

621.38(07)
М 545

№ 3494

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ТАГАНРОГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

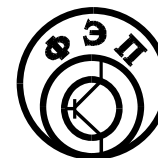


**КАФЕДРА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**ПО КУРСУ ПЕРСОНАЛЬНАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА
Источники бесперебойного
питания**

Для студентов специальности 200800



Таганрог 2003

УДК 621.38 (07.07)+621.311.6 (07.07)

Составители: С. П. Мирошниченко, В. В. Поляков

Методическое пособие по курсу «Персональная электроника» Источники бесперебойного питания.
Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003, 32с.

В пособии описаны источники бесперебойного питания, рассмотрены основные принципы работы, приведены современные образцы. Методическое пособие предназначено для изучения курса «Персональная электроника» студентами специальности 200800, а также может быть полезно студентам других специальностей.

Рецензент Е. Т. Замков, кандидат технических наук,
доцент кафедры КЭС, ТРТУ.

1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

1.1. Краткий обзор проблем электропитания

Качественный скачок в индустрии источников бесперебойного питания напрямую связан с областью информационных технологий. Широкое распространение компьютерных сетей, кардинально увеличивает возможности обработки и использования информации. Для реализации этих возможностей сетевая инфраструктура должна функционировать надежно, и одну из основных ролей в этом играет электропитание.

Согласно результатам исследований, проведенных в США фирмами Bell Labs и IBM, в течение месяца в электросети фиксируется около 120 нештатных ситуаций. Наиболее часто встречающиеся сбои питания - это провалы напряжения (85% случаев); возможны также высоковольтные импульсы (7.4%), полное отключение напряжения (4.7%) и слишком большое напряжение (0.7%). В России ситуация выглядит не лучшим образом, отличаясь большим разнообразием. К «стандартному» набору добавились аномалии другого рода, специфичные для отечественных сетей электроснабжения и редкие для стран Запада, - нестабильность частоты, искажения синусоидальной формы напряжения вследствие перегрузок и повышенное напряжение.

В соответствии с ГОСТ 13109-87 изменение напряжения допускаются в пределах $\pm 10\%$, частоты - ± 1 Гц, коэффициента нелинейных искажений - $< 8\%$. Необходимо всегда внимательно изучать инструкцию по эксплуатации любого элемента сетевого оборудования и требования производителя к параметрам электрической сети. Если требования производителя оборудования жестче, чем требования ГОСТа, лучше сразу обеспечить требуемый режим работы. Среди основных последствий некачественного электропитания сетевого оборудования можно выделить следующие: временные перебои в работе сети (а следовательно, недоступность сетевых ресурсов): потеря данных, хранящихся в оперативной памяти сетевых устройств, и сбои при телефонных вызовах, выход оборудования или отдельных его узлов из строя (оборудование, как правило, работает круглосуточно и в малообслуживаемом режиме).

Вычислительные устройства объединенные в сеть более подвержены ошибкам из-за проблем с электропитанием. Это вызвано тем, что оборудование сетевых узлов хранит значительные объемы данных в оперативной памяти, и вероятность потери или искажения этих данных, как и сбоя в работе оборудования, при снижении качества электропитания существенно возрастает.

1.2. Способы защиты

В общем случае можно выделить, два основных подхода: организация защиты жизненно важных узлов сети и организация централизованной системы защиты.

В первом случае от аномалий электросети защищается только жизненно важное для функционирования сети оборудование. Часть оборудования остается незащищенной, поэтому при неполадках в сети электропитания возможна потеря оперативных данных и частичная недоступность сетевых ресурсов. Тем не менее, перебои в работе незащищенных устройств не вызывают остановки всей сети. (Считается, что такой подход обеспечивает минимально необходимую защиту и в некоторых случаях этого вполне достаточно). На самом деле потеря данных все-таки происходит, возможен также выход из строя незащищенного оборудования, и нельзя определить точно, какие данные и в каком объеме потеряны и была ли потеря данных вообще. На практике эта стратегия реализуется путем установки нескольких источников бесперебойного питания (ИБП) небольшой мощности, защищающих конкретные устройства или группы устройств. Организация централизованной системы защиты оборудования требует более серьезного подхода. Может сложиться так, что при реализации данной стратегии заказчику придется переделать инфраструктуру сети электроснабжения. Кроме того, затраты на приобретение и подключение одного мощного или нескольких параллельно работающих ИБП могут быть выше, чем в предыдущем случае. Вместе с тем все перечисленные минусы окупаются значительно более высоким уровнем защиты и более низкой совокупной стоимостью владения подобной системой, а также возможностью наращивания мощности и времени резервирования, причем не только за счет установки дополнительных аккумуляторных батарей, но и путем подключения к автономным системам электроснабжения.

1.3. Направления

По мере развития рынка информационной техники экспоненциально возрастают ценность и объем создаваемых, передаваемых и хранимых данных; следовательно, требуется не только обеспечить сохранность оборудования и предотвратить его выход из строя, но и принять меры, позволяющие избежать потерь жизненно важных для бизнеса компании данных и, как следствие, финансовых убытков. По данным Information Week в финансовой отрасли один час простоя может обойтись компании в 8,4 млн. долл. Требование круглосуточной работы заставляет использовать методы обработки и хранения данных, основанные на избыточности, и применять кластеризацию и зеркальное отображение серверов. В этом случае ИБП может стать самым слабым звеном во всей системе, поэтому логичное направление дальнейшего развития индустрии ИБП создание резервируемых систем бесперебойного питания, функционирование которых базируется на принципах избыточности и масштабируемости. Перспективное направление в индустрии ИБП, заключается в интеграции ИБП в единую сетевую структуру с возможностью управления или мониторинга параметров системы электропитания из единого технического центра. В настоящее время наиболее востребован удаленный мониторинг через LAN/WEB по протоколам HTTP и SNMP. Все компании связанные с

продвижением ИБП отмечают важность этого рынка и считают его одним из приоритетных направлений деятельности. Сетевой рынок развивается очень быстро и тянет за собой рынок ИБП.

1.4. Модульная система бесперебойного питания

В централизованных системах бесперебойного питания характерно применение мощных ИБП типа ON-LINE со схемой двойного преобразования. Если систему питания сделать модульной - модули ИБП и модули батареи, то (подобно организации работы на серверах, кластерная и зеркальная технология, а для дублирования диска использующих RAID технологию) обеспечив избыточность класса $n+1$ и даже выше за счет добавления того или иного модуля можно исключить риск сбоя системы. Модули каждого типа подключаются параллельно, распределяя между собой нагрузку. Если один модуль поврежден или удален, вся нагрузка равномерно распределяется между оставшимися. Конфигурацию можно менять добавляя или удаляя модули. Этот метод лежит в основе современных ИБП обеспечивающих высокий уровень масштабируемости, избыточности, управляемости и удобства эксплуатации.

Модульная система бесперебойного электропитания (МСБП) является в своем роде тем же, чем является RAID-технология для хранения данных. Эта новая категория продуктов обеспечивает масштабируемую, избыточную и управляемую, простую в обслуживании защиту систем. Модульная архитектура дает возможность дорабатывать систему защиты различными полезными приборами и наращивать ее мощность. В отличие от всех остальных устройств защиты МСБП обеспечивает абсолютно надежную защиту и управление электропитанием.

1.5. Избыточность

Настоящая избыточность « $N+1$ » гарантирует исключительную надежность и максимальное время работы информационных систем. Если работа информационной системы критична для вашего бизнеса, простой оборудования по вине ИБП недопустимы. И если процессоры и диски резервируются, и даже сетевые маршруты делаются резервированными, обычные ИБП могут оказаться непригодными в этой системе. С появлением МСБП картина меняется. Модульная архитектура и дублирование по принципу « $N+1$ » всех подсистем МСБП - модулей мощности, батарей обеспечивает абсолютную устойчивость к сбоям и отказам для защиты критически важных приложений.

1.6. Масштабируемость

Масштабируемость мощности МСБП и времени работы от батарей. Изменения в требованиях к электропитанию в связи с ростом или со сменой потребностей оборудования серьезно затрудняет экономическое планирование

защиты электропитания. МСБП обеспечит гибкую адаптацию мощности ИБП и времени работы от батарей, и защитит ваши капиталовложения в систему защиты по мере роста вашей системы

1.7. Управляемость

МСБП обеспечивает возможность полнофункционального управления за счет программного обеспечения дополнительных аксессуаров

1.8. Простота обслуживания

МСБП позволяет вам снизить эксплуатационные расходы за счет простоты обслуживания. Сочетание избыточности и модульности делает ее эксплуатацию простой, недорогой и доступной каждому. Благодаря резервированию всех подсистем подсоединенная нагрузка будет защищена абсолютно надежно.

