Источник бесперебойного питания (ИБП) Uninterruptible Power Supply (UPS)



Устройство, использующее для аварийного питания нагрузки энергию аккумуляторных батарей. Их основной задачей является поддержание работоспособности критичной нагрузки в течение незначительного времени от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от ее мощности и емкости батарейного комплекта. Этого времени достаточно либо для устранения неполадок в линии электропередачи, либо для штатного отключения критичной нагрузки.

Дизель-генераторная установка (ДГУ), дизельная электростация (ДЭС)



ДГУ (ДЭС) — это устройства, состящие из дизельного двигателя и электрогенератора. Они обеспечивают автономное питание критичной нагрузки и предназначены для работы в качестве постоянных или резервных источников электроэнергии, способных функционировать в течение длительного периода времени (от нескольких часов до нескольких суток в зависимости от емкости топливного бака).

Качество сетевого электропитания и его неполадки

На территории Российской Федерации действует государственный стандарт ГОСТ 13109-97 («Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»), оценивающий качество элективной энергии (КЭ) по 10 показателям, основными из которых являются:

- напряжение 380 В (для трехфазных сетей) и 220 В (для однофазных), допустимое отклонение ±5%, предельно допустимое ±10%;
- частота 50 Гц , предельно допустимое отклонение частоты ±0.4 Гц;
- нормально допустимое значение коэффициента нелинейных искажений 6%, предельно допустимое — 20%.

К основным неполадкам сетевого электропитания относятся:

- полное пропадание напряжения в сети (авария в сети);
- долговременные и кратковременные проседания и всплески напряжения;
- высоковольтные импульсные помехи;
- высокочастотный шум;
- отклонение частоты за пределы допустимых значений.

Наиболее распространенным видом неполадок в больших городах являются долговременные проседания напряжения, а в сельской местности к ним добавляются аварии в электросети и высоковольтные импульсные помехи, вызванные атмосферным электричеством.

Критичная нагрузка (Critical Load)

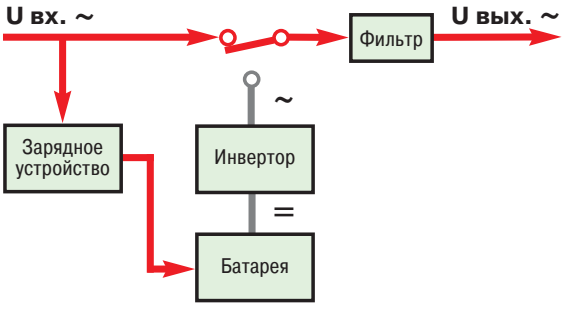
Нагрузка, чувствительная к неполадкам в электросети, грозящим выходом оборудования из строя, нарушением технологического процесса или утратой важной информации. Чтобы предотвратить подобные случаи, для питания такой нагрузки (файловых серверов, рабочих станций, персональных компьютеров, телекоммуникационного и офисного оборудования и др.) следует применять ИБП.

ИБП резервного типа (Off-Line или Standby)

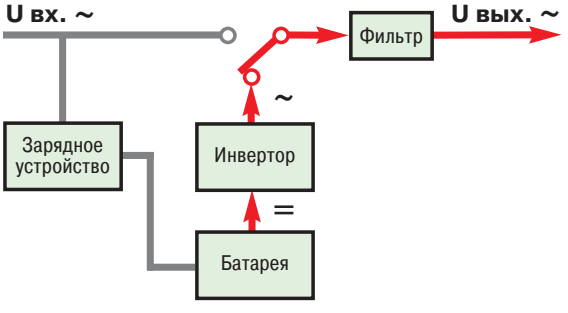
Источник бесперебойного питания, выполненный по схеме с коммутирующим устройством, которое в нормальном режиме работы обеспечивает подключение нагрузки непосредственно к внешней питающей электросети, а в автономном — переводит ее на питание от аккумуляторных батарей.

