

# Динамические источники бесперебойного питания



## Предпосылки появления ДИБП

Колесо было придумано очень давно, еще задолго до появления письменности. Через некоторое время массивные цилиндры стали использовать для поддержки вращения гончарных кругов, чтобы они не останавливались быстро и мастерам не приходилось бы все время крутить агрегаты. Можно сказать, что это было первое применение маховиков в качестве не только накопителей энергии, но и источников бесперебойного питания.

По мере развития промышленности сфера применения маховиков расширялась, но везде требовалось от них одно: обеспечивать запас достаточного количества энергии, чтобы она в нужное время помогла привести в действие исполнительный механизм. Например, на этом принципе основано применение маховиков в Новое время на фабриках и уже в Новейшее время — на заводах. Маховик раскручивался и свободно вращался. При наступлении момента, когда требовалось большое усилие, маховик вступал в действие.

Во времена широкого распространения электричества в индустрии маховики также получили довольно большое распространение. Они стали выполнять классическую, в чистом виде, функцию источника бесперебойного питания. Например, в СССР широко применялись дизельные агрегаты бесперебойного питания в системах связи. Маховик, соединенный на одной оси с генератором, вначале раскручивался, запасая энергию. При просадке напряжения или полном его исчезновении маховик продолжал вращать ротор генератора, который начинал вырабатывать электроэнергию от этой тяги. Одновременно маховик раскручивал вал дизельного агрегата, при этом тот гарантированно, т. е. исключая всякую возможность сбоя, заводился и подхватывал вращение ротора генератора. Не завестись в таком принудительном вращении вала он мог только из-за отсутствия солярки или при поломке.

Однако наступили времена, когда возможности маховиков были на время отодвинуты, но никак не забыты. На наш взгляд, это случилось, потому что появилась возможность использовать в мобильных приложениях более легкие химические источники тока (ХИТ), которые уже потом проложили себе дорогу и в область стационарного применения. В том числе и в части обеспечения бесперебойного электропитания всякого рода электронных устройств, как больших, так и малых. Хотя по самому своему техническому и физическому принципу ХИТ никак не могут в истинном смысле слова называться бесперебойными, поскольку они имеют, в зависимости от конструкции ИБП, большой или меньший, но все-таки перерыв в энергоснабжении. Он обусловлен, с одной стороны, наличием задержки в срабатывании систем автоматического управления включением. А с другой — задержкой в выдаче тока потребителю, связанной с инерционностью химического механизма работы всякого ХИТ. Они не могут «раскопегариться» мгновенно и на все 100 % мощности.

В отличие от ХИТ маховичные ИБП являются в прямом смысле слова источниками бесперебойного питания, поскольку никакого перерыва в работе при исчезновении напряжения в сети не происходит. Это обусловлено тем, что ротор электромашин, который вращается маховиком, или имеет остаточную намагниченность (в случае асинхронной машины), или просто несет в себе постоянные магниты (если это синхронные электромашин). Как только в сети пропадает напряжение, вращающийся ротор индуцирует в статоре ток, который и обеспечивает питанием. И как бы ни ухищрялись разработчики ХИТ в схемах их подклю-

чения (offline, online, line-interactive), все равно есть задержки на переключение и «разгон» батареек.

## Основные игроки на европейском и российском рынках

Новый виток интереса к маховичным (или роторным, или динамическим) ИБП появился в том числе и с прорывом в области частотно-регулируемого привода. Благодаря ему появилась возможность получать на выходе из ИБП электроэнергию необходимого потребителю качества. Кроме того, появились новые материалы, из которых изготавливается маховик. Они позволяют за счет повышенной прочности раскручивать его на существенно большие скорости. Другими словами, уменьшать габариты и массу маховика за счет увеличения скорости. Как известно, запасенная в нем энергия пропорциональна квадрату скорости и всего лишь в первой степени — массе.

Интерес к маховичной тематике уже давно прослеживался у нидерландской компании HiTech, которая запатентовала свое базовое решение еще во второй половине XX века. С тех пор HiTech только совершенствовала эту конструкцию, и, когда появилась более совершенная силовая электроника на IGBT-транзисторах, ее решение приобрело законченный классический вид. Сейчас ДИБП с горизонтально расположенной осью вращения пользуется заслуженной популярностью, находя своих приверженцев как в Европе, так и в России. Из последних новостей известно, что ДИБП компании HiTech внедрен в Москве в инновационном ЦОД мощностью 7 МВт, который построил интегратор R-Style.



▲ ДИБП компании Piller с размещением в шкафу в комплекте с ДГУ



1. Корпус.
2. Маховик из карбонового стекловолокна.
3. Обмотки статора.
4. Верхний магнитный подшипник.
5. Вакуумная система.
6. Ротор.
7. Нижний магнитный подшипник.

▲ Маховик компании Socomes

Ввод ЦОД в эксплуатацию состоится весной этого года. Мощность ДИБП составила порядка 2 МВт.

