

Старые новые динамические ИБП

Александр Барсков

Согласно данным Frost & Sullivan, в 2008 году на динамические ИБП (Rotary UPS) пришлось 4% всех продаж на мировом рынке ИБП, причем их доля медленно, но стабильно увеличивается. Основными причинами роста эксперты называют низкую совокупную стоимость владения (ТСО) данными системами, их относительную компактность и высокую энергоэффективность. При этом производители роторных ИБП вынуждены противостоять очень жесткой конкуренции со стороны поставщиков статических источников бесперебойного питания.

Аналитики Frost & Sullivan утверждают, что на крупных объектах, энергопотребление которых составляет более 1 МВт, операционные расходы в пересчете на 1 кВт при использовании статических ИБП выше, чем при эксплуатации динамических ИБП, но последние (CAPEX) дороже. Специалисты компании Hitzinger (поставщика динамических ИБП), сравнивая два мегаваттных решения (статическое и динамическое), заключают, что их ТСО сравниваются уже через три года эксплуатации, после чего суммы общих расходов будут все больше различаться, причем не в пользу статических ИБП (см. Рисунок 1).

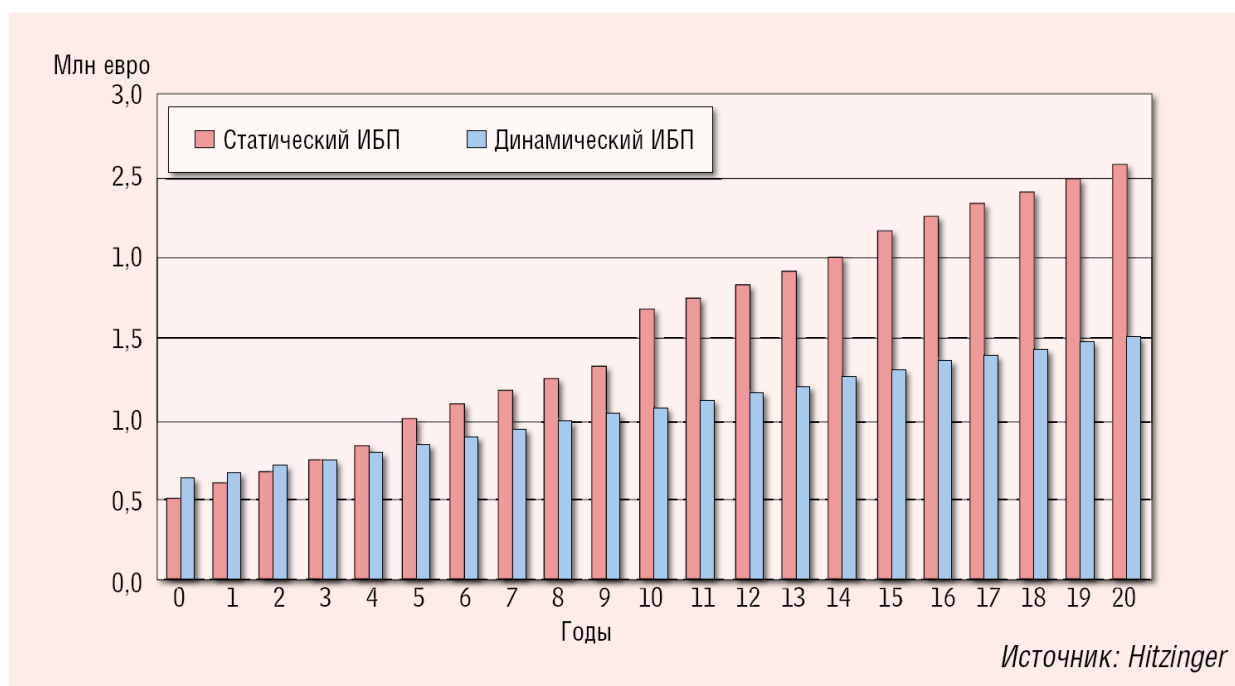


Рисунок 1. Сравнение общей стоимости владения системами бесперебойного гарантированного электропитания на базе статического ИБП (ИБП 1 МВА + дизель-генератор 1,6 МВА) и дизельного динамического ИБП (устройство Hitzinger NBDK на 1 МВА).