Достоинством ИБП резервного типа является его простота и невысокая стоимость, а недостатком — ненулевое время переключения (~4 мс) на батареи и более интенсивная эксплуатация аккумуляторов, так как устройство переходит в автономный режим при любых неполадках в электросети.

ИБП резервного типа, как правило, имеют небольшую мощность и применяются для обеспечения бесперебойного электропитания отдельных устройств (персональных компьютеров, рабочих станций, офисного оборудования) в районах с хорошим качеством электрической сети.



Off-Line (Standby)
(нормальный режим работы)



Off-Line (Standby)
(автономный режим работы)

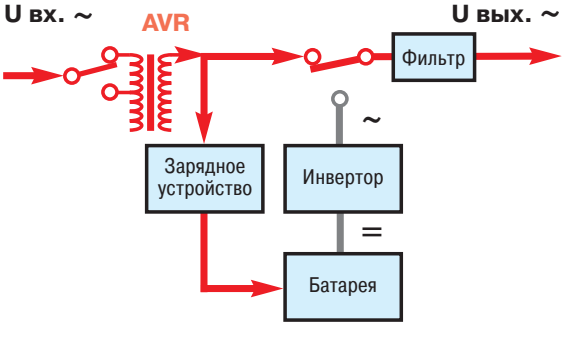
Линейно-интерактивный ИБП (Line-Interactive)

Источник бесперебойного питания, выполненный по схеме с коммутирующим устройством (Off-Line) и дополненной автоматическим регулятором напряжения (AVR) на основе автотрансформатора с переключаемыми обмотками (ступенчатым стабилизатором).

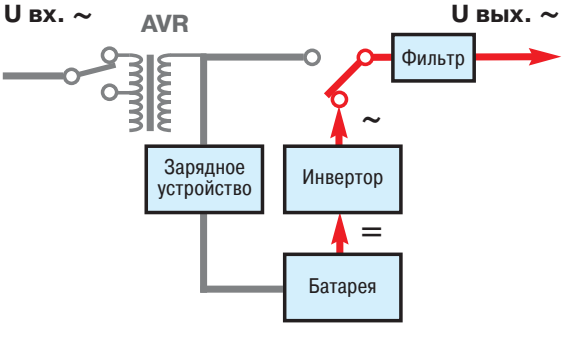
Основное преимущество линейно-интерактивного ИБП по сравнению с источником резервного типа заключается в том, что он способен обеспечить нормальное питание нагрузки при повышенном или пониженном напряжении электросети (наиболее распространенный вид неполадок в отечественных электросетях) без перехода в автономный режим. В итоге продлевается срок службы аккумуляторных батарей. Недостатком линейно-интерактивной схемы является ненулевое время переключения (~4 мс) нагрузки на питание от батарей.

По эффективности линейно-интерактивные ИБП занимают промежуточное положение между простыми и относительно дешевыми резервными источниками (Off-Line) и высокоэффективными, но дорогостоящими ИБП с двойным преобразованием энергии (On-Line). Как правило, линейно-интерактивные ИБП применяют для защиты персональных компьютеров, мониторов, рабочих станций, узлов локальных вычислительных сетей и прочего офисного оборудования.

Примеры ИБП со схемой Line-Interactive: Smart-Vision Prime / Lite / S, выпускаемые компанией N-Power.



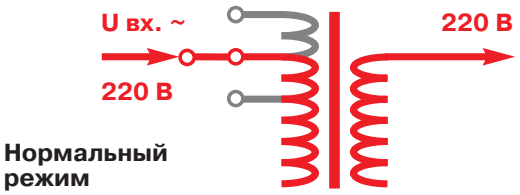
Line-Interactive
(нормальный режим работы)