Компания Piller предложила решение с маховиком, который имеет вертикальную ось вращения. Он не может быть расположен механически на оси дизель-генератора, однако связан с ним электрически. Решения этой компании весьма популярны в сегменте ИБП для ответственных потребителей, таких как аэропорты, телеком, а также в сфере ЦОДов.

Еще одним зарубежным игроком на этом рынке является компания Hitzinger, у которой также есть давние традиции в развитии механических систем энергоснабжения. Hitzinger предлагает на рынке горизонтально-осевую модель, которая конструктивно несколько отличается от моделей компании HiTech.

Обе эти конструкции сидят на оси у генератора и дизельного агрегата, соединены с ними муфтами и, благодаря инерции маховика, при исчезновении электропитания не только продолжают вращать ротор генератора, но и прокручивают вал дизеля, принудительно заставляя его заво-

диться. При этом ему совершенно не требуются стартерные аккумуляторные батареи для запуска.

Компания Socomes Sicon UPS вышла на рынок с продуктом VSS+ Flywheel, опираясь на решение по маховику, разработанное американской фирмой Pentadyne Power Corporation. Разработчики Socomes Sicon UPS применили конструкцию вертикально-осевого супермаховика, намотанного из легких углеволокон. Такое решение предполагает использование в конструкции высокооборотных мотор-генераторов, которые по условиям должны располагаться внутри вакуумированного корпуса. Это решение заставляет использовать активные магнитные подшипники и активное охлаждение мотора.

Большой опыт в разработке ИБП позволил объединить решения, применяемые с химическими аккумуляторами при переходе к кинетическим накопителям. Однако данный вариант также предполагает ограниченность применения вертикальных маховиков, так как они присоединяются параллельно к сети. Тем самым не используется одно из главных преимуществ маховичных ИБП — обеспечение безразрывности энергоснабжения потребителей при исчезновении напряжения в питающей сети. Это позволяет осуществить применение горизонтально-осевых маховиков. Но обо всем по порядку.

И совсем недавно в этом узком, но быстро расширяющемся сегменте рынка (как за счет расширения рынка потребителей роторных ИБП, например ЦОДов, так и за счет вытеснения с него традиционных аккумулятор-

ных систем) появилась отечественная компания «Русский сверхпроводник», которая разработала два типа конструкции маховичных накопителей. Один из них, горизонтально-осевой, имеет свои ноу-хау и содержит преимущества зарубежных аналогов. Другой же, вертикально-осевой, как и у компании Piller, также имеет преимущества компактной системы и высокой эффективности. По данным компании «Русский сверхпроводник», в 2012 году она завершила разработку своей первой модели ДИБП, провела сертификацию и в текущем году планирует впервые выйти на отечественный рынок ИБП для ЦОДов, а также на близкие к нему сегменты — телеком, непрерывные производства, другие категории ответственных потребителей. Мощность агрегатов этой компании заявлена в весьма широком диапазоне средних и мощных ИБП — от 10 кВт до 1,2 МВт. Причем российские Кулибины заявляют о гораздо большей энергоемкости своих агрегатов, которая достигается благодаря модульности разработанной конструкции, чего нет у конкурентов. Кстати, о Кулибиных. Научным руководителем разработки является профессор Нурбей Гулиа — он и является первооткрывателем супермаховиков еще в далеких 1960-х годах.

## Рынок ДИБП в России

Рынок продаж ИБП НКЭ наиболее развит в США, где данный тип накопителей зарекомендовал себя как надежный источник бесперебойного питания, позволяющий эффективно регулировать частоту в сети и перераспределять во времени энергию, получаемую от ветрогенераторов, солнечных панелей и других возобновляемых источников энергии. Самые крупные зарубежные производители НКЭ на сегодняшний день — Active Power и Socomes UPS. В Европе присутствуют и другие игроки рынка, такие как Piller, HiTech, Hitzinger.

Рыночные ниши для динамических ИБП аналогичны тем, что характерны и для ИБП с химическими аккумуляторами.



▲ ДИБП компании «Русский сверхпроводник»

муляторами. В его сегменты входят:

- центры обработки данных;
- учреждения здравоохранения;
- операторы сотовой связи;
- спецпотребители (армия, силовые структуры);
- банки;
- непрерывные производства;
- микроэлектроника;
- транспорт;
- культурно-развлекательные центры;
- другие потребители, которым требуется высокое качество энергоснабжения.

Рынок ИБП является более зрелым на сегодняшний день. В 2011 году только российский рынок средних и мощных ИБП, по данным экспертных обзоров, составил \$450 млн. В денежном выражении рынок вырос за год на 19,4 %. Скачкообразный рост интереса к ИБП на основе накопителей кинетической энергии у потребителей, заинтересованных в обеспечении высокой надежности и качества энергоснабжения своего ответственного оборудования, технологически обусловлен тем, что у таких потребителей имеется высокий риск понести серьезные убытки от даже кратковременного исчезновения напряжения — от нескольких миллисекунд до нескольких секунд.