Модульные системы бесперебойного питания компании POWERWARE (ИБП PW 9170) и швейцарской компании Newave (Concertpower) наиболее полно соответствуют этим требованиям.

2.ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

На заре появления ИБП, при отсутствии мощных высоковольтных полупроводниковых приборов, ИБП разрабатывались и производились по простой и очевидной схеме, которая получила название «off-line». Структурная схема «off-line» ИБП показана на рис.1.



Рис.1.

Функционирование такого ИБП достаточно простое. При наличии входного напряжения переключатель в верхнем положении и входное напряжение транслируется на выход. При этом на входе и выходе могут быть установлены различного рода фильтры.

Одновременно с помощью зарядного устройства производится заряд аккумуляторных батарей. Инвертор выключен или работает на холостом ходу.

При пропадании или существенном понижении входного напряжения переключатель автоматически переводится в нижнее положение, и на выход поступает напряжение от инвертора, который потребляет энергию, запасенную в аккумуляторных батареях.

Одним из основных качественных недостатков, не говоря об отсутствии стабилизации при работе от входного напряжения, является наличие перерыва подачи напряжения на нагрузку от (2–3) мс до (5–7) мс при переходе на питание от аккумуляторной батареи и обратно. Это явление часто вызывает сбои и помехи в работе чувствительной аппаратуры, и крайне нежелательно для потребителя.

В результате попыток устранения отдельных недостатков ИБП «off-line» в дальнейшем начинают появляться различные модификации на основе той же структурной схемы (standby-ferro, standby on-line, line-interactive и др.).

Наиболее интересной и современной сегодня является модификация, получившая название «line-interactive». Структурная схема представлена на рис.2.



Рис.2.

Пример функционирования устройства аналогичен ранее рассмотренному ИБП «off-line». Однако при работе от входной сети 220 В 50Гц и колебаниях напряжения происходит автоматическое переключение отводов трансформатора бустера и на выходе ИБП поддерживается напряжение с точностью $\pm 10\%$.

При пропадании напряжения на входе и перехода ИБП на работу от аккумуляторных батарей переключатель переходит в нижнее положение и питание нагрузки происходит выходным напряжением инвертора. При этом напряжение на выходе инвертора имеет синусоидальную форму (на выходе

инвертора ИБП off-line — прямоугольная), и оно стабилизировано по величине (точность стабилизации 1 - 3%).

Однако наличие контактных переключателей и низковольтного инвертора не позволило ИБП класса off-line и line-interactive в массовом порядке перейти рубежи мощностей 3 - 6 kW.

Вместе с тем время шло, и аппаратура потребителей (ПЭВМ, РЭА и т.д.) требовала увеличения мощности и повышения качества напряжения электропитания.

С появлением соответствующей полупроводниковой элементной базы (транзисторов, тиристоров, и т.д.) появилась новая структура ИБП, которая получила название «on-line» или ИБП с двойным преобразованием. В них вся энергия, необходимая для нагрузки, дважды преобразуется на пути следования с входа к выходу. Первое - преобразование из переменного входного в постоянное напряжение заряда батареи и питания инвертора. Второе - постоянное напряжение питания инвертора преобразуется в синусоидальное стабилизированное выходное напряжение ИБП. Структурная схема ИБП, построенного по этому принципу, приведена на рис.3.

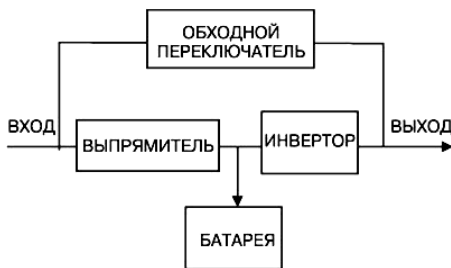


Рис.3.

В штатном режиме работы регулируемый выпрямитель обеспечивает поддержание на аккумуляторной батарее напряжения, необходимого для поддержания ее в заряженном состоянии. На входе инвертора - постоянное напряжение, равное напряжению на батарее. Можно сказать, что инвертор питается через аккумуляторную батарею. Инвертор, как уже говорилось, формирует на выходе синусоидальное, стабильное напряжение.

В случае пропадания входного напряжения переменного тока, инвертор продолжает питаться от аккумуляторной батареи и в его работе никаких изменений, как и в выходном напряжении ИБП, не происходит.

Таким образом, практически любые аварийные ситуации или возмущения во входных сетях переменного тока никак не сказываются на выходном напряжении ИБП класса on-line, а значит, и подключенной к нему нагрузке.

Дополнительным звеном ИБП является обходной переключатель. Его замыкание приводит к непосредственной передаче на выход входного отфильтрованного сетевого напряжения. Это необходимо в нескольких случаях.

Если при включении импульсной нагрузки кратковременные импульсные токи включения многократно превышают возможности инвертора. Замыкание обходного переключателя позволяет подать на это время дополнительную энергию непосредственно с входа.

При наличии двух входных сетей и подключения входа выпрямителя к первой, а обходного переключателя - ко второй. При выходе из строя первой сети и разряде аккумуляторной батареи обходной переключатель замыкается и подает на нагрузку напряжение от второй сети.

При аварии электронной преобразовательной части нагрузка продолжает получать электропитание через замкнутый обходной переключатель. Характерные примеры ИБП различных типов приведены в таблице.

Необходимо отметить, что здесь приведены типичные структурные схемы. В настоящее время, по мере развития полупроводниковых технологий, особенно в части мощных, высокочастотных приборов, появляются новые, чрезвычайно интересные схмотехнические и идеологические решения. В этом плане особенно интересными являются модели UPS PWA40 и Profile.

Таблица.

Производитель	Тип	Название	Мощность
FISKARS Power Systems (EXIDE Electronics)	off-line	PowerRite Plus (OneUPS)	250/400/600 W
	line-inter.	PowerRite Max (NetUPS)	450/700/1000/1500 W
	line-inter.	PowerRite Pro II (NetUPS SE)	1.0/1.5/2.0/3.0 kW
	on-line	PowerWorks A30 (Powerware Prestige)	0.6 - 6.0 kW
	on-line	PowerWorks A40 (Powerware Profile)	8 - 15 kW
APC	off-line	Back-UPS	250/400/600/900/1250 W
	line-inter.	Back-UPS Pro	280/420/650/1000/1400 W
	line-inter.	Smart-UPS	450/700/1000/1400/2200 W
	line-inter.	Smart-UPS v/s	420/650/1000/1400 W
	line-inter.	Smart-UPS RM	0.7 - 3.0 kW
	line-inter.	Matrix-UPS	до 5 kW
	on-line	не производится	

За счет высокочастотного преобразования мощности, быстродействующих п/п обходных ключей и развитого микропроцессорного управления резко сокращены габариты ИБП, но самое главное, реализована возможность программного включения/выключения принципиально нового экономичного режима работы.

Суть его в том, что при удовлетворительных параметрах входного сетевого напряжения питание нагрузки осуществляется через обходной ключ. Мощный быстродействующий процессор непрерывно анализирует параметры входной сети и при отклонении их без перерыва питания нагрузки подключает на выход ИБП напряжение с выхода инвертора, а ИБП переходит в стандартный режим «on-line».

Работа ИБП в экономичном режиме позволяет, с учетом кратковременных переходов в стандартный режим «on-line», получать КПД до 99%, чрезвычайно низкую тепловую выделяемую мощность и соответственно повышенную надежность ИБП.

Все управление режимами работы этими ИБП производится программно через порт PS232.

Необходимо одновременно отметить, что практически все ИБП, выпускаемые в настоящее время ведущими фирмами-производителями, независимо от типа оснащены микропроцессорным контролем, способны работать во взаимодействии с компьютерными сетями и отдельными компьютерами.

3. ОСНОВНЫЕ ТОПОЛОГИИ ИБП

3.1. Топология Standby (Off-Line)

Несмотря на изобилие различных схемных решений, в индустрии ИБП сложились некоторые типовые схемы построения (топологии) источников бесперебойного питания. На рис. 4 изображена структурная схема ИБП-off-Line.

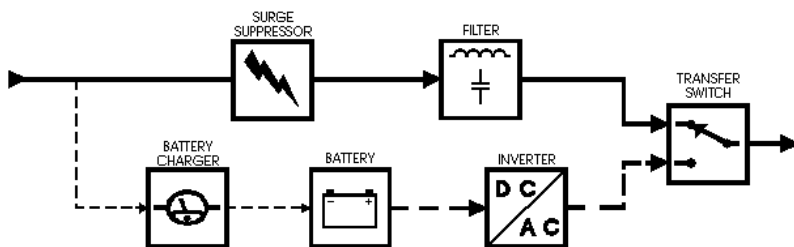


Рис. 4.