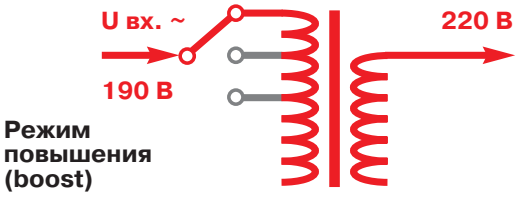


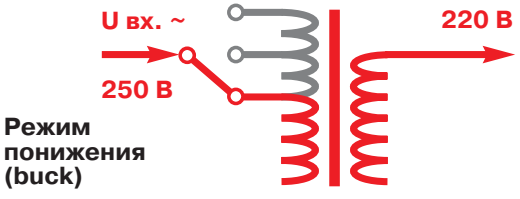
Line-Interactive
(автономный режим работы)

Автоматический регулятор напряжения Automatic Voltage Regulator (AVR)

Автоматический регулятор напряжения, построенный на основе автотрансформатора с переключаемыми обмотками (см. рисунки). Применяется в ИБП, собранных по линейно-интерактивной схеме, для ступенчатой корректировки входного напряжения в сторону его повышения (пониженное входное напряжение) или понижения (повышенное входное напряжение). AVR расширяет диапазон входных напряжений, при которых ИБП обеспечивает нормальное питание нагрузки без перехода в автономный режим работы. У ИБП серии Smart-Vision производства N-Power такой диапазон допустимого изменения входного напряжения составляет -27% и +22% от номинального значения 220 В.







ИБП с двойным преобразованием напряжения (On-Line)

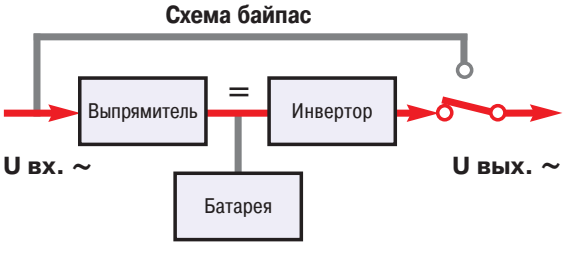
Схема On-Line подразумевает, что поступающее на вход ИБП переменное сетевое напряжение преобразуется выпрямителем в постоянное, а затем с помощью инвертора снова в переменное. Аккумуляторная батарея, постоянно включенная между выпрямителем и инвертором, питает последний в аварийном режиме.

Схема On-Line обеспечивает идеальное выходное напряжение при любых неполадках в электросети. Она характеризуется нулевым временем переключения из нормального режима в автономный и обратно без переходных процессов в выходном напряжении.

К недостаткам схемы On-Line относятся ее сравнительная сложность, более высокая стоимость, а также энергетические потери на двойном преобразовании напряжения.

Необходимо заметить, что защита таких устройств, как файловые серверы и телекоммуникационное оборудование, осуществляется только с использованием ИБП со схемой On-Line.

Примеры ИБП с двойным преобразованием (On-Line): Master-Vision, Pro-Vision, Power-Vision и Safe-Power Evo компании N-Power.



On-Line (нормальный режим работы)



On-Line (автономный режим работы)

Схема байпас (Bypass) — «обход»

Байпас — это режим питания нагрузки сетевым напряжением в обход основной схемы ИБП. Переход устройства в режим байпас может выполняться автоматически или вручную. ИБП со схемой On-Line автоматически переходят в режим байпас при перегрузке выходных цепей или при возникновении внутренних неисправностей. Таким образом, нагрузка защищается не только от сбоев в питающей электросети, но и от неполадок в самом ИБП. Возможность ручного перевода устройства в режим байпас предусмотрена на случай проведения его технического обслуживания без отключения нагрузки.