По данным аналитической компании ITResearch, по итогам первого полугодия 2012 г. на российском рынке ИБП было продано устройств ИБП на 223 млн долл. За год в денежном исчислении рынок увеличился на 15 %. Т. е. следует ожидать, что общий объем рынка ИБП за 2012 год составит 590 млн долл.

По оценкам консалтинговой компании Frost&Sullivan, большинство систем, обеспечивающих средний и высокий уровни напряжения, используется для защиты оборудования на уровне предприятия и имеет высокую износоустойчивость. Системы ИБП мощностью свыше 20 кВА стоят от \$80 до \$200 тыс. и считаются высокостойкими инвестициями. Чаще всего ИБП этого стоимост-

ного диапазона защищают различного рода системы, требующие гарантированного энергоснабжения. Жизненный цикл ИБП, входящих в такие системы, может составлять до 20 лет. Frost&Sullivan отмечает наличие в последние годы хорошего восходящего тренда в продажах мощных и средних ИБП. Наиболее привлекательным сегментом в этой части рынка Frost&Sullivan называет динамические или роторные ИБП как новый продукт, который выходит на рынок и стремительно отвоевывает позиции у традиционной продукции.

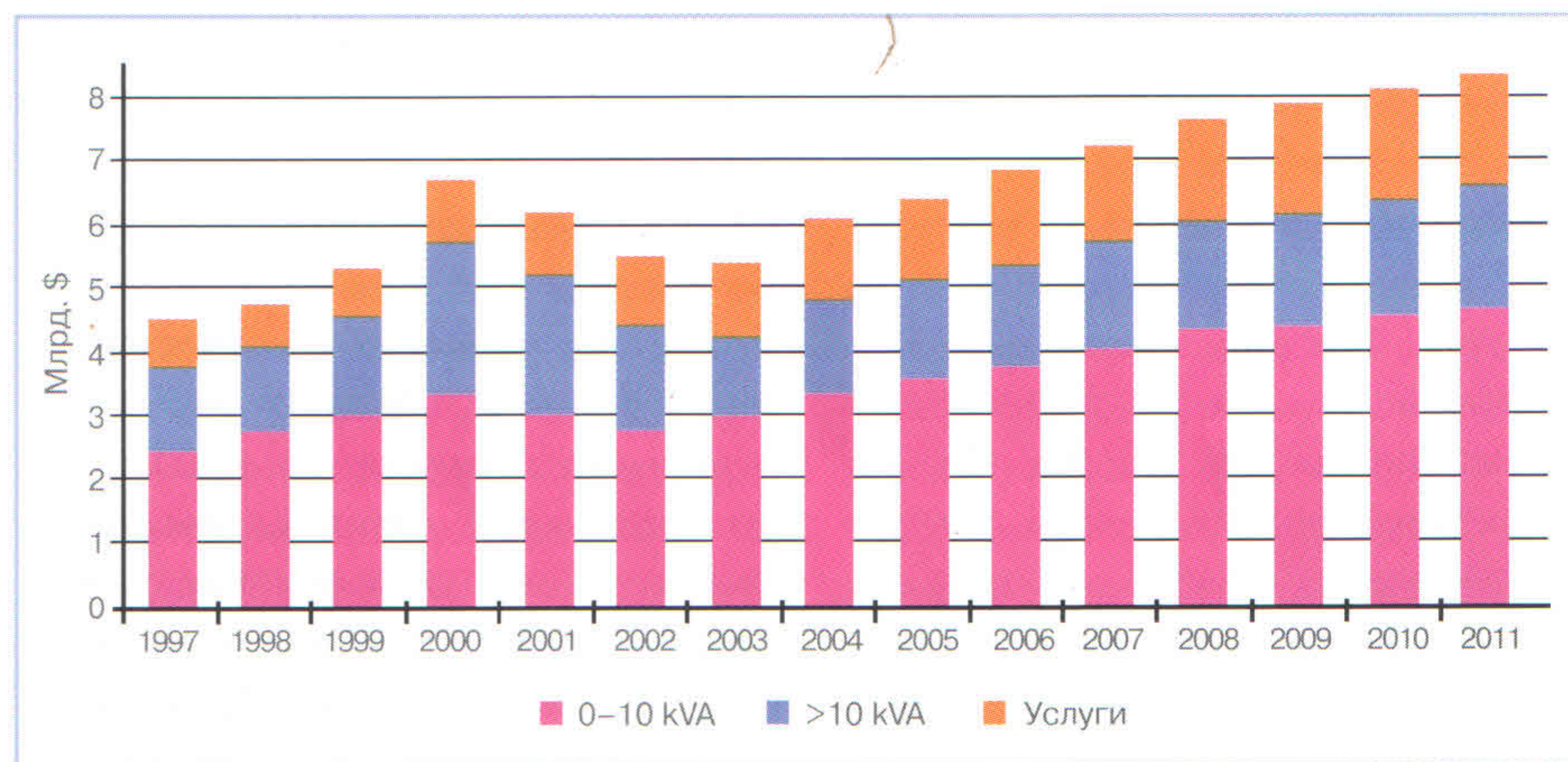
### Элементы ДИБП и принцип работы

ДИБП является весьма простой конструкцией, неприхотливой и надежной в эксплуатации, весьма экономичной, практически не имеющей сменных изнашиваемых частей. Агрегат лучше всего комплексировать с дизельной генераторной установкой, что также увеличивает экономический эффект от его применения. Ведь их не просто можно размещать в едином комплексе на одном валу, но и в одном помещении, поскольку эксплуатация и ДИБП, и дизельной генераторной установки не требует соблюдения каких-либо жестких климатических норм. Главное — чтобы зимой не замерзло масло.