ИБП, построенные по данной схеме, нередко называют термином «Off-Line ИБП». В каждый конкретный момент времени он может находиться в

одном из 2 режимов работы - Stand-by или On-line. В случае, когда напряжение в сети находится в допустимых пределах (Standby mode), transfer switch переключен на протекание тока нагрузки по цепи «Surge suppressor - Filter». В этом режиме ИБП ничем не отличается от обыкновенного сетевого фильтра. Никакой стабилизации напряжения не происходит. Во время работы в этом режиме также происходит зарядка аккумуляторных батарей ИБП.

В случае выхода напряжения сети за допустимые пределы, transfer switch переключается на питание нагрузки по цепи «Battery - DC/AC inverter» (On-line mode), т.е. от энергии аккумуляторной батареи, преобразуемой инвертором в АС 220V. Так как переключение контактов и запуск инвертора не могут происходить мгновенно, питание нагрузки будет прервано на некоторое время (Transfer Time). Большинство Standby ИБП обеспечивают Transfer Time порядка 4-8 мс.

Особенность данной системы в том, что переключение в On-Line при выходе напряжения сети за допустимые пределы происходит немедленно, а возврат в Standby mode - с обязательной задержкой в несколько секунд. Иначе, при многократных бросках напряжения в сети, происходило бы непрерывное переключение Standby/On-Line и обратно, что привело бы к значительным искажениям тока нагрузки и возможному выходу ее из строя или к сбою в ее работе.

При этом следует учесть, что данная схема обычно не обладает возможностью стабилизации напряжения при работе в Standby mode и, следовательно, переходит в On-Line при каждом отклонении напряжения сети. Разряд аккумуляторной батареи происходит намного быстрее, чем обратный заряд. Мощность battery charger для данной схемы обычно выбирается сравнительно малой, и расхода энергии от батарей во время brownout не компенсирует. Следовательно, для применения в случае низкого качества питающей сети данная топология ИБП малоприменяема по двум причинам:

а) При частых переходах в On-Line батарея достаточно быстро разряжается, не успевая восстановить заряд за время Standby mode, в результате чего ИБП теряет способность обеспечить аварийное питание нагрузки в течение требуемого времени;

б) Частое повторение циклов разряд/заряд сокращает срок службы аккумуляторных батарей.

Тем не менее, по данной схеме построены многие широко распространенные дешевые ИБП 2..5-летней давности разработки (APC Back-UPS, Para Systems Minute Man A-series, Power Com UPS-600, Sendon UPS-500, Leadman LU-550 и т.п.) с мощностями от 0.2 до 1.5-2 kW.

Примечание: в списке продуктов American Power Conversion недавно появилась новая линия ИБП - Back-UPS AVR, обладающих возможностью ступенчатой стабилизации выходного напряжения (AVR - Automatic Voltage Regulator). Несмотря на название «Back-UPS», она относится к топологии Line-Interactive, а не Standby.

3.2. Топология Line-Interactive (Single Conversion)

В схеме, изображенной на рис. 5 инвертор всегда подсоединен к выходу ИБП и представляет собой сложный узел, на который возлагается задача стабилизации и фильтрации сетевого напряжения, слежения за его уровнем, контроля заряда батареи при нормальном напряжении сети (в моделях Smart-UPS) и перехода на батарейное питание при аварийных уровнях сетевого напряжения. Благодаря значительному диапазону стабилизации напряжения, эта схема способна работать в нормальном режиме при условиях, когда standby ИБП уже перешел бы на батарейное питание. Это делает данную схему наиболее пригодной для работы в электросети невысокого качества.

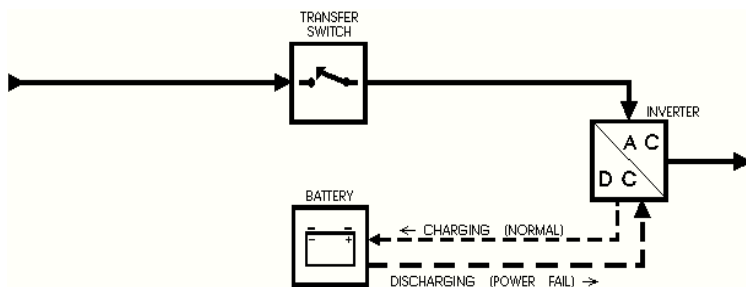


Рис. 5.

American Power Conversion, так расхваливает свои Smart-UPS. На самом деле «задача стабилизации» в них выполняется трансформатором, имеющим обмотку с коммутируемыми отводами, благодаря чему можно ступенчато менять коэффициент трансформации. В остальном принцип действия может не очень значительно отличаться от generic topology - разве что инвертор посложнее, чтобы приблизить выходное напряжение по форме к синусоиде.

Вообще-то Smart подразумевает под собой не только известную по Back Pro топологию line-interactive, но прежде всего более развитую систему команд, позволяющую более качественно и количественно оценивать параметры сети и состояние внутренних узлов ИБП, а также более гибко корректировать отклонения некоторых параметров в процессе работы.

По этой топологии построены многие ИБП среднего ценового класса (BEST Fortress, APC Smart-UPS и Back-UPS Pro, Neuhaus SmartLine и его прототип Fenton Power Pal, Power Com KING и т.п.). Типичный диапазон мощности - от 0.4 до 3kW.

3.3. Топология Standby/On-Line Hybrid

Отбор мощности от Standby DC/DC converter в этой топологии происходит только в случае обнаружения сбоя в питающем сетевом

напряжении - в остальное время он может быть либо выключен, либо работать «на холостом ходу».

Battery charger имеет относительно малую мощность, подобно Standby ИБП. В случае нормального сетевого напряжения, оно выпрямляется и фильтруется rectifier, после чего поступает на инвертор, преобразующий его обратно в AC 220V. Преимуществом этой схемы, как и «Double Conversion On-Line», является высокая стабильность выходного напряжения и минимальная длительность переходных процессов при сбоях напряжения в питающей сети. Фирмы-производители нередко декларируют такие ИБП как «On-Line», хотя это не полностью соответствует истине.

На рис. 6. изображена структурная схема ИБП.

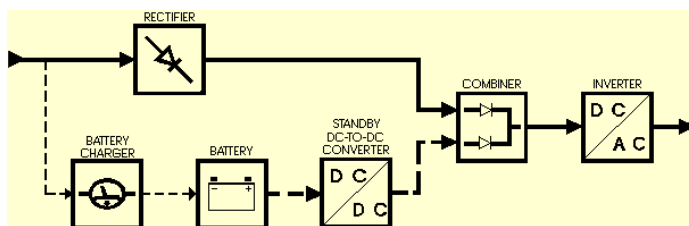


Рис. 6.

По этой схеме построены, в частности, такие ИБП, как «Unipower» фирмы Unison, «Personal Powerware» фирмы Exide и Powercom ONH-600. Типичный диапазон мощности для ИБП данной топологии - от 0.5 до 5 kW.

3.4. Топология Standby-Ferro

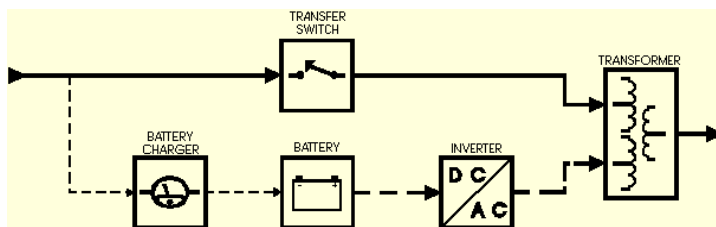


Рис. 7.

Структурная схема рис. 7. базируется на специальном трехобмоточном трансформаторе. При нормальном напряжении сети питание через transfer switch попадает на трансформатор, и через него к нагрузке. В случае отказа сети питание нагрузки осуществляется инвертором через другую обмотку, а transfer switch в это время разомкнут.

Инвертор запускается только тогда, когда обнаружен отказ сети и разомкнут transfer switch. Трансформатор в данной схеме работает также, как феррорезонансный стабилизатор напряжения, обеспечивая в ограниченных

пределах стабилизацию сетевого напряжения и сглаживание «ступенек», возникающих при работе инвертора.

Полная гальваническая развязка цепей нагрузки от питающей электросети обеспечивает лучшую защиту, чем любой возможный фильтр. Однако, феррорезонансный стабилизатор сам по себе вносит заметные искажения и переходные процессы, которые в некоторых случаях могут оказаться опаснее, чем исходные сбои питающей сети.

Едва ли не единственная серия широко известных ИБП, построенных по такой схеме - «FERRUPS» фирмы Best Power. Типичные мощности - от 0.5 до 18 kW.