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Термины в области динамических ИБП нельзя назвать ни устоявшимися, ни общепринятыми. Не раз приходилось сталкиваться с мнением, что главным и неотъемлемым элементом таких устройств является накопитель кинетической энергии, выполненный в виде маховика. Но это отнюдь не так: маховик может и не использоваться в динамическом ИБП, но входит в состав статического устройства и работать там «на пару» с аккумуляторными батареями.

На самом деле обязательным элементом и основой динамического ИБП оказывается не маховик, а синхронная электрическая машина (мотор-генератор) (см. таблицу). Раскручивая электромотор «грязным» напряжением, поступающим из внешней

электросети, можно с установленного с ним на одном валу генератора снимать «чистое» напряжение, и подавать его на нагрузку. Дополнив эту схему альтернативным источником энергии (аккумуляторные батареи, маховик, дизель-генератор или что-нибудь совсем экзотическое), мы и получим простейший динамический ИБП.

До 80-х годов прошлого века электромотор и генератор существовали только как два отдельных элемента, однако затем появились комплексные решения. Современные мотор-генераторы, используемые в динамических ИБП, совмещают на одном статоре и одном роторе обмотки электромотора и электрогенератора. Эта конструкция позволила уменьшить как габариты изделий, так и число компонентов. В подобных устройствах используется ряд высокотехнологичных решений. Например, в вертикальных мотор-генераторах компании Piller дополнительные обмотки создают магнитное поле, которое «приподнимает» ротор электрической машины для разгрузки подшипников. Подобные меры способствуют повышению КПД систем.

Что касается маховика, то он может служить кратковременным источником энергии и в статических, и в динамических ИБП. При наличии напряжения во внешней сети маховик раскручивается (аккумулируя энергию), а при его пропадании начинает работать в качестве электрогенератора, отдавая накопленную энергию нагрузке. Типовое время резервирования, обеспечиваемого маховиком, составляет всего несколько десятков секунд. Поставщики статических ИБП часто рекомендуют устанавливать такое устройство вместе с АКБ (см. Рисунок 2), чтобы он брал на себя все кратковременные перебои: в этом случае аккумуляторы задействуются гораздо реже, что повышает срок их службы.

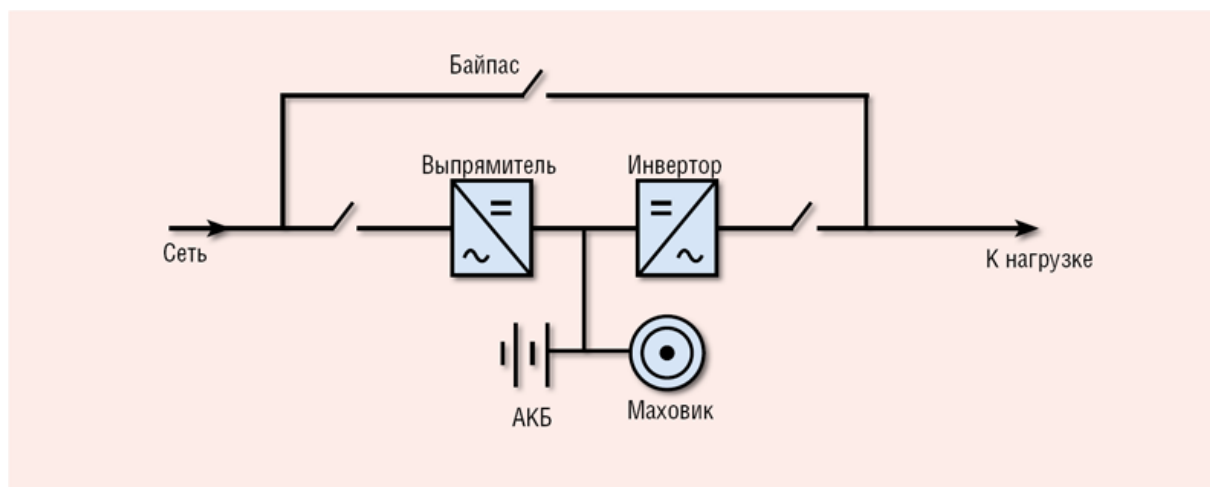


Рисунок 2. Упрощенная схема статического ИБП.