Итак, основным элементом ДИБП в первую очередь является маховик. Он обычно располагается в прочном металлическом кожухе. У моделей наиболее продвинутых компаний-

производителей (Piller, «Русский сверхпроводник», американской Active power) корпус герметичный: для снижения потерь из-за трения маховика о него из корпуса откачан воздух. Иногда после откачки воздуха в корпус добавляют немного гелия или водорода, которые еще более снижают потери, которые еще более снижают потери, которые возможны при воздушном трении. Вал маховика посажен на подшипники. Опять же, самые продвинутые компании, такие как Piller, «Русский сверхпроводник», Active power, применяют для снижения трения в подшипнике так называемые магнитные подвесы. Массивные маховики подвешиваются в магнитном поле, парят в нем, разгружая осевое давление в подшипниках. Тем самым остается только радиальное давление, которое для стационарных маховиков является количественно весьма малым.

К валу маховика присоединена обратимая электромашинка, которая может как разгонять маховик для запасания большого количества энергии, так и, работая уже в качестве генератора, «изымать» запасенную энергию из маховика. Вся конструкция расположена, как правило, на раме. Контроль параметров маховика, таких как давление в корпусе, вибрация, температура, осуществляется с помощью системы датчиков и управляющего контроллера. Выдача энергии с генератора на потребителя происходит через инвертор-преобразователь. Сперва он выпрямляет переменное напряжение в постоянное,



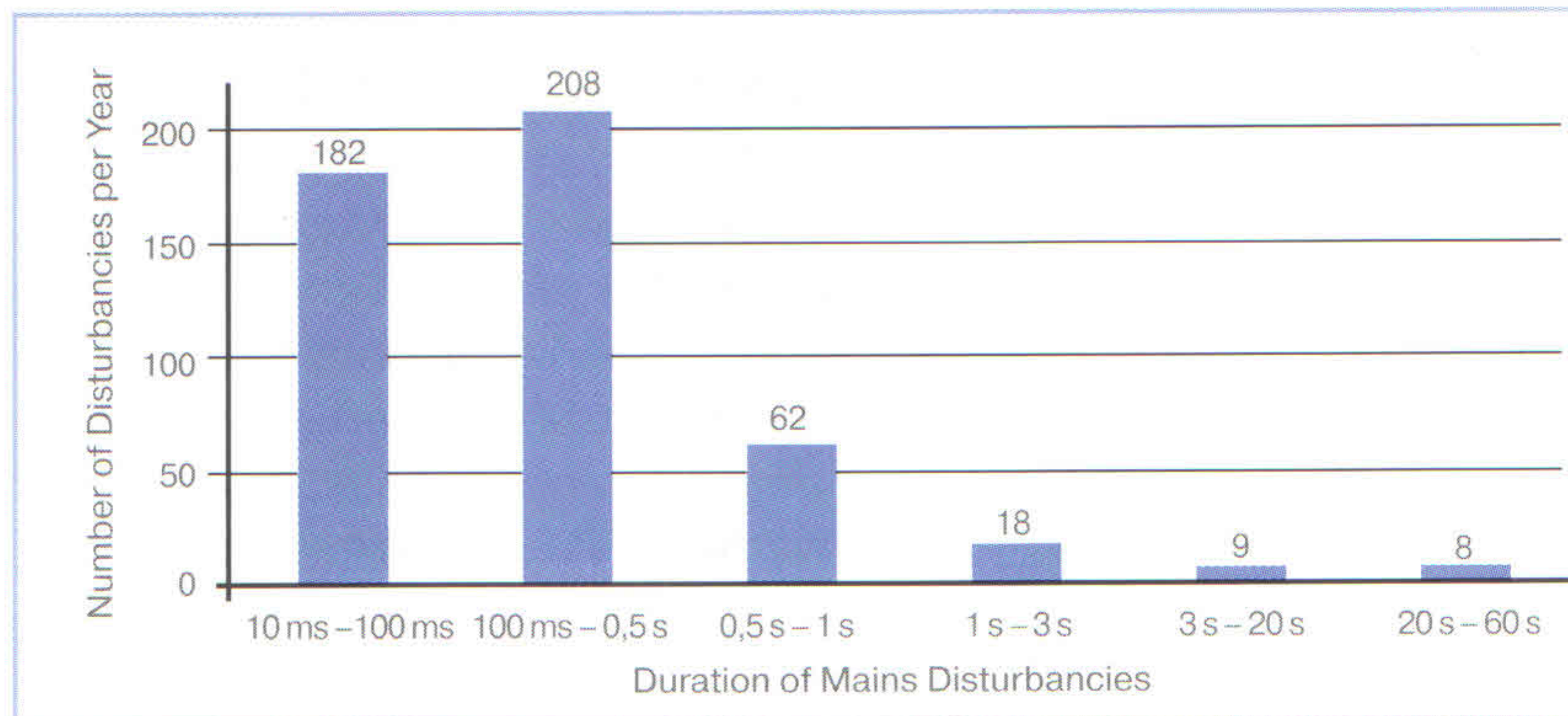
▲ Динамика мирового рынка ИБП (по данным Frost&Sullivan)

