

А. И. Бучинчик – ООО «Энергоком»

# Динамические источники бесперебойного питания

## компании PILLER Power Systems GmbH

**Д**инамические источники бесперебойного питания (ИБП) применяются для защиты потребителей от сбоев электропитания с 1970-х годов. Принцип работы простейшего динамического ИБП представлен на структурной схеме, приведенной на *рис. 1*.

Внешнее электропитание подается на синхронный электромотор, расположенный на одном валу с синхронным электрогенератором, с которого и снимается «чистое» синусоидальное напряжение. Время автономной работы такого ИБП определяется промежутком, в течение которого эта конструкция будет по инерции вращаться с требуемой частотой в заданных допустимых пределах. Это время можно увеличить, установив на валу массивный маховик.

К валу динамического ИБП через электромеханическую муфту сцепления может быть подключен дизельный двигатель. При наличии внешнего электропитания пластины сцепления находятся в разжатом состоянии, при его отсутствии – сжимаются под действием пружин, двигатель запускается и поддерживает вращение электрогенератора в автономном режиме.

В описанной структурной схеме бесперебойная работа ИБП поддерживается за счет кинетической энергии маховика. Возможно также решение, при котором вместо кинетической энергии используется энергия аккумуляторных батарей. В этом случае в состав ИБП входят выпрямитель, инвертор и статический ключ. Инвертор применяется для генерации переменного напряжения при работе от батарей, выпрямитель – для заряда батарей. Кроме того, при

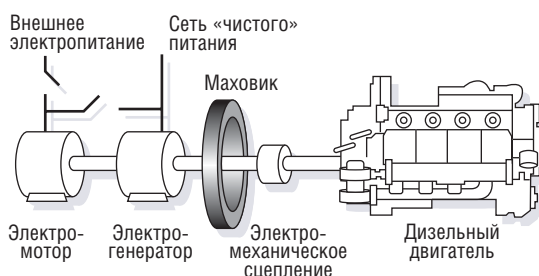
плохих характеристиках внешнего электропитания цепь «выпрямитель-инвертор» используется для двойного преобразования входного напряжения в необходимое для подачи на электромотор, чтобы получить на выходе электрогенератора «чистое» электропитание. Таким образом, осуществляется стабилизация выходного напряжения в широком диапазоне отклонений входного напряжения, а также увеличивается время автономной работы без применения дизеля. Если параметры входного напряжения позволяют выдавать выходное напряжение, генерируемое электрогенератором, с заданными характеристиками без двойного преобразования, то питание с входа поступает на электромотор через статический ключ, минуя выпрямитель и инвертор. При этом значительно увеличивается КПД динамического ИБП.

В компании PILLER разработан и реализован ряд инженерных решений, позволивших в значительной мере улучшить характеристики ИБП и избежать недостатков, которые свойственны описанным выше принципам построения простейших динамических устройств. Основным блоком ИБП PILLER является запатентованная электрическая машина Uniblock (*рис. 2*). Это двоякая синхронная машина, в которой обмотки электромотора и электрогенератора находятся в одном статоре. Такая конструкция имеет компактные размеры и сравнительно малое расстояние между подшипниками.

Выходное напряжение при любой нагрузке поддерживается постоянным с помощью подстройки постоянного тока возбуждения. Передача энергии на обмотки возбуждения происходит по бесщеточной технологии, т.е. без скользящих контактов, которые обычно быстро изнашиваются.

Передача «паразитных» гармоник с одной обмотки Uniblock на другую эффективно подавляется демпфирующими обмотками, в результате несинусоидальный ток инвертора на одной обмотке не влияет на чистую синусоидальную форму тока на другой обмотке. Структурная схема ИБП PILLER UB R, построенного на базе электрической

➔ *Рис. 1.*  
Структурная схема простейшего динамического ИБП



кой машины Uniblock и использующего аккумуляторные батареи, приведена на *рис. 3*.

