

## Динамические УПС: Панацея или ящик Пандоры?

Для того, чтобы не только получить информацию, но и поделиться ею - попробую описать принцип работы. Итак, что есть динамический УПС? В общих чертах, это, в самом простом варианте, связка трех компонент: Дизель + Накопитель энергии + Электромашина.

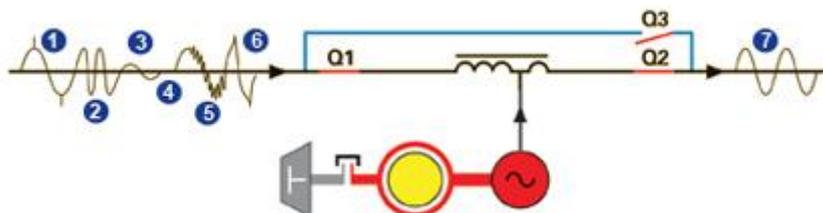
Вот рисунок с сайта одного из производителей (HiTec):



Что же мы видим на данной картинке?

1. Уже упомянутый дизельный двигатель.
2. Накопитель энергии.
3. Электромашина - т.е. в случае подачи на нее энергии - это электродвигатель, в случае, если нечто вращает вал, то - генератор.

Теперь рассмотрим принципиальную схему:



Пояснения к рисунку:

Всяческие проблемы с внешним питанием:

1. Пики питания на входе.
2. Нестабильности по частоте.
3. Провалы в питании на входе.
4. Пропадание питания.
5. Наводки.
6. Гармонические искажения.

И светлое будущее на выходе:

7. Постоянное высококачественное питание.

Так же нарисованы, но без цифр (сверху вниз, и справа налево):

Q1, Q2, Q3 - обычные переключатели, не АВР.

Верхняя линия - байпас - ну, куда же без него.

Катушка индуктивности, для сглаживания.

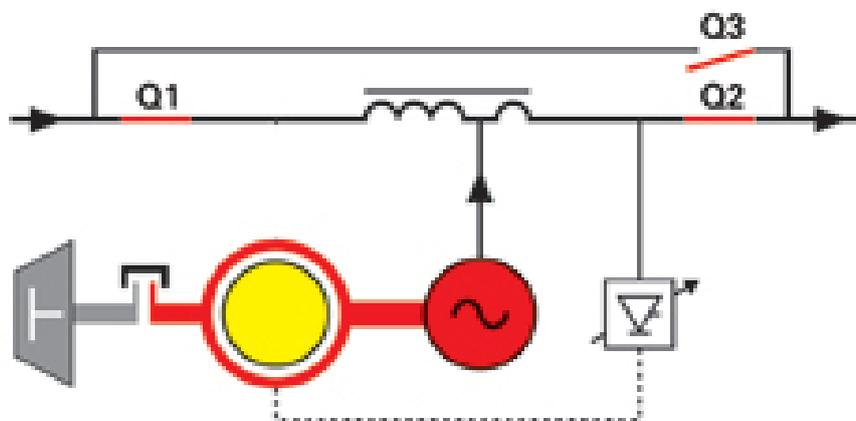
Электромашина.

Накопитель энергии.

Муфта сцепления.

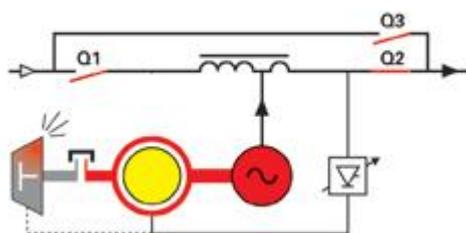
## Дизельный двигатель.

Теперь рассмотрим режимы работы:  
Нормальный режим работы



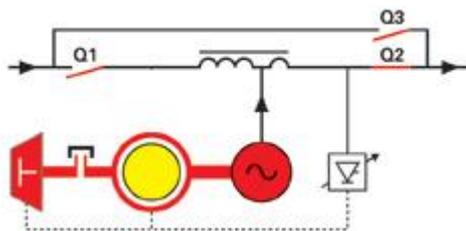
Электромашина работает обычным электромотором, крутит накопитель, "запасая" энергию на период сбоя питания.

### Старт дизеля



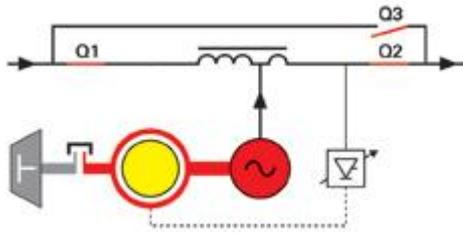
Пропадает питание, накопитель продолжает вращаться, параллельно идет запуск дизеля, который, в общем случае, раскручивается на холостом ходу, до достижения нужной частоты вращения. Вал электромашины продолжает вращаться, теперь уже благодаря накопителю, и она "превращается" в генератор, напряжение в выходной сети не пропадает.