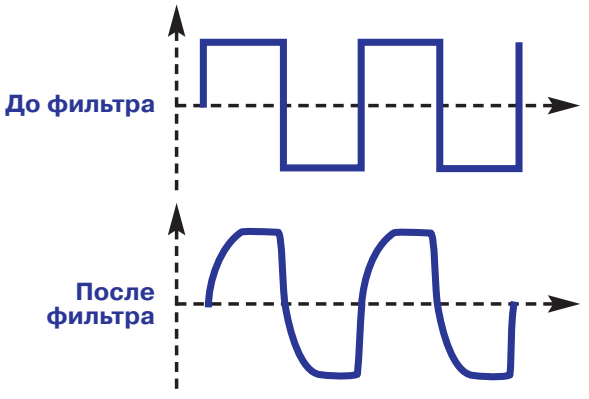


On-Line (режим работы байпас)

Инвертор (Invertor)

Устройство, преобразующее постоянное напряжение в переменное. В зависимости от используемого принципа преобразования различают три основных типа инверторов (см. рисунки): инверторы, генерирующие напряжение прямоугольной формы, инверторы с пошаговой аппроксимацией и инверторы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Последние обеспечивают наиболее близкую к гармонической форму выходного напряжения. Кроме того, манипулируя скважностью импульсов ШИМ-сигнала, «интеллектуальные» инверторы, применяемые в сериях Pro-Vision, Power-Vision и Safe-Power Evo компании N-Power, автоматически корректируют форму выходного напряжения при работе с нелинейной нагрузкой. Основными показателями эффективности работы инвертора являются:

- Перегрузочная способность.
- Коэффициент полезного действия (КПД).
- Допустимый крест-фактор нагрузки.
- Допустимый коэффициент мощности нагрузки.
- Качество выходного напряжения.

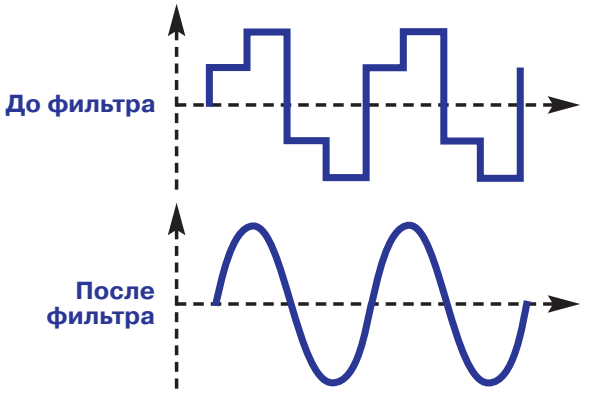


Форма напряжения на выходе инвертора, генерирующего прямоугольные импульсы

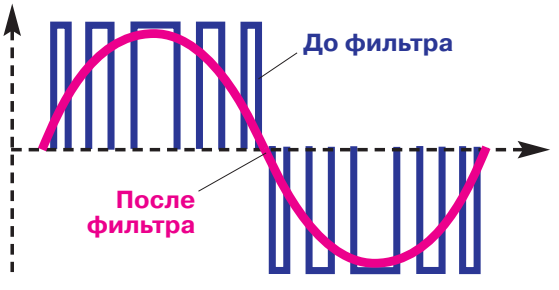
Выпрямитель (Rectifier)

Устройство, преобразующее переменное напряжение электросети в постоянное. Однофазные ИБП оснащаются 2- или 4-полупериодными выпрямителями, а трехфазные ИБП — 6-, 12- или 24-полупериодными. Существуют следующие основные типы выпрямителей:

- Диодный неуправляемый.
- Диодный индуктивный (улучшенный).
- Тиристорный управляемый (классический 6-полупериодный).
- Тиристорный управляемый составной индуктивный (12- или 24-полупериодный).
- На мощных полевых транзисторах (MOSFET) с активной коррекцией входного коэффициента мощности (APFC).
- IGBT-выпрямитель с активной коррекцией входного коэффициента мощности (APFC) и низким КНИ входного тока.
  Примечание: все типы выпрямителей (кроме диодного) обладают функцией активной (или пассивной) коррекции входного коэффициента мощности (APFC/PFC).