Динамический ИБП PILLER UB R имеет следующие преимущества:

- обеспечивает нормальную работу при 100%-м перекосе фаз нагрузки;
- единственный ИБП обеспечивает «чистое» электропитание активной и реактивной нагрузки мощностью от 150 до 1100 кВА (т.е. для питания нагрузки большой мощности нет необходимости применять параллельное включение ИБП, требующее специальной настройки);
- отсутствуют проблемы, связанные с ограниченной мощностью силовых полупроводниковых элементов;
- осуществляется гальваническая развязка входа и выхода ИБП;
- выдерживает отклонение входного напряжения до уровня  $-20\%$  без перехода в автономный режим работы;
- обеспечивается возможность питания нагрузки с большой реактивной мощностью, поскольку крест-фактор ИБП практически не ограничен;
- возможно наращивание мощности ИБП посредством их параллельного включения;
- применяется резервируемое микропроцессорное управление всеми блоками системы. Цифровая настройка параметров ИБП осуществляется с пульта управления или с помощью программного обеспечения;
- за счет применения динамического блока вместо статических силовых полупроводников срок службы ИБП составляет более 20 лет;
- электрическая машина мотор/генератор поглощает высшие гармоники, реактивные и пусковые токи нагрузки.

Кроме того, ИБП PILLER UB R выдерживает на выходе токи короткого замыкания, в 14 раз превышающие номинальный ток, обеспечивая тем самым важнейший для промышленных систем принцип селективности и оперативности блокировки неисправной нагрузки при сохранении стабильных выходных параметров ИБП. Отработка 14-кратных токовых перегрузок позволяет защитить нагрузку и не переключаться на обходную линию при перегрузке. Значительно снижается вероятность выхода из строя ИБП по причине перегрузки, так как увеличивается вероятность срабатывания защитных устройств.

Специалисты компании усовершенствовали конструкцию динамического ИБП, использующего накопитель кинетической энергии – маховик. С этой целью был разработан накопитель Powerbridge (*рис. 4*), который является комбинацией маховика и электрической машины и имеет сопряжение с ИБП не механическое, а электрическое.

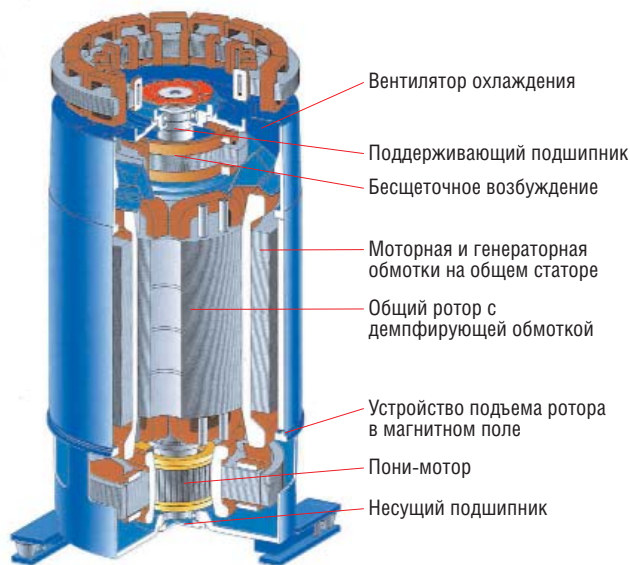


Рис. 2. Синхронная электрическая машина Uniblock

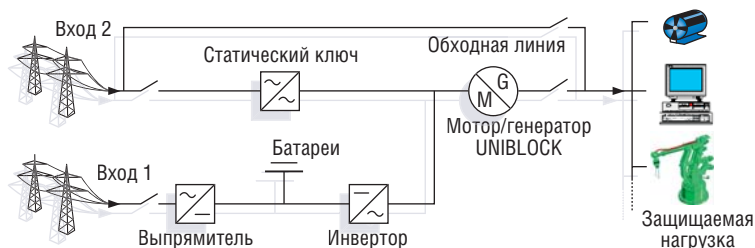


Рис. 3. Структурная схема ИБП PILLER UB R

Функцию накопителя выполняет стальной маховик с частотой вращения 3600 об/мин, поэтому отпадает необходимость вращения в глубоком вакууме. Но неглубокий вакуум или наполнение гелием используется для существенного уменьшения потерь, вызванных трением.