3.5. Топология Double-Conversion On-Line (“True On-Line”)

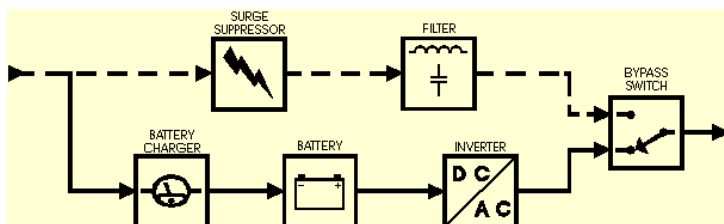


Рис. 8.

На первый взгляд топология ИБП, изображенная на рис. 8 похожа на Standby, но инвертор в ней работает непрерывно и переключений режима его работы при аварии питающего напряжения сети не происходит. При наличии питающего напряжения в сети мощность, потребляемая инвертором от батареи, полностью компенсируется мощным battery charger. Bypass switch обеспечивает подачу напряжения сети напрямую с входа на выход (в случае аварии инвертора или необходимости замены батарей «на ходу»).

Данная топология применяется в тех случаях, когда защищаемое оборудование очень критично к качеству питающего напряжения. Она обеспечивает наивысшую степень защиты оборудования.

Типичные мощности ИБП, строящихся по данной топологии - от 3-5 до 5000 kW. В то же время существуют и относительно маломощные системы бесперебойного питания (0.7-3 kW). На этом же принципе построены ИБП - например Prestige и Prestige-II фирмы Exide, Constant Power 3 фирмы Online Power, Liebert UPS Itation и др.

3.6. Топология Delta Conversion On-Line

На рис. 9 показана новая технология построения Line-Interactive ИБП, разработанная и запатентованная компанией Silcon Group (в настоящее время ставшей подразделением American Power Conversion), с использованием двух

независимо работающих инверторов. Первый инвертор (delta converter) обычно рассчитан примерно на 20% от выходной мощности ИБП и через трансформатор соединен последовательно с цепью питания нагрузки от электросети. Будучи синхронизированным с электросетью по частоте и фазе, он добавляет или вычитает вырабатываемое им напряжение (delta voltage) к сетевому, тем самым компенсируя отклонения выходного напряжения от номинала.

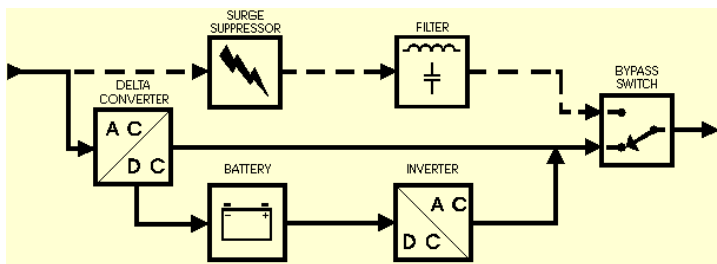


Рис. 9.

Кроме того, на delta converter возложены также функции PFC (Power Factor Correction) и управления зарядом батарей. Второй инвертор рассчитан на 100% выходной мощности ИБП и предназначен для питания нагрузки при работе от батарей. Bypass switch, как и в предыдущей топологии, обеспечивает непосредственное питание нагрузки от электросети в случае неисправности ИБП или его временного отключения при плановом обслуживании.

По мнению American Power Conversion, оптимальный диапазон мощностей для устройств такого типа - от 5 до 5000 kW. Следует отметить, что хотя данная топология позиционируется, как конкурент «True On-Line», она обладает рядом принципиальных недостатков:

1) Delta-conversion, как и другие Line-interactive ИБП, по принципу работы - система компенсационного типа. Это означает, что она может недостаточно эффективно демпфировать возникающие во входной питающей сети импульсные перенапряжения. Кроме того, она принципиально не способна стабилизировать частоту выходного питающего напряжения при отклонениях частоты входного - что может быть весьма существенным в дизель-генераторных системах резервного электропитания;

2) Низкий коэффициент гармонических искажений выходного напряжения у delta-conversion системы достигается с большим трудом, чем у ИБП «True On-Line». Причина - delta-converter добавляет к уже имеющимся искажениям входного питающего напряжения еще и свои собственные;

3) В мощных трехфазных ИБП при неравномерности нагрузки выхода по разным фазам «True On-Line» способен обеспечить хорошую балансировку нагрузки фаз входного фидера электропитания, т.к. его выходы отделены от входа звеном постоянного тока в виде трехфазного выпрямителя с подключенной аккумуляторной батареей. В delta-conversion системах

разделительное звено отсутствует, что может привести к неравномерной нагрузке фаз и токовой перегрузке нейтрального провода питающей электросети.

4. РЕАЛИЗАЦИЯ ИБП UPS ONH-600

4.1. Принципиальные схемы UPS ONH-600

Далее будут приведены различные фрагменты принципиальных схем ИБП, схема которого изображена на рис. 10. Каждый из таких фрагментов отражает один или несколько функциональных узлов устройства. Несмотря на это, возможно, потребуется изучить несколько фрагментов схемы сразу, чтобы понять взаимодействие между различными узлами. Каждому фрагменту схемы будет дан краткий комментарий, а также приведен общий перечень разъёмных соединений.

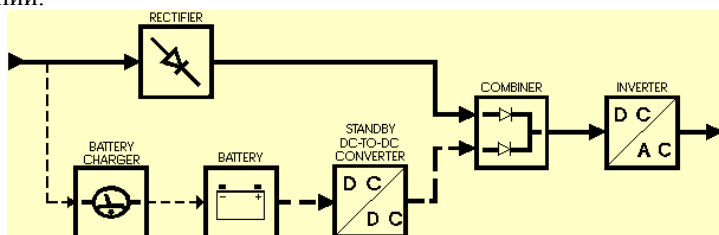


Рис. 10.

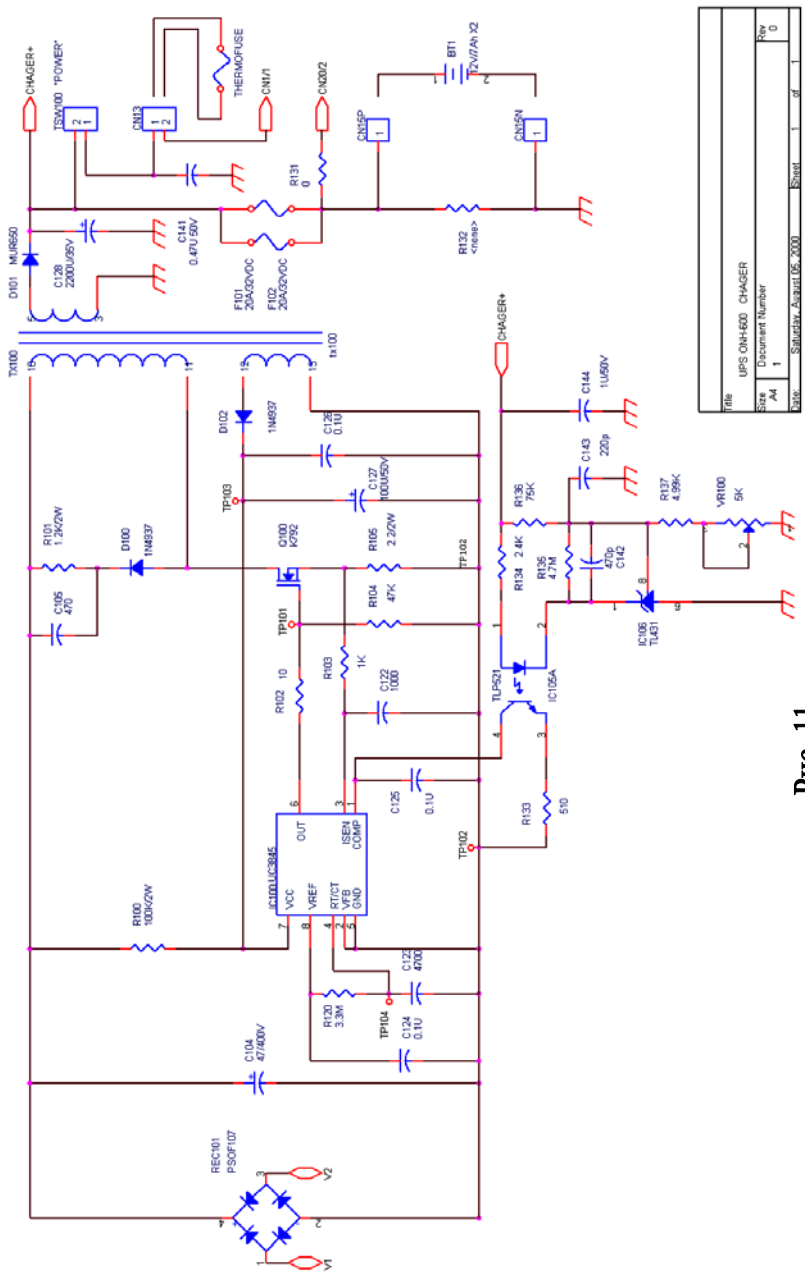
Фрагмент 1 изображен на рис. 11: Блок заряда батарей и поддержки низковольтного питания. Узел заряда батарей выполнен на интегральном ШИМ-контроллере UC3845 и практически полностью повторяет рекомендуемую производителем ИМС схему включения. Обратная связь по напряжению реализуется с помощью регулируемого стабилизатора IC106 и оптопары IC105. Переменный резистор VR100 позволяет установить максимальное выходное напряжение на клеммах аккумуляторных батарей равное рекомендуемому для окончания цикла заряда. Этот же узел обеспечивает подпитку платы автоматики во время работы ИБП от сети, поскольку указанная плата получает питание с цепей непосредственно связанных с клеммами батарей. Блок заряда начнет работать сразу после подключения ИБП к сети.