Форма напряжения на выходе инвертора с пошаговой аппроксимацией



Форма напряжения на выходе инвертора с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)

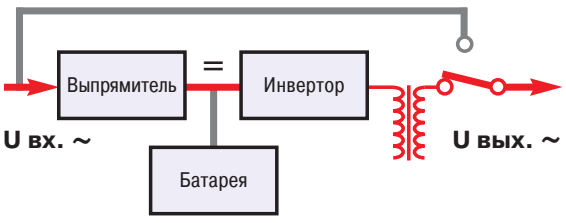
Коэффициент полезного действия (КПД)

Коэффициент полезного действия, определяемый как отношение выходной мощности устройства к потребляемой им от сети. Выпускаемые компанией N-Power ИБП с двойным преобразованием (On-Line) имеют достаточно высокие значения КПД, укладывающиеся в диапазон 90 ... 95%.

Нормальный и автономный режимы работы ИБП

Нормальный режим работы — нагрузка питается за счет энергии, отбираемой из электросети, а аккумуляторные батареи отключены и подзаряжаются.
Автономный режим работы — нагрузка питается энергией аккумуляторных батарей, преобразованной инвертором в переменное напряжение.

Классические ИБП с выходным изолирующим трансформатором



ИБП с выходным изолирующим трансформатором

Инверторы с выходным изолирующим трансформатором применяются в ИБП средней и большой мощности с двойным преобразованием напряжения (On-Line) и предназначенных для работы с широким перечнем нагрузок.

Основные преимущества:

- Возможность работы с нагрузками любых типов, имеющих различные коффициенты мощности.
- Стабильность выходных параметров как при статической, так и динамической нагрузке.
- Позволяет реализовать любую из известных питающих силовых схем (систем заземления): TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT.
- Гальваническая изоляция увеличивает помехозащищенность нагрузки как по фазам, так и по нейтрали. Исключается постоянная составляющая выходного напряжения.
- Возможность работы с нелинейной и импульсной нагрузкой за счет широкого диапазона допустимого крест-фактора и КНИ тока нагрузки.
- Возможность питания как любых однофазных, так и трехфазных нагрузок.
- В связи с использованием выходного трансформатора типа «треугольник-звезда» выходная нейтраль формируется заново и все фазные напряжения жестко балансируются.
- Возможность работы с несбалансированными до 100% трехфазными нагрузками типа «звезда» и «треугольник».

Основные недостатки:

- Большие габариты и вес по сравнению с бестрансформаторными.
- Более высокая стоимость.

Бестрансформаторные ИБП со схемой On-Line и преобразованием на высокой частоте

Бестрансформаторные инверторы применяются в ИБП средней и ограниченно большой мощности (не более 100 кВА … 200 кВА), построенных по схеме On-Line с двойным преобразованием напряжения. ИБП данного типа предназначены преимущественно для защиты компьютерного и прочего оборудования с импульсными источниками питания.

Основные преимущества бестрансформаторных схем:

- Малые габариты и вес.
- Относительно высокий КПД.

Основные недостатки бестрансформаторных схем:

- Ограниченный перечень нагрузок (для защиты компьютерного оборудования).
- Ниже перегрузочная способность и общая надежность ИБП.
- Не рекомендованы для работы с нестабильной и несбалансированной нагрузкой.

Входной изолирующий трансформатор

Трансформатор, включаемый во входную цепь ИБП для обеспечения гальванической развязки его внутренних узлов и входной электросети. Применяется во избежание короткого замыкания цепей ИБП, комплектуемого негерметичными аккумуляторными батареями с жидким электролитом, если существует вероятность его утечки. Также применяется при необходимости гальванической развязки цепи байпас, а также для преобразования силовой системы «треугольник» — «звезда».

Температурная компенсация зарядного тока батарей

Технология, применяемая ведущими производителями ИБП, в т.ч. компанией N-Power, для продления срока службы аккумуляторных батарей. Как известно, герметичные батареи крайне чувствительны к величине зарядного тока, оптимальное значение которого зависит от температуры окружающей среды. Технология температурной компенсации зарядного тока позволяет автоматически корректировать режим заряда батарей в соответствии с изменениями внешних условий и тем самым продлить жизненный цикл аккумуляторов в несколько раз.

