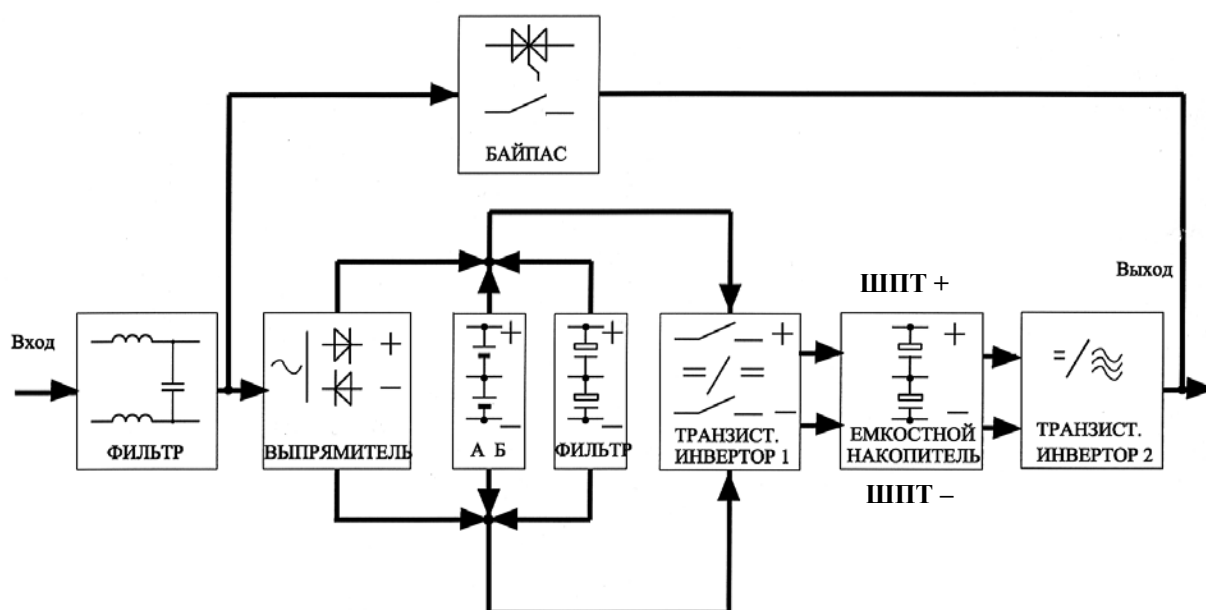


Рис. 6

2.4.2. Топология On – line – interactive.

Структурная схема ИБП топологии On – line – interactive приведена на Рис. 7.

Вход от выхода АБП разделяет обмотка вольтодобавочного трансформатора (ВТ). Первый инвертор ДНПр совместно с ВТ представляет собой стабилизатор напряжения, однако в отличие от структуры “line-interactive” применен стабилизатор с широтно-импульсной модуляцией, выполняющий стабилизацию выходного напряжения.

Второй инвертор – двунаправленный ДНПр выполняет функцию коррекции фазы между входным напряжением и входным током и его формы, аппроксимируя его в форму близкую к синусоидальной, т.к. компьютерная нагрузка, как и нагрузка других потребителей с бестрансформаторным блоком питания, характеризуется импульсным потреблением тока в узкой зоне 2-4 мс вблизи амплитудного значения напряжения, контроль напряжения и регулирование тока заряда АБ.

Основное назначение ДНПр – формирует напряжение 3ф 380 В, при работе АБП от АБ.

При работе АБП от сети в течении периода ДНПр работает как нагрузка для сети, накапливая энергию в ёмкостях и АБ, и как источник для нагрузки, отдавая накопленную энергию, разгружая при этом сеть. Алгоритм работы ДНПр составлен таким образом, чтобы при сложении мгновенного значения тока инвертора ДНПр $i_{ин1}$ с мгновенным значением тока нагрузки i_n , полученное значение суммарного тока i_{Σ} , т.е. входного тока, по форме были близки к синусоидальной и совпадали по фазе с входным напряжением.