При соблюдении общего принципа перевода электрической энергии в механическую и обратно маховики могут различаться в конструктивном плане. Например, компания Hitzinger поставляет динамические ИБП как с обычным маховиком, обеспечивающим стабильность частоты на уровне 5%, так и с кинетическим модулем, у которого стабильность частоты составляет 1%. При отдаче энергии нагрузке угловая скорость вращения маховика уменьшается, соответственно меняется и частота генерируемого напряжения. Поэтому допустимо только небольшое снижение частоты вращения (определяется заданным пределом «ухода» частоты), а значит, используется лишь небольшая часть накопленной маховиком кинетической энергии, что, безусловно, невыгодно.

В кинетическом модуле скорости вращения маховика и вала различны. Такой модуль состоит из двух вращающихся частей: внутреннего и внешнего роторов. Внешний ротор с короткозамкнутой обмоткой вращается с частотой 2600 об/мин на валу внутреннего ротора, но не имеет с последним механической связи (передача энергии осуществляется

посредством электромагнитного поля). Сам же внутренний ротор вращается с частотой 1500 об/мин. Благодаря развязке частот вращения маховика и вала появляется возможность использовать большую долю аккумулированной кинетической энергии. Подобные кинетические модули с двумя роторами поставляются не только компанией Hitzinger, но и другими производителями, включая EuroDiesel и Hitec Power Protection.

ВОЗВРАЩАЯСЬ К ОПРЕДЕЛЕНИЯМ

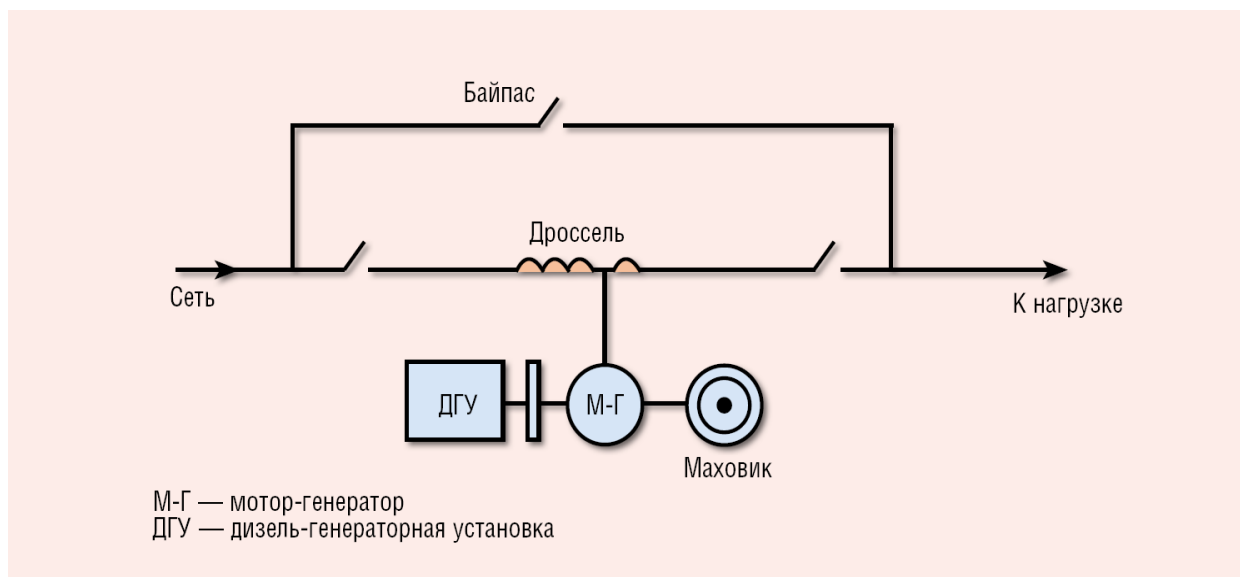


Рисунок 3. Упрощенная схема дизельного динамического ИБП (Diesel Rotary UPS).

Согласно классификации, предложенной Frost & Sullivan, динамические ИБП делятся на три группы:

- дизельные (Diesel Rotary UPS);
- гибридные (Hybrid Rotary UPS);
- ИБП типа Ride-through.