Силовые схемы электропитания
Earthing Systems (системы заземления)

- TN-C — нейтраль и заземление совмещены в источнике напряжения и подаются в нагрузку единой шиной (глухозаземленная нейтраль).
- TN-S — раздельные шины заземления и нейтрали (самый распространенный и рекомендуемый в мире способ).
- TN-C-S — совмещенные в источнике напряжения нейтраль и заземление впоследствии были разделены на отдельные шины.
- TT — схема с глухозаземленной нейтралью (TN-C) и дополнительным локальным очагом заземления возле нагрузки.
- IT — схема с незаземленной нейтралью и локальным очагом заземления возле нагрузки (данный способ обеспечивает наивысшую степень защиты персонала и оборудования).

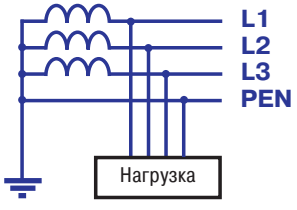


Схема TN-C

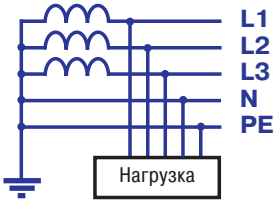


Схема TN-S

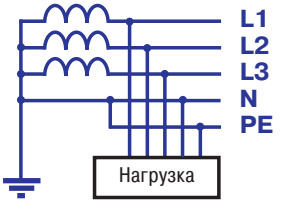


Схема TN-C-S

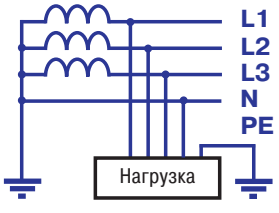


Схема TT

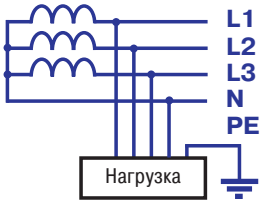


Схема TI

Коэффициент нелинейных искажений (КНИ)
Total Harmonic Distorsions (THD)

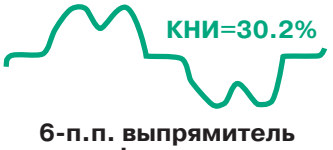
Показатель, характеризующий степень отличия формы сигнала от синусоидальной. В основном используется для измерения искажений формы входного или выходного тока (Current THD). КНИ равен отношению суммы мощностей высших гармоник сигнала к мощности его первой гармоники. Типовые значения КНИ:

- 0% — форма сигнала предсталяет собой идеальную синусоиду.
- 3% — форма сигнала отлична от синусоидальной, но искажения не заметны на глаз.
- 5% — отклонение формы сигнала от синусоидальной заметно на глаз по осциллограмме.
- 21% — например, сигнал трапецеидальной или ступенчатой формы.
- 43% — например, сигнал прямоугольной формы.

Примеры осциллограмм входного тока для некоторых других видов нагрузок:



6-п.п. выпрямитель без фильтра



6-п.п. выпрямитель с фильтром



6-п.п. выпрямитель с улучшенным фильтром



12-п.п. выпрямитель с улучшенным фильтром



Индуктивная нагрузка (электродвигатель)

K-фактор (K-Factor)

K-фактор, как и КНИ тока, характеризует нелинейность нагрузки, т.е. количество гармонических искажений, вносимых потребителем в электросеть. В отличие от КНИ при вычислении K-фактора большее значение имеют высшие гармоники тока, вызывающие тепловые потери в силовых трансформаторах. Фактически K-фактор — это коэффициент увеличения потерь в трансформаторе за счет нелинейности нагрузки.
Существуют специализированные трансформаторы, позволяющие работать при повышенных K-факторах нагрузки. Они являются более эффективными и безопасными и рекомендованы для использования на ответственных объектах.
Примеры: K=1 (стандартный трансформатор); K=4 ... 20 (улучшенные трансформаторы).