Тиристорный отсекающий входной сети (ТО) предназначен для отключения сети при исчезновении в ней напряжения или понижении $U_{вх}$ ниже допустимого

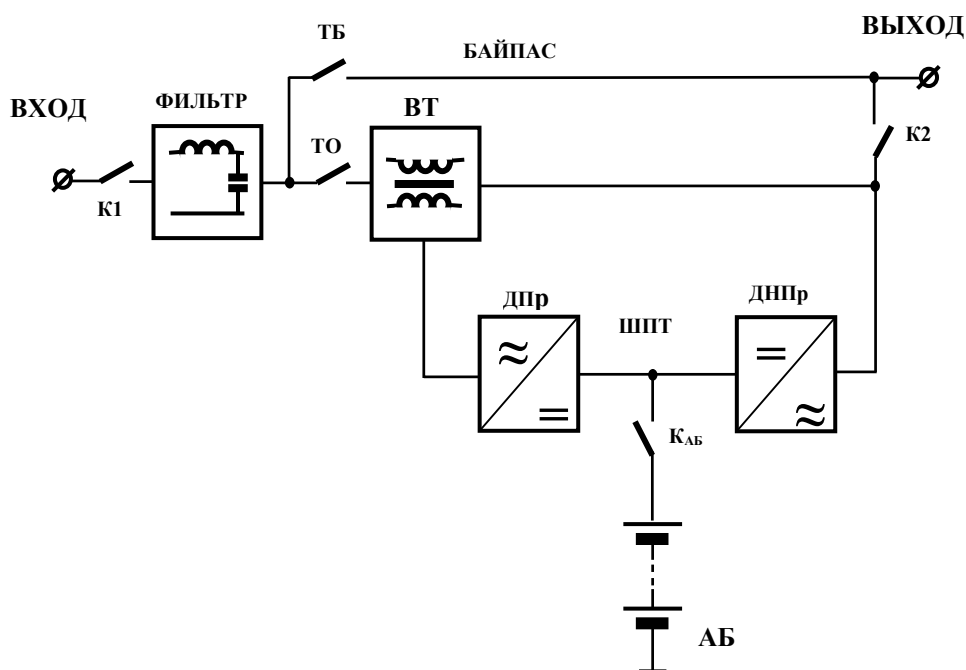
уровня. Это необходимо, чтобы ДНПр в этой ситуации не отдавал энергию в питающую сеть.

Особенности АБП топологии On – line – interactive.

- ВТ рассчитан приблизительно на 15% от общей мощности АБП. Снижение КПД АБП будет ощущаться только при работе от входного напряжения стремящегося к верхней или нижней границам допустимого диапазона. Поэтому увеличение диапазона входного напряжения в данной структуре нежелательно.
- АБП структуры дельта-преобразования способны обеспечивать защиту только от восьми неполадок из девяти, указанных в пункте «качество электроэнергии». Не эффективная защиты от показателя 6, для полноценной защиты требуется применение дополнительных средств: фильтров, разрядников и пр., т.к. достаточно низкочастотная ООС не способна эффективно реагировать на силовые ВЧ помехи. ВД трансформатор является проводником для проникновения указанных неполадок в компьютерную сеть. По этой же причине, высокочастотная (информационная) составляющая, присутствующая в сети питания компьютеров также проникает в питающую сеть.
- Таким образом, АБП с дельта-преобразованием, без применения дополнительных специальных средств, не может быть использован в автономных сетях с функцией защиты информации от несанкционированного доступа со стороны питающей сети.
- В АБП дельта-преобразования два инвертора работают в параллель с сетью на нагрузку. Чрезвычайная сложность системы управления по надежности несколько сложнее чем у АБП с двойным преобразованием, где имеется всего один выходной инвертор. Это недостаток системы.
- Высокий КПД структуры дельта-преобразования, как главного его достоинства, провозглашенное производителем этой системы, достигается при входном напряжении сети стремящемся к номинальному значению и нагрузке стремящейся к активному значению. В любом случае КПД АБП с дельта-преобразованием выше, чем в АБП с двойным преобразованием и с коррекцией входной мощности.

Аккумуляторная батарея в структуре дельта-преобразования достаточно эффективно используется в буфере для выполнения своих функций инверторами ДНПр и ДПр, при этом она постоянно заражается и разряжается. Достаточно сложная система управления, вернее алгоритм работы. Но при этом нет необходимости в дополнительных системах поддержания состояния АБ при работе АБП от сети, типа АВМ. Работа в таких условиях АБ может способствовать только ее долговечности.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИБП ON – LINE – INTERACTIVE



Фильтр – комплект мощных конденсаторов и дросселей.

ВТ – вольтдобавочный трансформатор.

ДНПР – двунаправленный преобразователь, на основе полумоста из транзисторов IGBT и защитных диодов.

ДПР – дельта-преобразователь, на основе полумоста из транзисторов IGBT.

ТО – тиристорный отсекающий

ТБ – тиристорный размыкатель цепи байпаса.