### Работа от дизеля



Срабатывает муфта сцепления, и дизель уже вращает как накопитель, так и через него - электромашину - питание в выходной сети стабильно.

Возврат в нормальный режим работы



Тут особых пояснений не требуется.

А так же - альтернативный пример от Пиллера -

Заявленные "дополнительные" преимущества:

Сглаживание проблем, без старта дизеля, т.е. кратковременные выбросы обрабатываются даже просто за счет наличия накопителя.

Легкость старта дизеля, т.к. он стартует без нагрузки, и включается в работу уже при выравненных оборотах.

"Исправление" косинуса  $\phi$  (?).

Возможность запитывать любую нагрузку, к примеру, для датацентров - чилера.

Снижение требований к площади не ИТ-инфраструктуры ДЦ - нет необходимости держать батареи для УПСов.

Возможность обеспечить стабильно питание даже по высокому (точнее - 10 КВ) напряжению.

Постоянный самопрогрев дизеля, за счет помещения в единых кожух.

Потенциальна - большая экономия в ТСО - за счет отсутствия необходимости менять батареи. Хотя - требует ТО раз в 10 лет, для полной замены подшипников, плюс, каждый год - замена масла.

### **Высокий КПД.**

*Ну а теперь, что собственно беспокоит:*

- ✓ *Первое - так как решение, в общем и целом, непривычное, то есть субъективная осторожность, и скажем так - неверие в надежность. А что будет, если не стартует, или не успеет или еще что-то. Да, часть вопросов можно решить резервированием. Но - решение не дешевое, и как следствие - особо избыточно зарезервировать может не получиться.*
- ✓ *Второе - а будет ли экономия во владении?*
- ✓ *Третье - а будет ли так высок КПД, затраты на катушку, двигатель и т.п.*
- ✓ *Четвертое - насколько он независим по характеру нагрузки?*
- ✓ *Пятое - ну и - насколько реально стабилизирует, в отличии от "статических" УПС с двойным преобразованием.*

### **Петр**

«Если все правильно понял, то эта картинка мне очень сильно напомнила производственную практику после 4 курса института на радиорелейной станции города Курска. Именно это там и стояло в 1976 году и алгоритм работы там был именно такой, хотя байпас там отсутствовал точно. Функции накопителя исполнял огромный маховик, инерции которого хватало минут на 15. И инерция эта гарантированно обеспечивала синусоиду, т.к. маховик всегда вращается равномерно. Так что если солянку не сливать, то запускался этот дизелек при всех мыслимых и немыслимых ситуациях и уже он начинал крутить маховик. Питалась от такой системы в т.ч. японская аппаратура. От

обслуживающего персонала жалоб на питание, как и на японскую аппаратуру (в отличие от нашей Р-600) не слышал. М.б. новое - это, как всегда, хорошо забытое старое?»

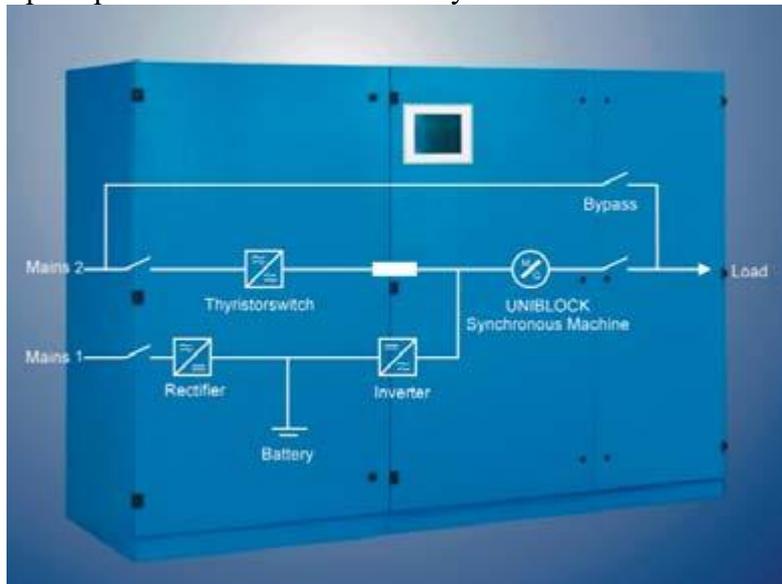
Таки да. **Собственно представители фирмы HiTec в разговорах ссылались на опыт использования таких девайсов в Союзе.**

Но, если говорить об их оборудовании, у них не просто массивный маховик, а электромагнитный маховик, который значительно легче, и накопление идет несколько по другому принципу, но ...