Фрагмент 2 изображен на рис. 12: DC-DC преобразователь и дополнительные схемы запуска ИБП и питания отдельных узлов. DC-DC преобразователь выполнен на интегральном ШИМ-контроллере UC3525. Он работает на высокой частоте (100кГц), что позволило сделать силовой трансформатор весьма компактным и разместить его непосредственно на печатной плате. Этот преобразователь является «сердцем» ИБП и его запуск осуществляется непосредственно после включения выключателя на передней панели ИБП. При этом, на плату автоматики начинает поступать по CN20.3 стабилизированное IC104 напряжение +12В и она вырабатывает сигнал для обмотки реле RY102 по

CN20.5, которое, в свою очередь, подает питание на ШИМ UC3525 и его вывод 8 «Soft start» по CN20.4 (через драйвер платы автоматики управляемый по CN1.2). Силовые ключи DC-DC преобразователя (Q101-Q104) нагружены на две первичные низковольтные обмотки ВЧ трансформатора TX101 (1-18 и 3-16), имеющего также группу вторичных обмоток. Силовая высоковольтная обмотка 7-8-9 подключена к смесителю выполненному на диодах D104-D107 и выпрямительном мосту REC100 (см. Фрагмент 3). Если на входе моста REC100 присутствует сетевое напряжение, то эта обмотка работает на холостом ходу, готовая мгновенно компенсировать отключение сетевого напряжения. Остальные низковольтные вторичные обмотки нагружены на четыре стабилизатора обеспечивающие гальванически развязанное питание для некоторых узлов ИБП.

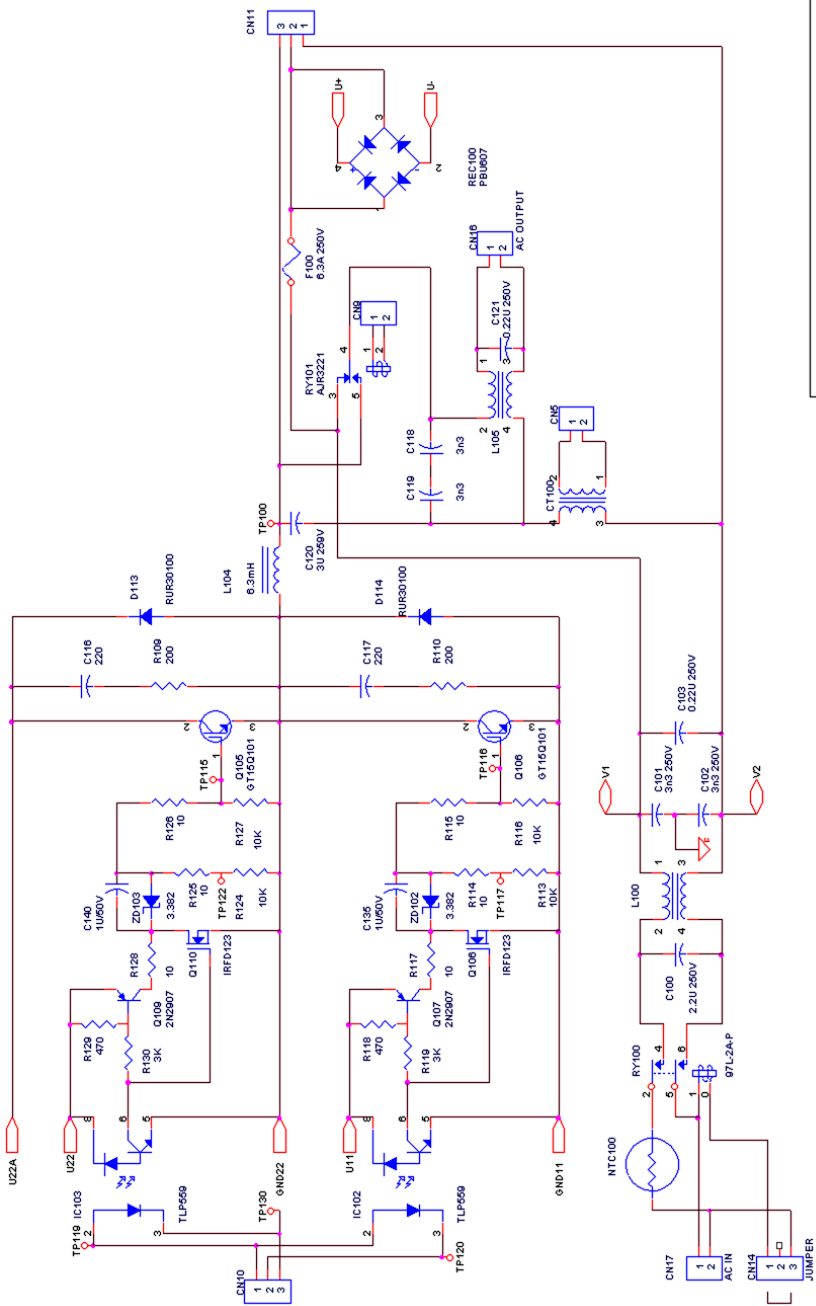
Фрагмент 3 изображен на рис. 13: DC-AC преобразователь (узел формирования синусоидального выходного напряжения) и схема байпаса. Рассматриваемый нами ИБП обеспечивает очень хорошее приближение формы выходного напряжения к синусоидальной. Это позволяют сделать два силовых ключа (Q105 и Q106) выполненные на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT) и работающие в линейном режиме. Их поочередным открытием управляют прямоугольные импульсы поступающие в противофазе с платы автоматики по CN10. Затем эти импульсы проходят цепи формирующие из них сигнал напоминающий по форме полупериод синусоиды и подаются на затворы Q105 и Q106. При холодном запуске ИБП требуется некоторое время, чтобы DC-DC и DC-AC преобразователи вышли на рабочий режим. При этом (как и при отключенной схеме ИБП) потребители получают питание по обходной, байпасной линии. Переключение между ней и выходом преобразователя осуществляет реле RY101. Оно управляется платой автоматики по CN9. Автоматика также следит за мощностью отдаваемой потребителям (с помощью трансформатора тока CT100 подключенного к CN5 и контроля напряжений по CN11). В случае превышения опасного уровня и регистрации перегрузки, она также принудительно отключает потребителей от преобразователя и переводит их на байпасное питание непосредственно от сети.

Фрагмент 4 изображен на рис. 14: DC-AC преобразователь (узел стабилизации выходного напряжения) Для обеспечения стабилизации сетевого напряжения и компенсации изменений связанных с постепенным разрядом батарей служит отдельный узел. Он состоит из двух плеч, каждое из которых отвечает за формируемые полупериоды своей полярности. Каждое плечо управляется своим ШИМ-контроллером выполненным на ИМС UC3842.