ШПТ – шина постоянного тока.

Байпас – обводная цепь.

АБ – аккумуляторная батарея.

К1 – контактор входной цепи.

К2 – контактор выходной цепи

К_{АБ} – контактор цепи аккумуляторной батареи.

Рис. 7

3. Качество и неполадки электропитания.

3.1. Качество электроэнергии – это степень соответствия фактических значений параметров электрической энергии установленным значениям. Предлагается следующее разделение по группам основных неполадок питания, которое отражает требования стандарта ГОСТ 13109-97, терминологических стандартов ГОСТ 30372-95 и ДСТУ 3466-96

Согласно ГОСТ 13109-87, ДСТУ 3466-96, требованиям международных стандартов, по качеству электрической энергии, и техническим требованиям современной компьютерной техники можно выделить девять наиболее распространённых основных неполадок питания. Концепция 3 – 5 – 9

предлагает наиболее эффективные пути решения проблем с электропитанием для каждого конкретного случая. Именно такой подход поможет правильно и быстро оценить степень необходимой защиты для конкретного оборудования и, соответственно, оптимальный выбор класса и модели ИБП.

3.2. Основные проблемы, неполадки с электропитанием.

1. Исчезновение напряжения (*Power failure*) – перерыв, прекращение подачи эл. энергии во время работы. Последствиями исчезновения напряжения могут быть: потеря, повреждение баз данных и текущей информации на ПК, рабочих станциях, серверах, повреждение файловой системы, нарушение технологического процесса, выход из строя оборудования.

2. Провалы напряжения (*Voltage dip*) – это кратковременное снижение напряжения в сети ниже 90% от номинального значения, на время от 20 мс до нескольких единиц или десятков минут. Причинами провалов и проседания, напряжения могут быть, как отдельные проблемы и неполадки в оборудовании сети, так и их совокупность. Включение и работа энергоемкого оборудования на непродолжительное время, запуск мощных электродвигателей, работа сварочных аппаратов и т.д. при ограниченной мощности источника электроэнергии и наличия длинных линий электропередач. Возможные последствия – сброс оперативной памяти ПК, возникновение ошибок, выход из строя узлов оборудования.

3. Временное перенапряжение (*Temporary overvoltage*) – это кратковременное повышение напряжения в сети в диапазоне 110%... 130% от номинального значения на время от 20 мс до единиц минут. Причинами возникновения перенапряжения в сети могут быть отключение энергоемкого оборудования, неполадки с генерирующим, преобразующим и распределительным оборудованием, работа сварочных аппаратов, атмосферные процессы. Возможные последствия – сброс оперативной памяти ПК, возникновение ошибок, сокращение срока службы и выход из строя блоков питания электронного оборудования и др. узлов, осветительных приборов.

4. Пониженное напряжение (*Low voltage*) – снижение напряжения в сети в диапазоне 75%... 90% от номинального значения на длительное время (сутки). Возникает обычно из-за не квалифицированного обслуживания электрооборудования, роста потребления электроэнергии в сети при ограниченной мощности источника электроэнергии и не соответствия нормам: преобразующего, распределительного, коммутационного оборудования и линий электропередач, а так же из-за аварийных ситуаций. Возможные отрицательные последствия: сокращение срока службы блоков питания электронного оборудования с последующим выходом аппаратуры из строя.

5. Повышенное напряжение (*High voltage*) – повышение напряжения в сети в диапазоне 110%...130% от номинального значения на длительное время (сутки). Возникает обычно из-за отключения значительной части потребителей в сети, не квалифицированного обслуживания электрооборудования, не соответствия нормам: преобразующего, распределительного, коммутационного оборудования и линий электропередач, а так же из-за аварийных ситуаций. Возможные отрицательные последствия: сокращение срока службы блоков питания электронного оборудования с последующим выходом аппаратуры из строя.

6. Высокочастотные помехи (*Electrical line noise*) - это случайные, нежелательные пачки высокочастотных импульсов, накладывающихся на синусоидальную форму напряжения. Основными причинами возникновения электромагнитных помех являются работа мощных электродвигателей, силовое коммутационное оборудование, атмосферные процессы и природные явления. Возможные последствия – возникновение ошибок в работе ПК, сброс оперативной памяти, "зависание" операционной системы.