Из-за низкой частоты вращения также нет необходимости удерживать маховик магнитным полем (как при большой частоте вращения). Тем не менее, поддержка магнитным полем применяется для уменьшения трения, что позволяет использовать обычные подшипники. Это способствует также увеличению межремонтных интервалов и срока службы подшипников.

На общей оси с маховиком размещена синхронная электрическая машина, которая преобразует электрическую энергию в кинетическую и обратно.

Блок Powerbridge сопрягается с ИБП посредством двунаправленного электрического тиристорного преобразователя. В нормальном режиме работы электроэнергия входной сети с постоянной частотой преобразуется в энергию той частоты, которая необходима для раскручивания («заряда») и поддержания вращения маховика. В автономном режиме Powerbridge «разряжается», и снимаемая с него электрическая энергия поступает с убывающей частотой на преобразователь в обратном направлении, преобразуясь в энергию постоянной частоты,

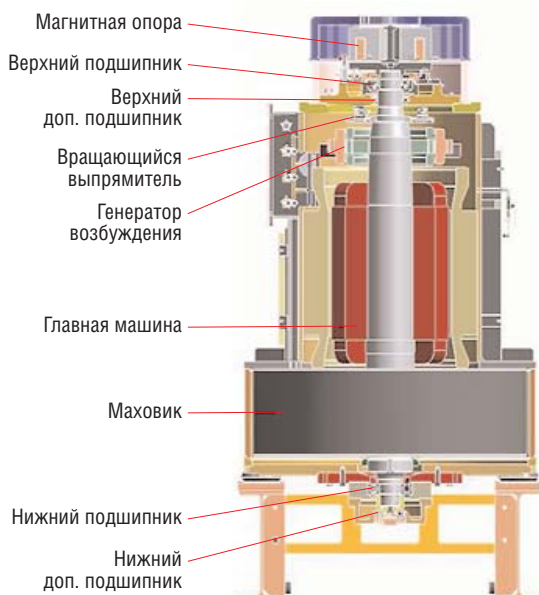


Рис. 4. Накопитель кинетической энергии Powerbridge

необходимую для стабильного вращения электрической машины Uniblock.

По сравнению с маховиком, расположенным на валу электрогенератора, время автономной работы Powerbridge более продолжительное. Это обусловлено тем, что заданная частота вращения электрогенератора поддерживается с помощью преобразователя в гораздо большем диапазоне частоты вращения маховика.

Поскольку при резервировании энергии на маховике Powerbridge аккумуляторные батареи не используются, то выпрямитель и инвертор перестают быть обязательными составными частями ИБП. При этом возникает возможность создания источника питания, в котором входное напряжение может регулироваться без использования цепи «выпрямитель-инвертор». С этой целью был разработан динамический ИБП без применения технологии двойного преобразования – PILLER UB T, работающий по технологии line-interactive (рис. 5). Диапазон его единичной мощности 420...1670 кВА.

Для стабилизации выходного напряжения в ИБП PILLER UB T используется передаточный трансформатор, подключенный к входной сети электропитания, выходной сети бесперебойного питания и к электрической машине Uniblock. Передаточный трансформатор соединяет сеть

электропитания и сеть бесперебойного питания, обеспечивая их развязку. С его помощью можно увеличить диапазон напряжений в сетях и регулировать выходное напряжение с использованием Uniblock.