а затем преобразует его в правильную синусоиду. Благодаря тому, что обмотки статора и ротора являются автономными, потребитель «гальванически развязан» от питающей сети, и, следовательно, изменения напряжения в ней никак не сказываются на его энергоснабжении от ИБП.

Конструкция ДИБП компаний HiTech и «Русский сверхпроводник» позволяет обеспечивать постоянное питание потребителя от ИБП даже во время нормального энергоснабжения. Поэтому гальваническая развязка здесь позволяет создать системный эффект, который и обеспечивает качественное преимущество маховичных накопителей перед теми, в которых используются аккумуляторные батареи. Ведь прекрасно известно, что большинство проблем (98–99 %) в централизованном энергоснабжении, в особенности в Европе, России и Америке, составляют кратковременные провалы и просадки напряжения продолжительностью от долей секунды до двух-трех секунд. А для аппаратуры ЦОД — серверов, компьютеров и пр. — такие просадки являются наиболее опасными: они чреваты не только отключением аппаратуры, но и потерей данных, длительным последующим запуском и неработоспособностью ЦОД в целом.

## Основные группы ДИБП и их различия

Динамические источники бесперебойного питания делятся по нескольким ключевым признакам, причем набор тех или иных ключевых признаков в реальных конструкциях может быть различным. Во-первых, важным свойством является объем накапливаемой в маховике энергии, что определяет, при прочих равных условиях, продолжительность выдачи мощности на нагрузку при пропадании напряжения в сети. Например, если рассматривать два ДИБП с мощностью электромашины в 60 кВт, то обладающий рабочей энергоемкостью в 1 кВт·ч будет выдавать напряжение одну минуту, а имеющий энергоемкость 3 кВт·ч — три мину-



▲ Статистика средней продолжительности нарушений энергоснабжения в Центральной Европе (Источник: UNIPED DISDIP)

ты. От этой характеристики зависит выбор способа обеспечения надежности и количества дублирующих установок. Более энергоемкие маховики следует применять там, где это экономически обусловлено, ведь их основная задача — обеспечить энергоснабжение ответственного оборудования в течение времени запуска дизель-генератора.

Во-вторых, важным параметром является мощность применяемой электромашины. Если вам необходимо потребление 500 кВт, а производитель маховичных ИБП предлагает конструкции, имеющие в своем едином с маховиком корпусе мотор-генераторы мощностью в 100 кВт, то придется брать пять таких машин. А это значит, что будут 5 моторов, 5 маховиков, 5 пар подшипников и проч. В силу этого обстоятельства практически все из представленных на российском рынке вертикально-осевых ДИБП, кроме разработанного компанией «Русский сверхпроводник», имеют мотор-генераторы с фиксированной мощностью.

В-третьих, ДИБП разделяют по ориентации оси вращения маховика: горизонтально-осевые и вертикально-осевые. Как правило, вертикально-осевые (например, выпускаемые Piller, Socomes, Active Power и рядом других производителей) имеют заданные конструкции маховика, корпуса, встроенного в корпус мотор-генератора, что не позволяет им масштабировать энергоемкость или мощность единичного ДИБП, а только лишь или увеличивать количество

поставляемых потребителю штук, или полностью производить новую разработку накопителей, рассчитанных на большие параметры (как, например, делают в компании Veason Power). Горизонтально-осевые накопители принципиально позволяют легко масштабировать мощность применяемых в них электромашин, как это хорошо видно в конструкциях компаний Hitzinger и «Русский сверхпроводник», поскольку те располагаются вне корпуса с маховиками. Можно просто взять и поставить мотор-генератор с нужной вам мощностью. Кроме того, возможно легко наращивать или уменьшать размеры, а следовательно, и энергоемкость самих маховиков. Однако по такому пути пошли только в «Русском сверхпроводнике».