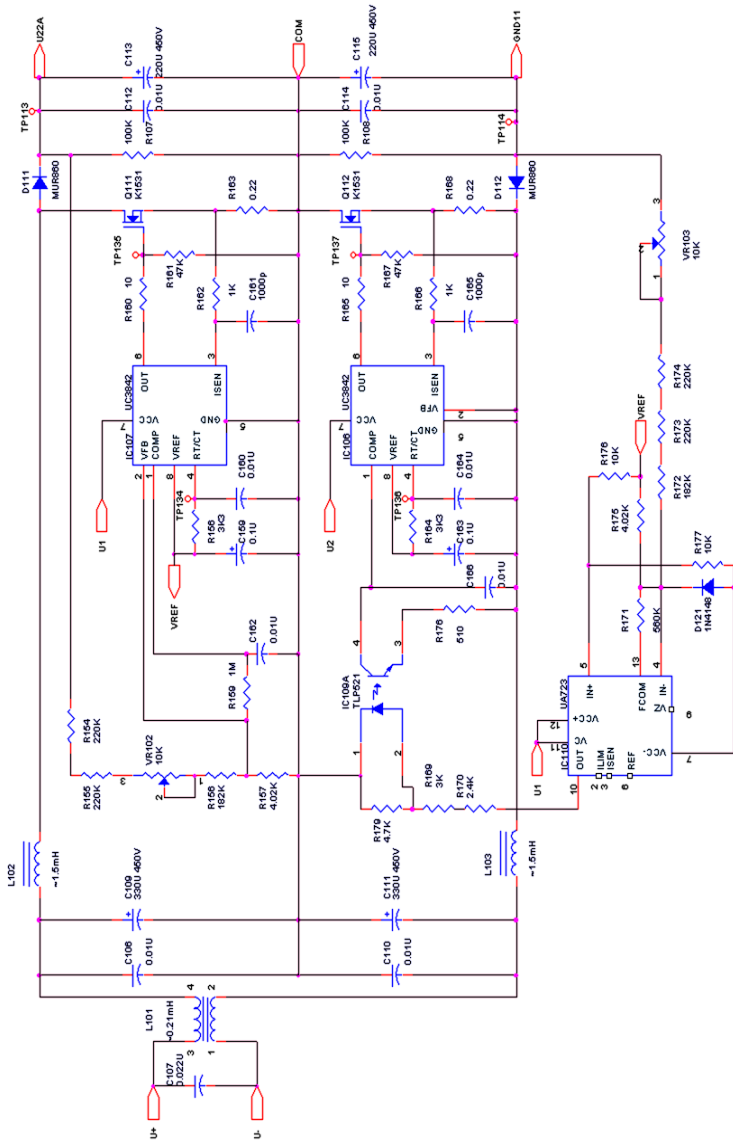
File	UPS ON-HOLD CHARGER
Size	Document Number
AA	1
Page	0
Sheet	1 of 1

Рис. 11.



Title		UPS ONH-000 SIN-WAVE FORMER
Sheet	Document Number	Rev
144	3	0
Date:	FILEV_AWA04.2000	Sheet 1 of 1

Рис. 13.



Title	UPS ONH400 BOOSTER
Size	Document Number:
Ad	4
Rev	0
Date	Елбэк, Август 04, 2000
Sheet	1 of 1

Рис. 14.

4.2. Перечень разъемов ONH-600 с кратким описанием их функций

CN1 - питание платы автоматики;
CN5 - на измеритель потребляемой мощности;
CN6, CN7 - на индикаторы режима работы;
CN9 - обмотка реле «Вурасс» управляемая платой автоматики;
CN10 - синхроимпульсы переключения плеч DC-AC преобразователя;
CN11 - тест входного/выходного напряжений;
CN12 - порт RS-232;
CN13 - термopредохранитель на радиаторе;
CN14 - перемычка (технологический выключатель);
CN16 - сетевой выход ИБП;
CN17 - сетевой вход ИБП;
CN20 - контроль питания и управление запуском преобразователя;
TSW100 - выключатель на лицевой панели.

4.3. Конструктивное исполнение и логика работы порта удаленного управления

UPS Powercom ONH-600 снабжен интерфейсом для удаленного контроля и управления. С помощью специального кабеля его можно подключить к порту RS-232 компьютера. Интерфейс работает в dumb-mode и обеспечивает лишь три необходимых для управления ИБП сигнальных линии. Для обеспечения безопасного сопряжения устройств порт выполнен гальванически развязанным от всей остальной схемы ИБП. Развязка осуществлена за счет использования трех транзисторных оптронов типа 4N35 (Z1-Z3), как показано на рис. 15.

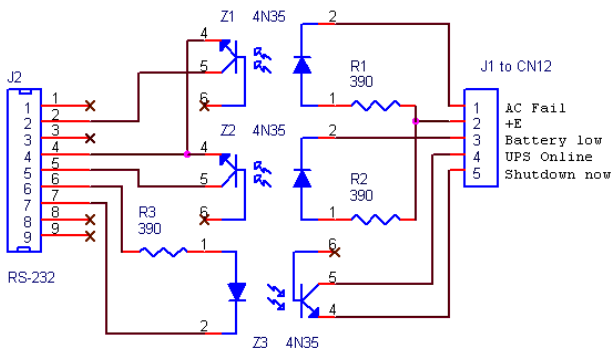


Рис. 15.

Сигнал высокого уровня на выводе J1.4 появляется сразу после включения ИБП. Уровень на выводе J1.5 анализируется только во время работы

ИБП от батарей. Выводы J1.1 и J1.3 замыкаются на землю автоматикой при возникновении соответствующего события. На вывод J1.2 подается постоянное питание.

Для подключения такого порта к стандартному порту RS-232 требуется специальный кабель. Внутри одного из разъемов такого кабеля необходимо смонтировать два резистора. Эти резисторы обеспечивают подтяжку двух контролируемых линий к высокому уровню.

При открытии фототранзистора оптопары, он замыкает сигнальную линию на землю, опуская этим уровень контролируемой линии. Таким образом две контролируемые линии (AC Fail и Battery Low) работают с инверсией, а одна из линий порта RS-232 используется в качестве питания и должна быть поднята программным обеспечением на протяжении всего мониторинга ИБП. В качестве сигнальных линий можно взять CTS и DCD, а для питания подтягивающих резисторов - DTR. Если при этом линия RTS будет использоваться для передачи сигнала «Shutdown pow», то можно воспользоваться приведенным на рисунке кабелем.

5. ON-LINE ИБП С ФАКТИЧЕСКИМ ТРОЙНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

Здесь будет подробно описан принцип работы ИБП серии Net Pro производства IMV. Так же подобный принцип реализован в ИБП Lan Pro, которые являются логическим продолжением серии Net Pro, и разработаны для централизованной защиты любых нагрузок. Серия Net Pro от 600 до 4000W не требует затрат и квалифицированного персонала для подключения, и проста в эксплуатации. В комплекте бесплатно идет полнофункциональное программное обеспечение удовлетворяющее самого требовательного пользователя. Модели от 2000W и выше имеют жидкокристаллическую панель, позволяющую реализовать мгновенный доступ к настройкам и контролю всех параметров ИБП (возможно блокировать изменение настроек).

На сегодняшний день ИБП Net Pro имеют достаточно доступную цену – 799\$ для конечного потребителя за ИБП 1000W, и значительно дешевле по сравнению с конкурирующими производителями, при том что спецификации конкурентов уступают по функциональным возможностям.

Итак, более полная информация о принципах функционирования источника бесперебойного питания серии Net Pro.

Все пояснения будут основаны на структурной схеме ИБП, представленной ниже и, которая имеется также в инструкции пользователя.

ИБП серии Net Pro является источником бесперебойного питания с постоянно функционирующим выходным инвертором, который вырабатывает напряжение переменного тока постоянной (стабильной отклонение не более 2% от номинала) амплитуды и (если функционирование байпаса запрещено) частоты, (функция отсутствующая у некоторых производителей On-Line ИБП,

однако она весьма необходима при стыковке ИБП с автономным источником питания, например генератором или в случаях с нестабильными параметрами питающей сети), которая, в свою очередь, не зависит от режима работы ИБП (от сети либо от батареи), а также от изменений параметров сетевого напряжения. Другими словами, ИБП серии Net Pro самостоятельно синтезирует выходное синусоидальное напряжение, используя при этом энергию сети либо энергию батарей.

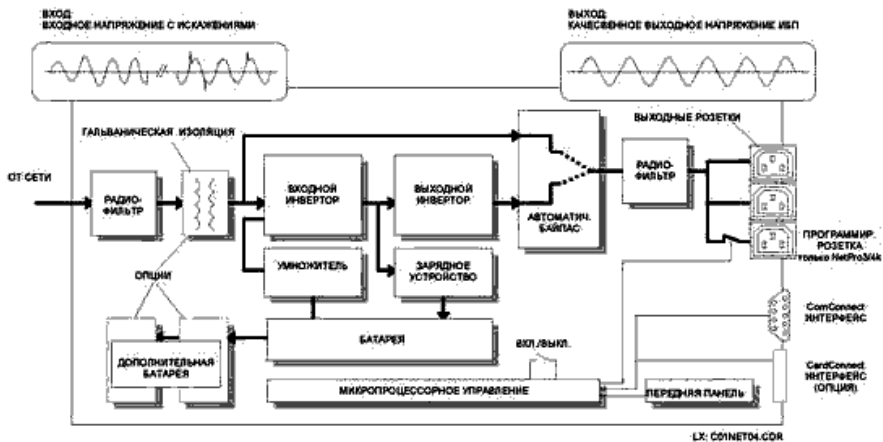


Рис. 16.