THD-фильтр

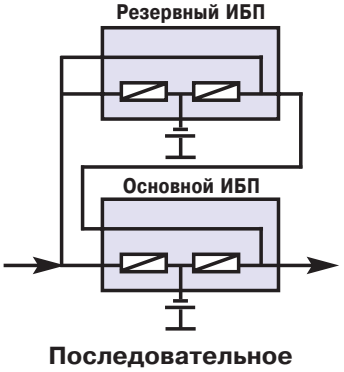
Устройство, устанавливаемое во входной цепи ИБП для уменьшения ее влияния на форму тока и напряжения в питающей электросети. Поскольку входным узлом любого мощного ИБП, построенного по схеме с двойным преобразованием (On-Line), является выпрямитель (нелинейный и потребляющий большой импульсный ток элемент), такой ИБП становится причиной «загрязнения» электросети. Применение THD-фильтра позволяет существенно ослабить подобное «загрязнение».

Мощные системы бесперебойного питания серий Safe-Power Evo компании N-Power комплектуются фильтрами, уменьшающими КНИ входного тока до 5 ... 10%.

Последовательное резервирование

Техническое решение, направленное на повышение надежности системы питания нагрузки путем последовательного (каскадного) соединения нескольких ИБП, один из которых является основным, а другие — резервными (см. рисунок). Для соединения по такой схеме каждый ИБП должен иметь отдельный вход цепи байпас. В то время как основной ИБП питает нагрузку, резервные источники работают в холостом режиме, потребляя минимальную мощность. При возникновении признаков неисправности внутренних узлов основной ИБП переключается в режим байпас и всю нагрузку берет на себя следующий по схеме резервный источник.

ИБП, соединенные по схеме с последовательным резервированием, могут иметь собственные аккумуляторы или подключаться к единому для всех комплекту батарей для увеличения времени работы системы в автономном режиме. По такой схеме можно соединять устройства серий Power-Vision и Safe-Power Evo (UY) компании N-Power.



Последовательное резервирование

Параллельное резервирование, масштабирование системы

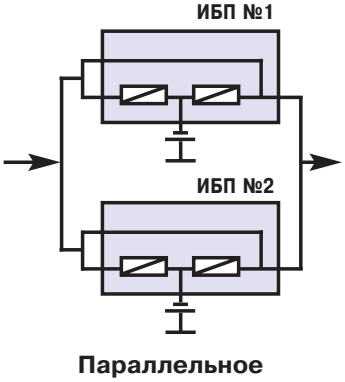
Техническое решение для повышение надежности (аппаратное резервирование) или для увеличение суммарной выходной мощности системы (масштабирование). Оно предусматривает параллельное соединение двух или нескольких одноранговых (одинаковых по мощности) ИБП по входу и выходу. Работоспособность такой системы обеспечивается специальной схемой фазовой синхронизации выходных напряжений.

Примеры обозначения параллельных систем:

- «1+1» — система из двух ИБП со 100% резервированием.
- «2+1» — система из трех модулей, один из которых (любой) является резервным (50% резервирование).
- «N+2» — система, состоящая из (N+2) модулей, два из которых (любые) являются избыточными.

При аппаратном резервировании нагрузка равномерно распределяется между всеми ИБП, а в случае выхода из строя одного из них перераспределяется между исправными устройствами.

В схеме с параллельным резервированием допускается применение как отдельных аккумуляторов для каждого ИБП, так и общего комплекта батарей. ИБП серий Master-Vision и Safe-Power Evo компании N-Power могут быть объединены в параллельную систему.



Параллельное резервирование (система 1+1)

Активная мощность

Полезная мощность, отбираемая нагрузкой, в том числе и ИБП, из электросети и преобразуемая в энергию любого иного вида (механическую, тепловую, электрическую, электромагнитную и др.). Вычисляется как усредненный по периоду сигнала определенный интеграл произведения мгновенных значений входного тока и напряжения. Единица измерения: Вт (ватт).