Типичный дизельный динамический ИБП (ДДИБП) представляет собой собранные соосно на одном валу дизельный двигатель, электромагнитную муфту сцепления, синхронную электрическую машину и маховик (см. Рисунок 3). Такую конструкцию имеют решения компаний EuroDiesel, Hitec Power Protection и Hitzinger; в ДДИБП компании Piller маховик вынесен отдельно. Следует обратить внимание еще на один элемент ДДИБП — специальный развязывающий дроссель, который соединяет вход сетевого напряжения с выходом «чистого» напряжения системы ИБП. Этот дроссель обеспечивает высокую степень развязки между входом и выходом, блокируя прохождение гармоник и переходные процессы.

При наличии внешнего электропитания синхронная электрическая машина ДДИБП работает в режиме электродвигателя, поддерживая вращение жестко закрепленного на валу ротора маховика. При выходе параметров сети за установленные пределы она переводится в генераторный режим, поддерживая на нагрузке непрерывное синусоидальное напряжение. Источником энергии во время переходного процесса является маховик, благодаря которому сохраняется устойчивая частота вращения вала ротора синхронной электрической машины. По словам Алексея Козореца, главного инженера компании «АКСИ» — эксклюзивного поставщика в России оборудования Hitzinger, кинетическая энергия вращения маховика может достигать значений 16 МДж. Спустя 200–300 мс от момента обнаружения пропадания напряжения в сети система управления ДДИБП подает сигнал на запуск дизельного двигателя от стартерных АКБ.

Через одну секунду — не важно, произошел пуск дизеля от АКБ или нет — закрывается муфта сцепления, установленная между валом ротора синхронного генератора и коленчатым валом дизеля. Кинетическая энергия маховика продолжает расходоваться как на поддержание выходного напряжения на шинах синхронного генератора, так и для вывода на рабочую частоту вращения (1500 об/мин.) коленчатого вала дизеля. Как утверждает Алексей Козорез, в такой ситуации дизель может не запуститься лишь по одной-единственной причине — если отсутствует дизельное топливо, поскольку требуемая компрессия в цилиндрах двигателя обеспечивается принудительным внешним вращением коленчатого вала на рабочей частоте. Общая продолжительность переходного процесса и выхода на рабочий режим занимает от 2 до 5 с (в зависимости от типа используемого накопителя кинетической энергии).

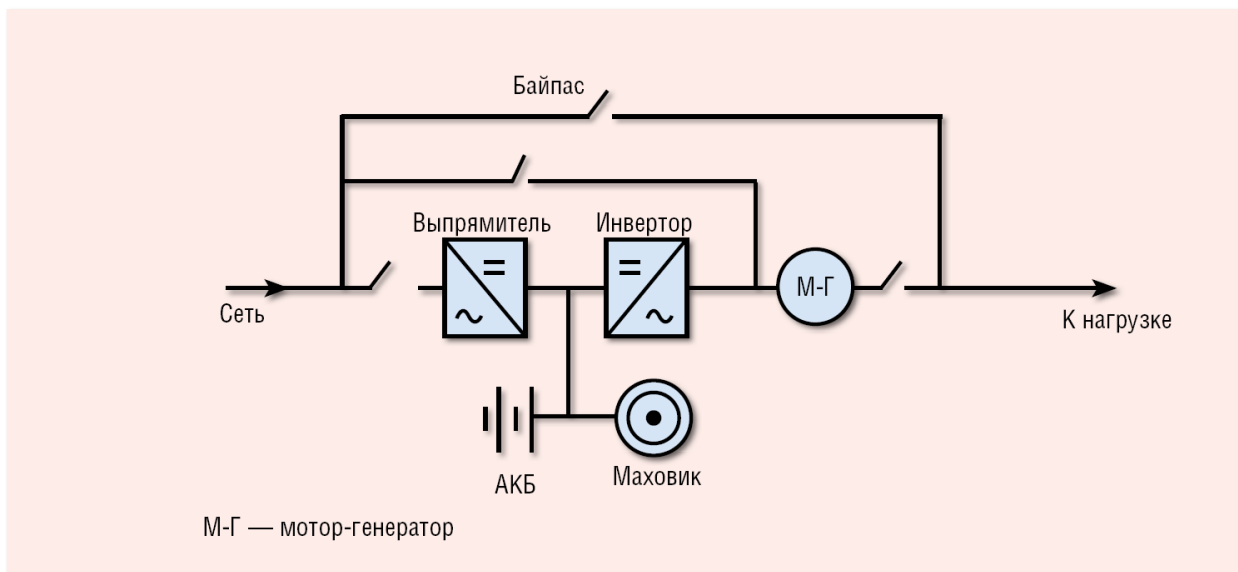


Рисунок 4. Упрощенная схема гибридного динамического ИБП (Hybrid Rotary UPS).