### **Богдан Бирук**

Благодарю Вас Петр. Статья, безусловно, интересна, но приведенные в статье решения совсем не новы. Это решения в общем-то 50 летней давности. Во всяком случае патенты Hitec Power Protection датируются еще 1969 г. Связка двигатель-генератор, в том числе с маховиками, использовалась еще в советские времена об этом упоминает в одном из первых комментариев Андрей Семенов. Я тоже сталкивался с подобными устройствами в местах размещения вычислительных машин серии ЕС. Бесспорным преимуществом, такого решения было обеспечение реальной гальванической развязки между сетью и нагрузкой и нормализация питающего напряжения для нагрузок. На мой взгляд, это единственное бесспорное преимущество такого оборудования. Обычно, динамический преобразователь использовался в составе статического ИБП вместо трансформатора.

Примером такого ИБП может служить Piller UNIBLOCK UBR.



Принцип работы такого ИБП ясен из схемы на фото, КПД такого устройства ниже, чем у современных «статических» решений UPS. Вся его привлекательность в качестве «зеленого» ИБП становится сомнительной даже без какого-либо математического анализа. Но такое устройство полноценно защищает нагрузку. В отличие от ИБП, аналогичных UNIBLOCK, приведенные в статье решения – не обладают свойством гальванической развязки. Это в лучшем случае интерактивные ИБП, со всеми недостатками последних. Глядя на приведенные в статье схемы динамических ИБП, не могу избавиться от стойкого ощущения дежавю. И их структура, и аргументация относительно преимуществ, удивительно напоминают всем известный ИБП серии Silcon, в котором вместо дросселя и электродвигателя-генератора использовались дельта-трансформатор и обратимый преобразователь, работающий в режиме выпрямителя при работе от сети, и в режиме инвертора при работе от аккумуляторной батареи.

Собственно посмотрите внимательно на приведенные в статье схемы. Они фактически реализуют даже не интерактивную, а off-line архитектуру. Согласен с автором

– такое решение обладает высоким КПД. Но чем такое решение лучше доступного в современных «статических» ИБП, так называемого ЕСО-режима с КПД 97-98%?

Ну а теперь укажите мне на того, кто использует ЕСО-режим в питании любой мало-мальски ответственной нагрузки.

К сожалению, для оценки стоимости владения отсутствует информация относительно объема обслуживания динамических ИБП. В то же время имею личный опыт относительно «статических» ИБП, проработавших без регламентного обслуживания 10 лет и даже более, и продолжающих работать в настоящее время после выполнения регламентных работ по продлению их ресурса. Не думаю, что какой-либо динамический ИБП проработает без регламентного обслуживания более 1-2 лет.

Сегодня уже известны унитарные модели статических ИБП, мощность которых близка или превышает 1МВА, например: ИБП APCMGE Galaxy 9000 900 кВА или Eaton 9395 мощностью 1100кВА.

Не могу сказать относительно этих моделей сколько времени они могут отработать при номинальной нагрузке без аккумуляторных батарей, а вот серия ИБП APCMGE Galaxy 5000 может отработать на номинальную нагрузку без перехода на батареи до 4-5 секунд.

Время такого же порядка и даже меньшее (до 3 секунд) обеспечивает индукционный накопитель энергии динамического ИБП производства Hitec Power Protection (данные сайта изготовителя). В том же источнике указывается время выхода на режим для генератора 0-2 секунды. До сих пор не встречал генераторных установок с таким малым временем выхода на режим, но если они действительно существуют, то ИБП Galaxy 5000 теоретически может работать вообще без аккумуляторных батарей, хотя должен признать, что в спецификациях изготовителя такая возможность не упоминается.

Вопросы автора, поставленные в конце статьи, и для меня пока остались открытыми даже после ознакомления с информацией на сайтах производителей динамических ИБП. Кроме них встало еще несколько вопросов.

Каким образом будет работать динамический ИБП при обрыве одной из фаз или нейтрали? Современные "статические" ИБП, причем бестрансформаторные, позволяют восстановить нейтраль для своих нагрузок.

Буду благодарен и автору статьи, и просто ее читателям, за продолжение обсуждения этой темы. Возможно, именно такое обсуждение позволит досконально разобраться в преимуществах и недостатках динамических ИБП надуманных или на самом деле имеющих место.