Специальная конструкция передаточного трансформатора создает высокий уровень разделения входной и выходной сети. Трансформатор блокирует влияние гармонических искажений и кратковременных сбоев со стороны входной на выходную сеть и наоборот. При коротком замыкании и соответствующем увеличении тока просадка напряжения компенсируется с помощью синхронной машины Uniblock. Передаточный трансформатор имеет дополнительную функцию подавления искажения напряжения, возникающего из-за наличия «паразитных» гармоник во входной сети. На выходе получается практически идеальное синусоидальное напряжение. В то же время передаточный трансформатор препятствует воздействию «паразитных» гармоник выходного тока на вход, поэтому входной ток всегда имеет синусоидальную форму.

В динамических ИБП PILLER был усовершенствован также и принцип подключения дизельного двигателя. Вместо жесткого, практически ударного сцепления используется обгонная муфта. Она соединяет валы дизельного двигателя и машины Uniblock. Муфта устроена таким образом, что вал Uniblock не может вращаться медленнее вала дизельного двигателя. При остановленном двигателе вал машины свободно вращается, после запуска частота вращения вала двигателя плавно «догоняет» частоту вращения вала Uniblock и поддерживает ее на постоянном уровне – 1500 об/мин. Структурная схема PILLER UB TD приведена на рис. 6.

Дизельный двигатель ИБП PILLER UB TD, в отличие от простейшего динамического ИБП, запускается не во всех случаях, когда пропадает внешнее электропитание, а только тогда, когда достигается заданный уровень «разряда» маховика Powerbridge. Кроме того, запуск двигателя и выход на рабочий режим производится более мягко, при этом уменьшается износ муфты сцепления и самого двигателя.

Рис. 5. Структурная схема ИБП PILLER UB T с блоком Powerbridge

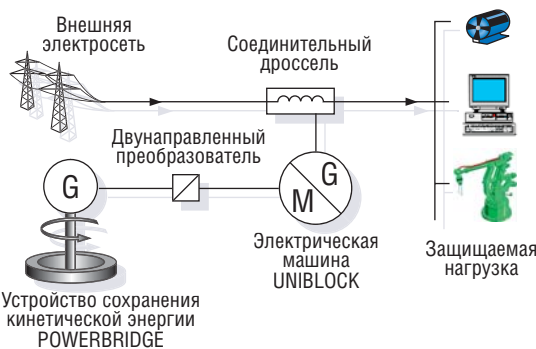
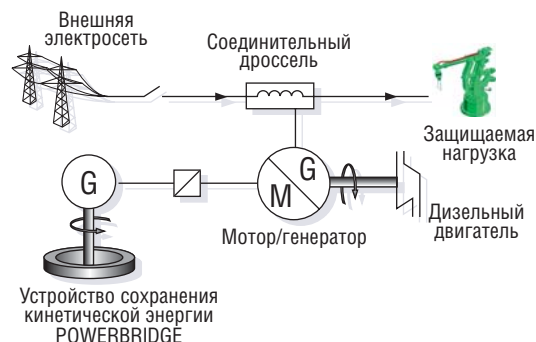


Рис. 6. Структурная схема PILLER UB TD с блоком Powerbridge



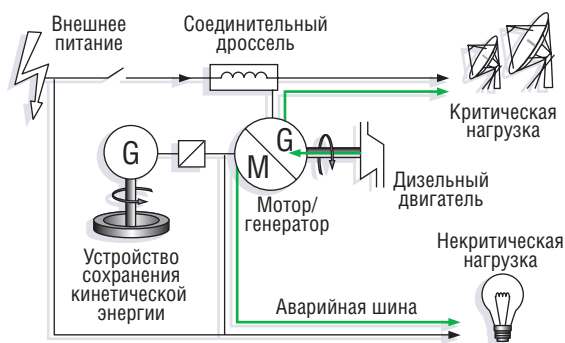


Рис. 7. Структурная схема ИБП PILLER UB TDE

При вращении машины Uniblock от дизельного двигателя электромотор становится электрогенератором, и при соответствующем увеличении мощности двигателя с него можно снимать ту же мощность, что и с электрогенератора Uniblock. Вырабатываемое электромотором напряжение подается в аварийную шину питания. Динамический ИБП, использующий это свойство электромотора, называется UB TDE (рис. 7). Режим работы ИБП UB TDE показан на рис. 8.