В-четвертых, ориентация оси маховика определяет как гальваническую развязку с сетью, так и наличие или отсутствие времени для переключения на снабжение энергией потребителя от накопителя. Оба этих свойства неразрывно между собой связаны. Так, вертикальный ДИБП не разрывает гальваническую связь сети и потребителя, а лишь подключается к этой связи параллельно. Следовательно, при внезапном исчезновении напряжения требуется время на подключение к питанию нагрузки, обусловленное временем переключения силовой автоматики, как и у ИБП с химическими аккумуляторами. Зато, как и любой маховик, в отличие от химических аккумуляторов он практически мгновенно выходит на мощность, заданную его

электромашиной. Горизонтальный маховик разрывает гальваническую связь сети и потребляющего оборудования, потому что одна электромашина при нормальной работе функционирует в качестве электродвигателя и вращает маховик и прикрепленный к нему на вал генератор. Генератор вырабатывает электроэнергию и снабжает потребителя. Если сеть пропадает, благодаря инерционности маховика вал генератора продолжает вращаться, генератор вырабатывает электроэнергию, и никакого разрыва в энергоснабжении не происходит. Это качество горизонтально-осевых ДИБП очень ценно для ответственных категорий потребителей, таких как серверы, радиолокационные станции и пр. Данная схема реализована только у компаний «Русский сверхпроводник», HiTech и Hitzinger.

И в-пятых, различают ДИБП по характеру связи с дизель-генераторной установкой. Вертикально-осевые маховики связаны электрически с пусковым электродвигателем дизеля для обеспечения его пуска. Т. е. при исчезновении сетевой энергии такие маховики для подачи напряжения на стартер дизеля сначала преобразуют кинетическую энергию в электрическую, которая при попадании в цепь стартера обратно преобразуется в механическую энергию вращения и проворачивает вал двигателя. Как и в случае с электрическим запуском дизеля от АКБ, имеется достаточно ощутимая вероятность незапуска дизель-генератора. Горизонтально-осевые ДИБП, как правило, размещены на одной оси с валом дизельной машины и соединены своим валом с валом дизельной машины с помощью муфты. При необходимости запуска муфта сцепляет оба вала (маховика и дизеля), и никакого преобразования энергии не происходит — она напрямую передается от маховика валу дизеля. Потерь при этом практически нет. Вал дизеля при этом принудительно проворачивается с нужной для этого мощностью (одно из самых ценных свойств маховика), и он гарантированно заво-

дится (исключены случаи, когда бы он завелся не с первого раза). Незапуск дизеля в такой конфигурации возможен только в двух случаях: отсутствие дизтоплива или предварительное (до этого запуска) разрушение самого дизельного двигателя.

### Плюсы и минусы решений для ЦОД, построенных на ДИБП

Сравнение решений источников бесперебойного питания, созданных на базе традиционных на сегодняшний день химических источников тока и маховичных решениях, дает интересные результаты. Мы попытались свести их в одну таблицу, исходя из предположения об одинаковой мощности таких ИБП в 500 кВт и времени работы до запуска ДГУ в течение 180 секунд.

Сравнительные характеристики использования двух типов ИБП мы прокомментируем более развернуто в следующем разделе, а здесь укажем лишь на новые черты ДИБП, которые отсутствовали у традиционных решений, использующих аккумуляторные батареи. Среди них первым следует назвать очевидную «новеллу» — использование вращающегося маховика вместо химической батареи. Если маховики сделаны не из углеволокон, а из металла, то при выигрыше в занимаемой площади они могут давать большую нагрузку на пол. Однако это может быть легко компенсировано размещением ДИБП в одном помещении с ДГУ, где расчет нагрузки на поверхность такой же или даже больший.

Также следует отметить малую развитость инфраструктуры обслуживания ДИБП по сравнению с развившейся за последние 20 лет сетью компаний, обслуживающих аккумуляторные ИБП. Здесь, однако, следует отметить аналогичность применяемых операций по обслуживанию, как и у ДГУ, поэтому выглядит вполне естественным тот факт, что установку и обслуживание ДИБП ведут компании, традиционно поставляющие дизель-генераторы. С развитием предложения и спроса на динамические ИБП и объем сектора услуг для них

будет смещаться в сторону поставщиков динамических решений.

### Сравнительный анализ кейса с использованием статического и динамического ИБП

Сравнение эффективности работы двух типов ИБП — на основе традиционных аккумуляторных батарей и на основе ДИБП (берем вертикально-осевую конструкцию) — дает несколько любопытных выводов. Попытаемся свести эти выводы к одному показателю, а именно к затратам. Любые системы бесперебойного питания по своему текущему экономическому статусу являются затратными системами, и только лишь в случае возникновения перерывов в энергоснабжении потребитель понимает их необходимость и экономический эффект.

Две различные технологии следует сравнивать на одном промежутке времени. Большой цикл жизни (как правило, более 20 лет) имеют ДИБП, поэтому сравнение экономического эффекта ИБП на АКБ и ДИБП следует проводить на этом интервале времени.

Статьи капитальных затрат на эти технологии известны: стоимость самого ИБП, стоимость инфраструктуры. Эксплуатационные затраты складываются в основном из потребления электроэнергии самих источников и обслуживающей инфраструктуры, замены изнашивающихся частей и их утилизации (АКБ в одном случае и подшипники и масло — в другом), стоимости техобслуживания. Не будем принимать во внимание возможность внезапного выхода из строя накопительных элементов (батарей и подшипников). Также не будем принимать во внимание необходимость резервирования обоих типов ИБП.