В гибридном динамическом ИБП (ГДИБП) присутствует как мотор-генератор, так и свойственные статическим ИБП выпрямитель и инвертор (см. Рисунок 4). Однако основной путь подачи электричества потребителю проходит через мотор-генератор: входное напряжение поступает на его моторные обмотки, а с генераторных обмоток снимается «чистое» напряжение. Система UBR компании Piller (типичный представитель семейства устройств ГДИБП) работает в таком режиме до тех пор, пока напряжение во входной сети находится в диапазоне $\pm 8\%$ от номинального. При выходе за эти пределы ГДИБП переключается на цепь двойного преобразования (через выпрямитель и инвертор), этот режим поддерживается при колебаниях напряжения от +10 до -15% (-20% кратковременно). В случае дальнейшего ухудшения качества напряжения или его полного пропадания система переходит на работу от АКБ. «Долгоиграющий» альтернативный источник энергии (дизель-генератор) может подключаться так же, как в схемах с обычным статическим ИБП.

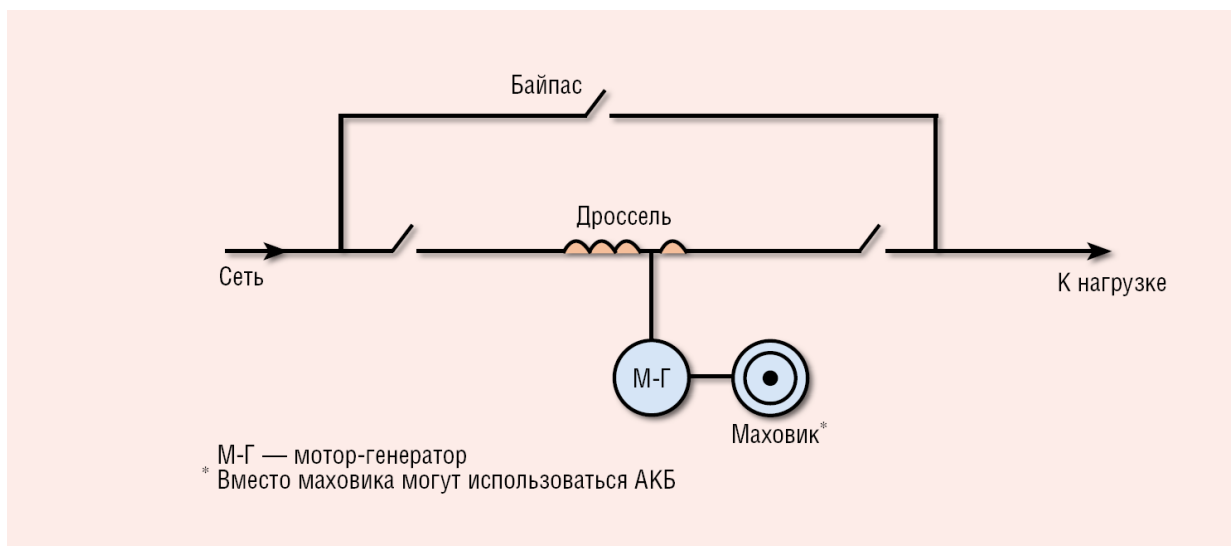


Рисунок 5. Упрощенная схема динамического ИБП типа Ride-through.