Полная мощность

Кажущаяся потребляемая нагрузкой (например, ИБП) суммарная мощность с учетом активной и реактивной ее составляющих, а также отклонения формы тока и напряжения от гармонической. Вычисляется как произведение среднеквадратичных значений входного тока и напряжения. Единица измерения: ВА (вольт х ампер).

Коэффициент мощности Power Factor (PF)

Комплексный показатель, характеризующий линейные и нелинейные искажения формы тока и напряжения в электросети, обусловленные влиянием нагрузки (например, ИБП). Вычисляется как отношение поглощаемой нагрузкой активной мощности к полной.

Типовые значения коэффициента мощности:

- 1 — идеальное значение.
- 0.9 — хороший показатель.
- 0.8 — типовая промышленная нагрузка.
- 0.7 — компьютерная нагрузка.
- 0.65 — двухполупериодный выпрямитель.

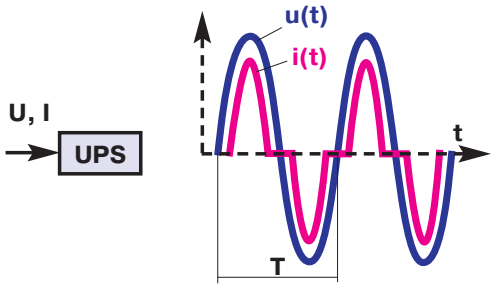
В случае линейной нагрузки коэффициент мощности равен косинусу угла сдвига между током и напряжением и в зависимости от характера нагрузки может носить емкостной или индуктивный характер.

В случае активной нелинейной нагрузки коэффициент мощности определяется отношением мощности первой гармоники тока к общей активной мощности, потребляемой нагрузкой.

Необходимо заметить, что реальная промышленная нагрузка является нелинейной и носит преимущественно емкостной характер (PF=0.8).

Крест-фактор нагрузки (Crest Factor, Cross Ratio)

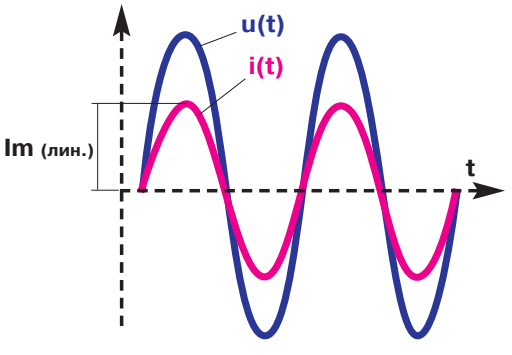
Показатель, характеризующий способность ИБП питать нелинейную нагрузку, потребляющую импульсный (нелинейный) ток. Определяется как отношение амплитуды импульсного тока в нелинейной нагрузке Im (нелин.) к амплитуде тока гармонической формы Im (лин.) при эквивалентной потребляемой мощности (см. рисунки). ИБП компании N-Power способны питать нелинейную нагрузку с крест-фактором до 3.5:1.



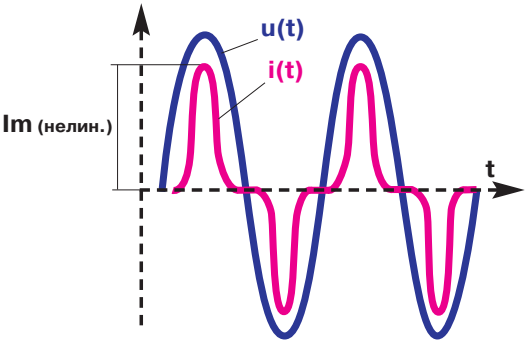
Активная мощность: $P=\frac{1}{T}\int_0^t (u \cdot i)\, dt$

Полная мощность: $S=U_{ср.кв.} \cdot I_{ср.кв.}$

Power Factor: $K=\frac{P}{S}$



Крест-фактор нагрузки. Форма напряжения и тока на линейной нагрузке



Крест-фактор нагрузки. Форма напряжения и тока на нелинейной нагрузке

$$\text{Crest Factor} = \frac{\text{Im (нелин.)}}{\text{Im (лин.)}}$$