Возьмем для примера бесперебойники средней мощности, порядка 100 кВт, которые должны поддерживать энергоснабжение потребителя до гарантированного запуска дизель-генератора (допустим, через 60 секунд).

Состав оборудования для ИБП с АКБ определяется самим ИБП, а также стойкой с аккумуляторными. Есть

Параметр	ХИТ ИБП	ДИБП	Примечание
Задержка при включении, мс	5–20	Нет (для горизонтальных)	
Требования к климату хранения	Строго *25+5 °С	–20+50 °С	*по данным Emerson
Наличие инвертора	Да	Да	
Наличие зарядного устройства	Да	Нет	
Мощность, кВт	500	500	
Энергоемкость рабочая, кВт·ч	25	25	Отдаваемая потребителю энергия
Допустимая глубина разряда, %	20–30	>80	От запасенной энергии
Срок службы, лет	<3	>20	
Количество циклов работы накопительного элемента	<300–500	>1 000 000	
Гальваническая развязка	Отсутствует (условная)	Полная (для горизонтальных)	
Время зарядки, мин	>480	3	
Время разрядки, мин	3	3	
Максимальное количество циклов в сутки	<2,99	240	Заряд/разряд
Принудительный гарантированный запуск ДГУ	Нет	Да (для горизонтальных)	Путем механического проворачивания вала
Наличие изолированного помещения	Требуется	Нет (может располагаться с ДГУ)	
Необходимость охлаждения, спецканализации	Да	Нет	
Затраты на утилизацию	На каждую партию ХИТ	Нет (в конце Life time реализуется как лом черных металлов)	
Площадь под накопительные элементы, м <sup>2</sup>	>21	16	
Масса накопительных элементов, т	~10	16	Для традиционных маховиков
Защита от пульсаций	Нет	Да	Для горизонтальных

конструкции, которые позволяют совмещать обе этих составляющих в одном шкафу. Связь с резервным ДГУ осуществляется электрически, и имеется риск незапуска ДГУ.

ДИБП имеют такой же состав: собственно ИБП и маховичный накопитель. Они, как правило, конструируются также в одном шкафу (Piller, Socomes, «Русский сверхпроводник», Active Power). Имеется риск незапуска ДГУ, такой же, как и у ИБП с АКБ.

Горизонтально-осевые маховики располагаются на одной опоре с дизель-генераторными установками (HiTech, «Русский сверхпроводник»), т. е. связь у них — механическая. При этом шкаф управления может располагаться в торце установки или выноситься отдельно. Риск незапуска ДГУ полностью отсутствует, поскольку маховик ДИБП принудительно проворачивает вал дизеля.

По занимаемой площади для ДИБП, и это общепризнано, экономия может достигать десятков процентов. Так, компания R-style заявила, что недавно построенный ими ДИБП для ЦОД мощностью 2 МВт позволил

им сэкономить на площадях для бесперебойников до 35–38 % площадей по сравнению с традиционными решениями. А это означает, что заказчик не только снизит капитальные затраты на строительство, но также снизит эксплуатационные затраты на все время эксплуатации ЦОД.

Необходимые характеристики площадей для ИБП с АКБ и ДИБП также заметно отличаются. Для аккумуляторов требуется жесткий климат-контроль, наличие мощной вытяжки. Иногда выдвигаются требования по повышению безопасности помещений на случай протечки электролитов. Данные требования, соответственно, выливаются в серьезные затраты на инженерную инфраструктуру и ее эксплуатацию. Для маховичных накопителей ничего этого не требуется, поскольку технические требования к ним определяются, как правило, требованиями к самому слабому звену, а именно к мотор-генератору маховика. А они обычно отвечают обычным общепромышленным требованиям к электромашинам и, в принципе, могут использоваться даже под навесом на улице. Однако обычно

ДИБП устанавливаются в помещениях вместе с дизель-генераторами и довольствуются той инфраструктурой, которая уже имеется.

Производители химических аккумуляторов заявляют в технических характеристиках своих изделий, что они могут эксплуатироваться до 10 лет. Однако к таким параметрам нужно подходить исходя из реальных условий эксплуатации. Наиболее часто применяемые свинцовые аккумуляторы имеют ограниченное количество циклов на заряд/разряд, исчисляемое, как правило, в 300–400 циклов. Есть еще несколько параметров, снижающих их срок службы: правильность установки степени заряда, выставление правильных параметров токов и времени заряда, время нахождения в разряженном состоянии и т. д. Все это зачастую снижает их реальный срок службы — мы знаем, что многие пользователи могут менять аккумуляторы раз в два года и даже чаще. А это десятки, а иногда и сотни аккумуляторов.

В ДИБП единственными сменными элементами являются подшипники и масло для их смазки. Как пра-

вило, масло меняется раз в год при плановом техобслуживании, а подшипники — один раз в 5–6 лет.