Системы типа Ride-through во многом схожи с ДДИБП, differing лишь отсутствием «встроенного» дизельного двигателя (см. Рисунок 5). Соответственно, такие системы способны обеспечивать резервное питание ровно столько, сколько будет «держаться» маховик — как правило, несколько десятков секунд. Некоторые производители, например Active Power и Caterpillar, называют подобную архитектуру параллельной онлайн-овой (parallel online). Она противопоставляется типичной для статических ИБП архитектуре с двойным преобразованием энергии, при этом подчеркивается, что отказ от двойного преобразования повышает КПД систем. Как и в ГДИБП, в системах Ride-through внешний дизель-генератор можно подключить по типовым схемам, а имеющиеся технические решения позволяют организовать его запуск от энергии, генерируемой маховиком.

Российский рынок

По нашей просьбе названные выше производители динамических ИБП прислали перечни инсталляций своего оборудования, в том числе выполненные в крупных зарубежных ЦОД. Списки оказались очень внушительными. В России такие решения тоже установлены — например, система Hitzinger мощностью 1 МВт уже 15 лет эксплуатируется на ММВБ. Что же касается ЦОД, то «Журнал сетевых решений/LAN» располагает информацией только о двух российских проектах: представители компании Hites сообщили о поставках двух ИБП по 1600 кВА для ЦОД компании Stack Group и четырех устройств по 1000 кВА для компании «Крок».

Как рассказал Максим Амзараков, технический директор Stack Group, в настоящее время (январь 2011 года) динамические ИБП Hites установлены и находятся в стадии подготовки к работе в новом коммерческом ЦОД. Тестирование оборудования на нагрузку проводилось на заводе. В качестве основного аргумента, повлиявшего на выбор в пользу динамических ИБП, специалист Stack Group назвал простоту конструкции (по сравнению с традиционными статическими ИБП), что гарантирует более высокую надежность, эффективность (КПД) и снижение расходов на эксплуатацию. «Это хорошая и надежная техника, и она будет все шире востребована в ЦОД», — заключил он.

Как считает Александр Ласый, заместитель директора департамента интеллектуальных зданий компании «Крок», в силу того что область применения динамических ИБП очень узка — только крупные ЦОД мощностью несколько МВт — спрос пока невысок. Однако проекты строительства таких ЦОД вновь стали актуальны в России, и он ожидает роста интереса к этому оборудованию.

К числу достоинств ДДИБП Алексей Козорез относит их высокий КПД — 96% на полной нагрузке. Причем КПД практически не снижается в случае уменьшения нагрузки вплоть до 50%, что крайне важно для основного эксплуатационного режима ЦОД при

реализации схем резервирования по топологии $2N$ и $2(N+1)$. Он отмечает возможность построения высоконадежной шины параллельной работы как низкого (0,4 кВ), так и среднего (6–10 кВ) напряжения, а кроме того, высокую надежность системы управления, где используются проверенные десятилетиями схемы релейной автоматики. По данным специалиста «АКСИ», до сих пор системы ДДИБП, находящиеся в эксплуатации более 27 лет, работают в практически неизменном виде, что говорит о чрезвычайно высоком ресурсе системы. Не менее важна и низкая стоимость капитального ремонта, заключающегося в замене подшипников (накладок диска сцепления), проводимого раз в 10 лет.

По мнению Алексея Карпинского, директора департамента технологического консалтинга компании «Астерос», развитию рынка динамических ИБП способствуют такие их преимущества, как отсутствие жестких требований к климатическим условиям в местах установки, существенно меньший вес и уже упоминавшаяся выше простота конструкции. Максим Баканов, эксперт компании «Стинс Коман Интегрированные Решения», ссылается на расчеты, которые показывают, что если мощность ЦОД составляет более 5 МВт, целесообразно использовать не классическую систему, состоящую из дизеля, АВР, статического ИБП и системы кондиционирования, а ДДИБП — такое решение содержит меньше компонентов и не требует системы прецизионного кондиционирования (только приточно-вытяжное охлаждение).

Одной из проблем, препятствующих развитию рынка динамических ИБП, эксперты Frost & Sullivan называют отсутствие достаточного числа предложений в диапазоне мощностей 200–500 кВА, в котором их основные конкуренты — статические ИБП — представлены в широком ассортименте. Кроме того, они отмечают недостаточно агрессивный маркетинг со стороны поставщиков динамических ИБП и дефицит информации о преимуществах и особенностях применения этих продуктов. Надеемся, данный материал внесет свою скромную лепту в решение последней задачи.