7. Отклонение частоты (*Frequency variation*) – разность между значением частоты в сети в рассматриваемый момент времени и ее номинальным значением. Причиной его является нестабильность источника электроэнергии по частоте – не квалифицированное обслуживание или неисправность электрооборудования. Возможные последствия: для устройств с импульсными бестрансформаторными блоками питания изменение частоты $\pm 1...3$ Гц на работу никакого влияния не окажет; устройства с реактивными элементами на входе, которые используют фазосдвигающие элементы (конденсаторы, индуктивности), например электродвигатели, и в которых используется прохождение синусоиды напряжения через "ноль", например для синхронизации с сетью, возможны сбои, перегрев, особенно опасно снижение частоты, выход из строя.

8. Коммутационные помехи (*Switching transient*) – это кратковременное превышение, снижение напряжения продолжительностью менее 10мс. При этом амплитуда импульса перенапряжения может достигать величин в 1,5...5 раз больших, чем номинальное значение напряжения и снижаться до нуля. Причинами их появления являются коммутационные процессы силовых цепей электроснабжения, дугообразование в коммутационных аппаратах, работа сварочных аппаратов, короткие замыкания. Возможные отрицательные последствия: сокращение срока службы блоков питания электронного оборудования выход их из строя, сброс оперативной памяти и выход из строя микросхем.

9. Искажения синусоидальности напряжения (*Harmonic distortion voltage*) – характеризуется несколькими показателями качества (ПКЭ), “суммарным,” обобщённым является коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (тока) – это отношение действующих значений суммы высших гармоник напряжений (токов) к действующему значению напряжения (тока) основной гармоники, выражается в процентах. Ещё используются такие ПКЭ как коэффициент гармоник, коэффициенты формы и амплитуды. Для эл. питания значительного большинства оборудования вычислительной техники форма подводимого напряжения не имеет большого значения, так как у большинства устройств блоки питания с бестрансформаторным входом. Значительные искажения синусоидальности кривых напряжения и тока представляют неудобства и проблемы в работе систем передачи данных, когда ПК объединены в сеть (ЛВС), подключены к интернету, при условии, что кабели ЛВС и электропроводки проложены вместе (для исключения проблем между ними должно быть расстояние, не менее 1м). Наличие несинусоидальности в кривых напряжения и тока может мешать нормальной работе технологического, медицинского, аэрокосмического, теле-радио оборудования, оборудования средств связи, и другим высокочувствительным системам. Причиной их появления является наличие потребителей с нелинейной нагрузкой, таких как компьютеры и серверы, некоторые модели ИБП, тиристорные и транзисторные преобразователи.

3.3. Концепция 3 – 5 – 9

Уровень защиты 3.

Базовое решение для защиты ПК. Решаются 3 проблемы с электропитанием: полное исчезновение напряжения; провалы напряжения; временное перенапряжение. Для решения этих задач подойдут ИБП класса ненагруженный холодный резерв топологии Off – line.

Уровень защиты 5.

Усовершенствованная защита для ПК офисов, имеющих компьютерную сеть и серверы, с возможностью связи с ИБП. Решаются 5 проблемы с электропитанием: полное исчезновение напряжения; провалы напряжения; временное перенапряжение; пониженное напряжение; повышенное напряжение. Для решения этих задач уже не достаточно ИБП топологии Off – line, поэтому в этом случае необходимо использовать ИБП класса ненагруженный холодный резерв топологии Line – interactive.

Уровень защиты 9.

Полная и идеальная защита для ПК, рабочих станций, серверов и другого оборудования, включённых в компьютерную сеть, а так же для промышленного, технологического, медицинского, аэрокосмического, теле-радио оборудования, оборудования средств связи, энергетики и для других особо ответственных высокочувствительных систем может быть обеспечена только ИБП класса

нагруженный резерв или подкласса ненагруженный горячий резерв топологий: On – line или On – line – interactive. Будут решены все 9 проблемы с электропитанием: полное исчезновение напряжения; провалы напряжения; временное перенапряжение; пониженное напряжение; повышенное напряжение; высокочастотные импульсные помехи; отклонения частоты; коммутационные помехи, искажения синусоидальности. Многие, но не все, современные ИБП топологии On – line и все ИБП топологии On – line – interactive формируют входной ток синусоидальной формы, тем самым, обеспечивая входной коэффициент мощности ИБП, близким к единице, что очень важно для мощных энергетических систем.

Разработано инж. Козыренко Вячеславом.

Ни вся целиком и никакая часть настоящей статьи не может быть воспроизведена, скопирована или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронными, или фотокопирование, или запись на магнитный носитель, или печать на бумагу, если на то нет письменного разрешения автора статьи Козыренко Вячеслава Степановича. Статья для доклада состоит из 17 листов.