Помимо выходного инвертора, как видно из рис. 16, ИБП включает в себя еще три независимых преобразователя, а именно:

1) умножитель (другими словами – преобразователь напряжения батарей) предназначен для предварительного повышения напряжения батареи до уровня, необходимого для работы выходного инвертора;

2) зарядное устройство, по сути, предназначается не только для подзарядки батарей, но и служит в качестве источника питания внутренних цепей всего ИБП;

3) входной инвертор является неотъемлемой частью цепи преобразования энергии и, также как и выходной инвертор, функционирует постоянно. Роль данного преобразователя трудно переоценить, поскольку он выполняет несколько различных функций, а именно:

а) преобразует переменное напряжение сети в постоянное и сглаживает его;

б) преобразует постоянное напряжение после выпрямителя или поступившее с выхода умножителя в постоянное напряжение большей величины и стабилизирует его. Таким образом, на вход выходного инвертора поступает стабилизированное напряжение постоянного тока (при изменениях

токов нагрузки от 0 до максимального значения), из которого в дальнейшем и формируется синусоида;

в) обеспечивает $\cos\varphi$ по входу ИБП близким к 1 при нелинейной нагрузке на выходе ИБП, т.е. по отношению к сети ИБП ведет себя как активная нагрузка.

Более подробно: компьютер представляет собой нелинейную нагрузку (из-за импульсного блока питания с бестрансформаторным входом), форма потребляемых компьютером токов показана на рис. 17.



Рис.17.

На рис. 18 представлена диаграмма распределения амплитуд гармоник вплоть до 51 гармоники. Основная гармоника равна частоте сети в момент измерения тока.

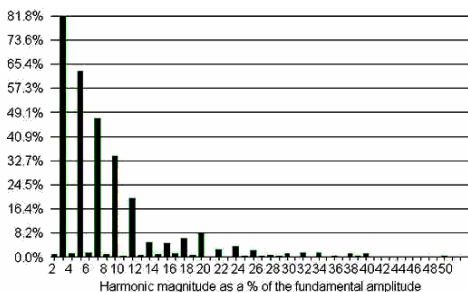


Рис. 18.

Аналогичные измерения проведены для входного тока ИБП Net Pro нагруженного на ту же нагрузку, осциллограмма и диаграмма распределения гармоник представлены на рис. 19.

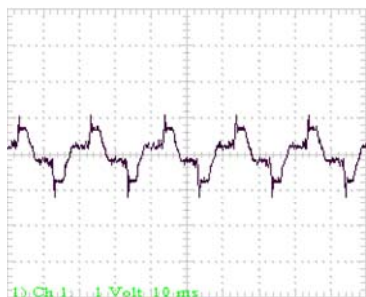


Рис. 19.

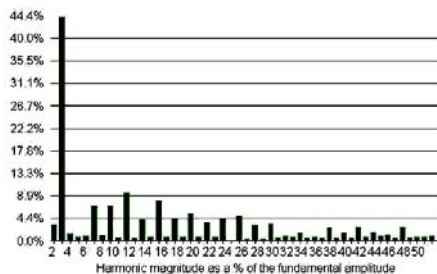


Рис. 20.

Как видно из представленных на рис. 20 диаграмм, амплитуды гармоник тока, потребляемого компьютером от сети значительно выше амплитуд аналогичных гармоник тока, потребляемого ИБП.

Все перечисленные выше преобразователи работают по принципу широтно-импульсной модуляции на частотах от 30кГц до 70кГц и включаются по команде микропроцессора.

Таким образом, энергия электрической сети прежде, чем попасть в нагрузку претерпевает тройное преобразование, причем дважды на высокой частоте (более 30кГц).

Попадание на вход ИБП повышенного напряжения либо выбросов напряжения исключено. И главное, ИБП серии Net Pro не может вызвать (либо стать причиной) выхода из строя питаемой нагрузки. Подобную отказоустойчивость даёт только архитектура On-Line с обводной шиной (байпас).

Для защиты ИБП от помех и перенапряжений на входе и выходе имеется достаточно мощный LC-фильтр (во многих моделях других производителей как On-Line, так и Line-interactive только варисторная линейка, которая не способна фильтровать помехи, так как варистор сам по себе не является фильтрующим элементом, а только лишь ограничивает перенапряжение), на плате которого установлена электрическая цепь с плавкой вставкой и варистором. В случае попадания на вход ИБП повышенного напряжения срабатывает варистор. Крест-фактор подобной системы до 6:1, в двух словах, это значит что ИБП способен работать с любыми типами нагрузок, как линейной, так и не линейной со 100% нагрузкой, и выдерживать пиковые токи не линейной нагрузки. То есть нет необходимости для нагрузки в 900-1000W выбирать источник с запасом по мощности, если устраивает время резервирования от батареи при полном отключении питания.

6.НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА РЫНКЕ ИБП

6.1. Принцип организации защиты потребителей от аварии

Нарастающая потребность и необходимость в качественном электропитании приводит к широкому использованию ИБП, как единственного средства для защиты компьютерной, теле- коммуникационной и др. техники от неполадок в системе электроснабжения, рис. 21.

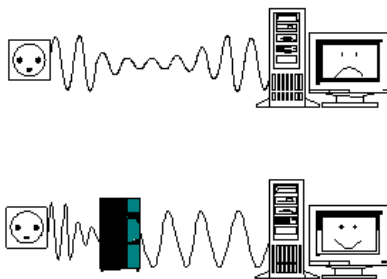


Рис. 21.

В настоящее время существуют три основные схемы построения ИБП: off-line, line-interactive и on-line, которые находят применение в зависимости от предъявленных к ИБП требований и условий их эксплуатации. В централизованных системах бесперебойного электропитания, когда прерывание подачи электроэнергии для работы большинства единиц оборудования, составляющих одну информационную или технологическую систему недопустимо, характерно применение мощных ИБП типа on-line со схемой двойного преобразования. Схема двойного преобразования является наиболее популярной и широко используемой многими производителями мощных ИБП и позволяет обеспечить пользователя электроэнергией высокого качества без отключений, высоковольтных помех, провалов, т. п.

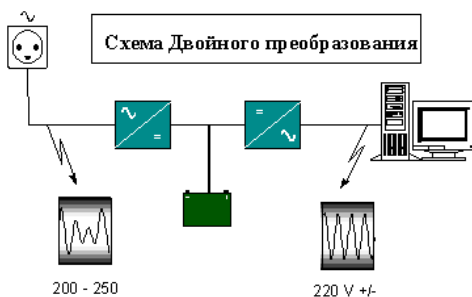


Рис.22.

Схема ИБП On-line типа содержит два преобразователя, как показано на рис. 22. Первый преобразователь превращает нестабильное входное напряжение в постоянное, а второй вырабатывает из постоянного, сглаженного и отфильтрованного напряжения переменное синусоидальное, которое непрерывно подается на нагрузку и не зависит от состояния питающей электросети. Если параметры входного напряжения выходят за допустимые пределы, то происходит переключение на питание от батареи без какой-либо задержки.

Мощные системы бесперебойного электропитания, работающие в режиме On-line, гарантируют защиту от большинства неисправностей на линиях питающей электросети, позволяют фильтровать помехи, обеспечивают на выходе чисто синусоидальное напряжение.

За многолетнюю историю существования технологии двойного преобразования были разработаны источники бесперебойного питания, имеющие повышенную надежность, гарантирующие высокое качество выходного напряжения и долговечность своей работы. За это время потери энергии на тепловыделение, объем и масса их сократилась в несколько раз. Ярким примером последних разработок в системах электропитания с двойным преобразованием является массив электропитания Symmetra производства APC.

Преимущества технологии двойного преобразования:

- защищаемое оборудование подключается к электросети с гарантированно высокими качественными параметрами независимо от режима работы ИБП и показателей качества электроэнергии во входной сети;
- защита от высоковольтных помех;
- полностью отсутствует время переключения с нормального режима работы на автономный и обратно.

6.2. SYMMETRA - воплощение новой концепции ИБП

Symmetra - массив электропитания, предназначенный для защиты групп серверов и критичных для бизнеса приложений. Symmetra предоставляет четыре главных преимущества по сравнению с традиционными ИБП: высокий уровень масштабируемости, избыточности, управляемости и удобства эксплуатации.

Symmetra, аналогично массиву дисков в отрасли хранения данных, представляет собой большой ИБП, состоящий из меньших модульных компонентов. Symmetra состоит из двух основных типов модулей: модулей-ИБП мощностью 4 kW и модулей-батарей. Модули каждого типа подключаются параллельно, распределяя между собой нагрузку. «Мозгом» системы является модуль Main Intelligence. В системе с избыточностью N+1 он дублируется модулем Redundant Intelligence. Масштабируемость массива обеспечивает защиту капиталовложений, так как позволяет расширить или перестроить конфигурацию, добавляя или удаляя модули. Возможность увеличения мощности позволяет наращивать систему при приобретении дополнительного оборудования.