По собственным подсчетам компании «Русский сверхпроводник», закупка ДИБП равной мощности и энергоемкости с ИБП на ХИТ обойдется заказчику примерно в 2,5–3 раза дороже. Однако уже по прошествии трех лет стоимость владения (капитальные и эксплуатационные затраты) выровняются, и далее до окончания срока службы в 20 лет затраты на ИБП с АКБ будут только расти. К концу этого срока затраты на ХИТ ИБП будут в 3–3,5 раза выше, с учетом всех расходов, в том числе и на электроэнергию, по сравнению с таковыми для ДИБП.

Есть еще несколько моментов, повышающих привлекательность маховичных накопителей при применении их в качестве источников бесперебойного питания. Во-первых, при риске многократных провалов или отключений электроэнергии они намного превосходят надежность классических ИБП. Посудите сами, если во время первого провала все аккумуляторы полностью разрядились, то для зарядки им понадобится не менее 8–10 часов, чтобы снова «встать в строй» на защиту оборудования ЦОД. А ДИБП равной мощности зарядится за такое же время, за какое разрядился, т. е. за несколько минут. И следующий провал напряжения в сети также будет им гарантированно ликвидирован.

Во-вторых, ДИБП, последовательно включенный в цепь сеть — потребитель, выполняет функцию сетевого фильтра, и притом гальванически развязывает потребителя и сеть, тем самым оберегая нагрузочное оборудование от флуктуаций частоты и напряжения. Производители ИБП с АКБ заявляют о такой же возможности, однако для этого покупается отдельное, самостоятельное оборудование — сетевой фильтр, который и выполняет эту функцию. Используемое для ИБП с химическими источниками тока название некоторых схем — «online двойного преобразования» — технически означает лишь использование байпаса для нормаль-

ного энергоснабжения потребителя от сети с подключением ХИТ в течение определенного времени после возникновения провала или просадки в сети.

## Перспективы развития ДИБП

Тенденции развития динамических ИБП различных производителей показывают наличие общих трендов вне зависимости от особенностей конструкции маховиков и силовой электроники в этих изделиях. Новые образцы становятся более энергоемкими. Здесь компании, которые придерживаются стратегии развития супермаховиков, изготовленных из сверхпрочных углеволокон, наращивают размеры, а тем самым и массу маховика, и пытаются увеличивать окружные скорости их вращения. Компании, которые применяют традиционные маховичные металлические решения, проводят подбор более прочных материалов, потому что механика маховика имеет прямую зависимость энергоемкости от прочности материала, из которого изготовлен маховик. Также эти производители проводят прямое масштабирование маховиков.

Вторым трендом можно назвать увеличение мощности единичного изделия. Это достигается путем применения более мощных электромашин в конструкциях ДИБП.

Третий тренд — реализация коллективной работы многих ДИБП: пользователю предоставляется возможность создавать «плантации» накопителей с целью наращивания мощности и энергоемкости. Такие решения требуют отработки режимов совместной работы многих ДИБП, создания автоматизированных систем управления комплексами агрегатов.

Также можно назвать еще одну тенденцию: предложение потребителю ДИБП одновременно нескольких функций этого механизма. Ведь маховичный накопитель может работать как ИБП, как поглотитель рекупированной энергии, как буферный накопитель, как регулятор частоты и напряжения в сети. Такие решения приобретают все большую популяр-

ность, например, на электрифицированном транспорте, и в ближайшем будущем следует ожидать проникновения ДИБП в эту сферу.

В стоимостном отношении следует ожидать при увеличении числа продаж ДИБП на рынке снижения их стоимости при росте производства, что является стандартным явлением для выходящей в серию новой разработки.

Демонстрируемая в последние годы экспансия ДИБП в сегмент средних и мощных ИБП будет продолжаться, и доля их в этих участках рынка будет увеличиваться за счет вытеснения традиционных решений, использующих химические аккумуляторы.

## Заключение

Рынок создания ЦОД и других объектов, требующих применения средних и мощных источников бесперебойного питания в России, переживает достаточно серьезный рост. Одновременно с движением рынка на нем появилась новая технология, которая ведет к новой конфигурации предоставляемых решений и, соответственно, к новому соотношению имеющихся на нем игроков. К тем имеющимся полутора-двум десяткам значимых вендоров в сфере поставки решения по ИБП добавляются три-четыре новых игрока, которые представляют динамические бесперебойники. Экономические и технологические качества маховичных технологий вскоре позволят потребителям оценить заявляемые преимущества, что, возможно, также подтолкнет к развитию некоторых сегментов машиностроения и электротехники в России. Будем надеяться, что эта волна не будет заглушена продолжающейся стагнацией на мировых рынках, на которых также отчетливо видно превышение темпов развития рынков ЦОД над другими близкими сегментами.

Александр Кацай ■

Если вы хотите оставить комментарии по статье, воспользуйтесь данным QR-кодом.