Решение на базе динамических источников бесперебойного питания (ДИБП) для различных отраслей промышленности. ДИБП — это 23000 кВА общей мощности, работающие в банковской сфере, IT-технологиях, медицинских центрах и других отраслях промышленности.

ДИБП — генераторная электроустановка низкого и среднего напряжений, предназначенная для электропитания потребителей первой категории и особых групп потребителей, входящих в состав первой категории.

Устройство предназначено для питания потребителей с мощностью от 200 кВА до 2,5 МВА и успешно заменяет статические источники бесперебойного питания, использующие для резервирования энергии химические источники электрического тока — аккумуляторные батареи (АКБ).

ДИБП перекрывает ряд статических ИБП (в верхней части диапазона мощности), обладает расширенным мощностным рядом серийных изделий и позволяет реализовывать ряд дополнительных энергетических функций.

ДИБП представляет собой комбинацию дизельного двигателя, отключенного в дежурном режиме, и статогенератора, включающего в свой состав несколько электрических машин, и в том числе, аккумулятор кинетической энергии.

Резервная энергия вырабатывается устройством накопления кинетической энергии, кинетическим аккумулятором (АКЭ). Благодаря АКЭ, химические батареи не нужны. При длительных перерывах электроснабжения длительность работы ДИБП ограничена только емкостью топливного бака, и, при пополнении запаса топлива, может продолжаться необходимое время.

ДИБП — это установки на основе силовых агрегатов от 200 кВА до 2500 кВА единичной мощности, допускающие работу в параллель с сетью.



Преимущества динамических источников бесперебойного питания:

1. КПД до 96,4 % при полной нагрузке, что минимизирует эксплуатационные затраты.
2. Надежность моноблочного устройства.
3. Накопление кинетической энергии происходит до возврата к работе в дежурном режиме; это позволит устранить последующие

отказы питания.

4. Замена подшипников каждые 10 лет. Срок службы системы не менее 25 лет.
5. Малые габариты, может устанавливаться в помещениях без кондиционирования и без противокислотной обработки.
6. Фильтрация высших гармоник и поглощение реактивных и пусковых токов нагрузки.
7. Устранение микро-обрывов во время нормальной работы.
8. Стабилизация выходного напряжения в широком диапазоне отклонений входного напряжения.
9. Устойчивость к помехам на входе и выходе, например токам КЗ.
10. Автоматическая компенсация реактивной мощности.
11. Возможность параллельного включения.

Технические характеристики сети, обеспечиваемые ДИБП:

1. НАПРЯЖЕНИЕ

- 1.1 Регулировка напряжения в устойчивом режиме $\pm 1\%$
- 1.2 Колебания напряжения, вызванные изменением нагрузки на:
 - $10\% \pm 1\%$
 - $50\% \pm 3\%$
 - $100\% \pm 5\%$

(Напряжение восстанавливается до $\pm 1\%$ менее чем за 1 с)

1.3 Временные колебания напряжения при:

- Обрыве сетевого питания $\pm 5\%$
- Возврате сетевого питания $\pm 1\%$

1.4 Регулировка напряжения при нагрузке несбалансированной на $25\% \pm 2\%$.

2. ФАЗНЫЙ УГОЛ

- При сбалансированной нагрузке: $120^\circ \pm 0^\circ$
- При нагрузке несбалансированной на 25%: $120^\circ \pm 1^\circ$.

3. ЧАСТОТА

- 3.1 Регулировка частоты при устойчивой нагрузке $\pm 0.2\%$
- 3.2 Колебания частоты, вызванные изменением нагрузки на:
 - $10\% \pm 0,5\%$
 - $50\% \pm 1\%$
- 3.3 Временные колебания частоты при:
 - Обрыве сетевого питания и приеме 100% нагрузки $\pm 1\%$
 - Возврате сетевого питания $\pm 0,2\%$.

4. КПД

При работе в дежурном режиме: от 93 до 96,4%.

5. ДОПУСТИМАЯ ПЕРЕГРУЗКА

- При работе в дежурном режиме: 10% в течение 1 ч

25% в течение 10 мин1

50% в течение 2 мин1

6. ОБЩИЕ УРОВНИ ГАРМОНИК

Менее 2% для линейных нагрузок.

7. ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

- На входе.

Александр Барсков
<http://cons-systems.ru/>