В современных центрах данных для организации улучшенного доступа на серверах и дисках используется избыточность. В серверах применяется кластерная и зеркальная технологии, а устройства хранения используют RAID-технологии для обеспечения дублирования носителя в случае сбоя диска или ОЗУ. Symmetra обеспечивает избыточность класса N+1 или даже выше за счет добавления дополнительных модулей того или иного типа, что исключает риск сбоя системы. При такой избыточности, если один модуль удален или поврежден, то вся нагрузка немедленно и равномерно распределяется между оставшимися. В этом случае все звенья информационной системы (ИС), включая энергоснабжение, с избытком гарантируют максимальную надежность функционирования системы.

Symmetra - это первая система защиты средней мощности, разработанная специально для информационных систем и современных центров данных с возможностью дистанционного управления.

Можно приобрести массив питания Symmetra с мощностью от 4 до 16 кВт. Выбрав нужную конфигурацию, администратор сможет затем наращивать мощность или понижать ее, добавляя или удаляя модули. Если вам нужно защитить компьютерное оборудование или центр обработки данных - «умнее» и надежнее источника бесперебойного питания вам не найти. Symmetra - однофазный источник бесперебойного питания. Если же вам необходим трехфазный ИБП с высоким КПД обратите внимание на оборудование производства датской компании Silcon.

Увеличение КПД источника бесперебойного питания для многих производителей ИБП с традиционной схемой двойного преобразования становится первостепенной задачей. За последние несколько лет в области ИБП-технологий появилось много интересных технических решений. Эти новшества направлены на совершенствование существующей схемы двойного преобразования и позволяют получить большую производительность ИБП и низкие энергопотери.

Принципиально новый подход к решению проблемы минимизации потерь электроэнергии при сохранении принципа двойного преобразования предложила компания Silcon (Дания), недавно приобретенная APC. Основная идея заключается в следующем. Подобно волнам, существующими только на поверхности океана, в потоке электроэнергии присутствуют всевозможные помехи и искажения. Тогда, чтобы добиться ровной и чистой поверхности, нет смысла преобразовывать всю «массу» энергии, достаточно успокоить ее «верхний слой». Эта идея составляет основу нового принципа преобразования, который был назван «Дельта-преобразование» и запатентован компанией Silcon.

ИБП с технологией «Дельта-преобразование» работает в режиме On-Line, как схема с двойным преобразованием, но при этом он преобразует не всю электроэнергию, а только ее «зашумленную» и нестабильную часть, которая приводит к снижению ее качества.

Новая технология устраняет недостатки, присущие ИБП традиционного двойного преобразования и близка к идеальному решению принципов

преобразования тока, используемых в ИБП. Структура ИБП с «Дельта-преобразованием», из двух инверторов, выполненных по специальной 4-х квадрантной схеме и системы управления.

В идеальных условиях, когда параметры электросети соответствуют требованиям качества питания нагрузки (напряжение и ток соответствуют номиналу, отсутствуют всевозможные провалы, выбросы, помехи и шум) электроэнергия полностью передается в нагрузку, а не преобразуется дважды, как в ИБП с двойным преобразованием, в этом случае потерь на преобразование нет.

В реальной ситуации, когда параметры сети не идеальны, происходит традиционное двойное преобразование электроэнергии. Но система с «Дельта-преобразованием» намного «умнее», чем классическая схема двойного преобразования, так как преобразует не всю энергию, а только ту часть, которую необходимо. Так, например, при отклонениях входного напряжения на 15% , двойному преобразованию подвергнется только 15% электроэнергии. Если принять суммарные потери как в традиционном ИБП двойного преобразования равными 10%, то в схеме с «Дельта-преобразованием» энергопотери составят: $0,15 \times 10\% = 1,5\%$.

В случае аварии электросети, основной инвертор получает энергию от аккумуляторной батареи, и схема работает по тому же принципу, что при классическом двойном преобразовании.

Таким образом, ИБП с «Дельта-преобразованием» работает в режиме on-line, как традиционная схема двойного преобразования и имеет все присущее ей достоинства, но при этом обладает большим коэффициентом полезного действия (КПД источника равен 97%) и меньшими энергопотерями, как показано на рис. 23.

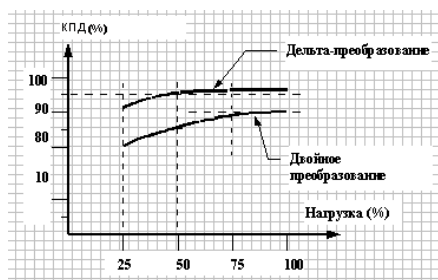


Рис. 23.

6.3. Увеличение входного коэффициента мощности

Как известно, в цепях переменного тока только при активной нагрузке напряжение и ток совпадают по фазе. Во всех остальных случаях существует фазовый сдвиг между током и напряжением. Из-за этого сдвига снижается

эффективность доставки электроэнергии, что приводит ее к дополнительным энергопотерям. Степень фазового сдвига измеряется коэффициентом мощности. Чем выше значение коэффициента мощности, тем меньше сдвиг по фазе между током и напряжением, а, следовательно, выше эффективность ИБП.

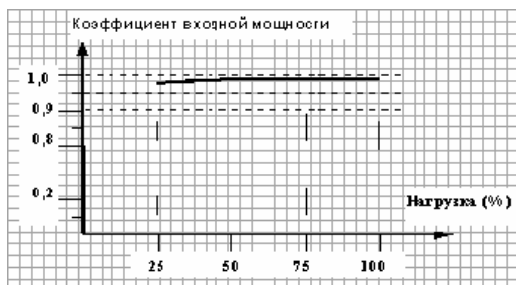


Рис. 24.

Особенностью новой технологии «Дельта-преобразование» является возможность передачи электроэнергии требуемой мощности от питающей сети к потребителю наиболее экономным способом. В ИБП с «Дельта-преобразованием» коэффициент мощности равен практически единице в широком диапазоне изменения нагрузки. Уникальное схемное решение, реализованное в новом ИБП, не требует применения дополнительных дорогих устройств, так как схема «Дельта-преобразование» не вносит дополнительную реактивную составляющую в электросеть, обеспечивает синфазность протекания тока и напряжения и равенство $kVA = kW$, как показано на рис. 24.

6.4. Уменьшение величины гармонических искажений в питающей сети

Следует отметить еще один важный момент, связанный с эксплуатацией ИБП. Это возрастающие требования по электромагнитной совместимости. Практически все электронное оборудование, в том числе и ИБП, является поставщиком гармонических помех, которые выбрасываются в электросеть и способны повредить электронное оборудование.

Новая технология «Дельта-преобразование» обеспечивает ИБП отличную электромагнитную совместимость с электросетью и не нарушает работу другого электронного оборудования, подключенного к этой сети. Гармонические искажения, вносимые в сеть, сведены практически к нулю, в силу того, что сама схема «Дельта-преобразование», выполняя свою основную функцию, второстепенно является двунаправленным фильтром. Благодаря передовым техническим решениям ИБП с «Дельта-преобразованием» не является источником генерации гармонических помех. Более того, новая технология

обеспечивает защиту электросети от нелинейных искажений, вносимых компьютерной нагрузкой на выходе ИБП.

6.5. ИБП с «Дельта-преобразованием»

Новая технология «Дельта-преобразование» впервые была реализована в ИБП производства компании Silcon. Новый ИБП сочетает в себе преимущества систем двойного преобразования и новые качества, появившиеся за счет технологии «Дельта-преобразование».

Что же дает эта технология пользователю ИБП с «Дельта-преобразованием»?

Во-первых, за счет высокого КПД ИБП имеет высокую эффективность. При эксплуатации такого ИБП происходит значительная экономия электроэнергии и средств.

Во-вторых, из-за низких потерь энергии ИБП с «Дельта-преобразованием» имеет гораздо меньшее тепловыделение и существенно более низкие затраты на систему кондиционирования помещений, где установлены ИБП.

В-третьих, ИБП с «Дельта-преобразованием» имеет прекрасную электромагнитную совместимость с электросетью и значительно лучше ослабляет гармоники тока, как со стороны входа, так и со стороны выхода.

Многочисленные испытания и тестирования ИБП с технологией «Дельта-преобразование» как за рубежом, так и в России (в лаборатории испытаний силовых электронных устройств и электрических аппаратов Московского Энергетического института (МЭИ)), подтвердили его декларируемые показатели и характеристики. ИБП, построенные по принципу «Дельта-преобразование», на сегодняшний день являются очень перспективными.

В заключении следует отметить, что дальнейшее развитие и совершенствование ИБП-технологий неизбежно, поскольку на сегодняшний день пока еще не создан источник бесперебойного питания, имеющий идеальные характеристики и полностью устраняющий недостатки присущие этому классу устройств.