Таким образом, ИБП PILLER UB TDE кроме бесперебойного питания критической нагрузки обеспечивает гарантированное питание не критической нагрузки той же мощности, без сопряжения с генераторными установками и соответствующим коммутирующим оборудованием.

Динамический ИБП, оснащенный дизельным двигателем, называют также «дизельный ИБП». Дизельный ИБП PILLER UB TD обладает следующими основными достоинствами:

- имеет высокий КПД – до 95,5 % (что важно при больших мощностях);
- не требует постоянного контроля за состоянием аккумуляторных батарей, а также их регулярной замены;
- единственный ИБП обеспечивает «чистое» электропитание активной и реактивной нагрузки мощностью от 420 до 1670 кВА;
- среднее время наработки на отказ (MTBF) составляет 1 380 000 часов;

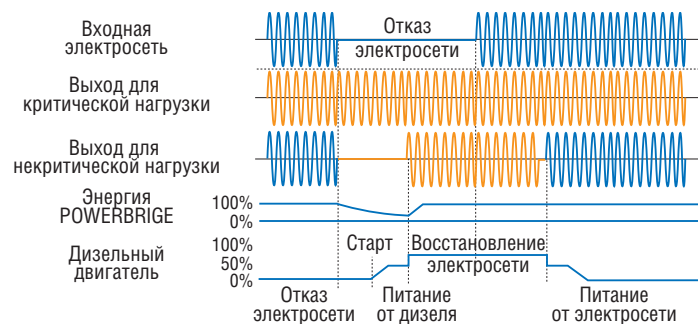


Рис. 8. Режим работы ИБП UB TDE

- в связи с отсутствием батарей снижаются требования к условиям микроклимата помещений;
- более эффективно используется мощность дизельного двигателя по сравнению с комбинацией «ИБП - дизель-генератор»;
- гармонические искажения входного тока составляют менее 2%.

Используя опыт реализации проектов электроснабжения предприятий в различных странах, модельный ряд динамических ИБП PILLER дополнили моделью UB T с резервированием энергии в аккумуляторных батареях. Эта модель, по сравнению с модификацией с блоком Powerbridge, имеет большее время автономной работы без использования дизельного двигателя. При этом UB T с аккумуляторными батареями, как и UB T с Powerbridge, имеет низкий коэффициент искажений входного тока, высокий КПД и почти равный единице фактор мощности, что является большим преимуществом для систем большой мощности.

Модификации динамических ИБП, выпускаемые в настоящее время PILLER Power Systems GmbH, представлены в таблице.

**Представителем PILLER в России – ООО «Энергоком»**  
**Тел./факс: +7 (495) 942-96-11, 942-83-39**  
**energo@energocom.ru**  
**www.energocom.ru**

Табл. Модификации динамических ИБП

Серия ИБП	Диапазон мощности, кВА (кВт)	Диапазон входного напряжения*, В	Стабильность выходного напряжения, В	Время автономной работы
UB R	150...1100 (120... 880)	+10...-15 % (-20 % кратковрем.)	±1 % стат. ±5 % динам.	Определяется аккумуляторными батареями
UB T Powerbridge	420...1670 (336...1336)	+15...-20 % (-30 % в течение 10 мин)		От 45 с для 420 кВА до 12 с для 1670 кВА
UB TD(E) Powerbridge			Не ограничено**	
UB T с батареями			Определяется аккумуляторными батареями	
UB TD(E) с батареями			Не ограничено**	

\* – напряжение, при котором ИБП выдает номинальное выходное напряжение без перехода в автономный режим работы  
 \*\* – определяется временем безостановочной работы дизельного двигателя