### **Богдан Бирук**

Я не сторонник "модных" решений

Уважаемый обозреватель, благодарю Вас за внимание к моей скромной персоне, но хочу подчеркнуть, что я не сторонник ни статических, ни динамических ИБП, или каких-либо других "модных" решений. Прежде всего, я прагматик и, поэтому, выстраиваю свою систему взглядов на жизнь и технику с точки зрения получения практически полезных результатов. Для меня только практика - критерий истины. Если Вы просмотрите все мои комментарии по этой теме, то убедитесь, что для меня вполне приемлемы, например, динамические накопители энергии в виде супермаховиков. Но вот буду ли я их применять на практике и рекомендовать своим клиентам зависит от множества условий: в том числе технических, экономических и даже психологических. К моему сожалению объем информации, которой я располагаю все еще остается не достаточным. Что меня настораживает при ознакомлении с динамическими устройствами

- это поразительная скудность спецификаций, технической документации, описаний и пояснений тех преимуществ, которые декларируются.

К моему сожалению дискуссии и диалога пока не получается. В обсуждении поставлено много вопросов, но пока они повисли в воздухе без ответов, в ожидании того, кто тонко чувствует специфику динамических ИБП и способен в доступной форме дать необходимые разъяснения. С нетерпением жду продолжения дискуссии.

## Engineer

Использование роторных ИБП в дата-центре

Использование роторных ИБП в дата-центре получают одобрение хостингового провайдера Terremark Worldwide Inc. Хостинговый гигант Terremark Worldwide Inc. устанавливает роторные источники бесперебойного питания (ИБП) в своем новом центре обработки данных в Санта-Кларе, который должен вступить в эксплуатацию 1 апреля 2010. Хотя заказчики большинства центров обработки данных по-прежнему предпочитают использовать аккумуляторные ИБП, некоторые будущие владельцы дата-центров выбирают роторы. Выпускавшиеся раньше небольшими компаниями, сейчас они поставляются и продаются крупными компаниями. Бен Стюарт, старший вице-президент по планированию закупки и установки оборудования в Terremark дал интервью представителю компании Search Data Center о причинах использования роторных ИБП.

Вы выбрали роторную ИБП в качестве резервного источника питания в новом ЦОД корпорации Terremark в Санта-Кларе. Почему?

Бен Стюарт: самой главной причиной нашего выбора роторных ИБП является то, что они занимают намного меньшую площадь. Вам не нужно выделять так много места под размещение аккумуляторов. Кроме того, роторные ИБП могут работать практически в любых атмосферных условиях и весят меньше, а в случае аккумуляторных кабинетов, их не нужно менять каждые пять лет, тем более, что замена одного аккумуляторного модуля обходится в 100,000 долларов США.

Что вы подразумеваете под «любой погодой»?

Бен Стюарт: Это температура. В случае использования аккумуляторов оптимальная температура в помещении должна быть постоянной и находится в определенных пределах. Точно так же как в автомобиле, если вы используете автомобиль на севере в условиях больших колебаний температуры, то аккумулятор выходит из строя быстрее, чем на юге, где колебания температуры меньше. При использовании роторных ИБП не нужно беспокоиться о температуре в помещении.

Корпорация Terremark уже некоторое время использует роторные ИБП. Не могли бы вы рассказать историю их использования в корпорации Terremark?

Бен Стюарт: На рынке есть два вида роторных ИБП: роторные ИБП и роторно-аккумуляторные ИБП. В роторных ИБП энергия вращения используется для энергоснабжения операционного зала, находящегося между источником сетевого электропитания и генератором. В нашем самом первом ЦОД мы использовали роторную ИБП.

Мы начали использовать роторно-аккумуляторные модули в Кулпеппере, штат Вирджиния. В наших роторно-аккумуляторных модулях для получения постоянного тока для инверторов вместо обычных аккумуляторов используются маховики. Таким образом, можно использовать в ЦОД практически любой роторные ИБП и вместо аккумуляторов ставить маховики.

### Комментарий к одному из мифов...

engineer сказал:

«Бен Стюарт: самой главной причиной нашего выбора роторных ИБП является то, что они занимают намного меньшую площадь. Вам не нужно выделять так много места под размещение аккумуляторов. Кроме того, роторные ИБП могут работать практически в любых атмосферных условиях и весят меньше, а в случае аккумуляторных кабинетов, их не нужно менять каждые пять лет, тем более, что замена одного аккумуляторного модуля обходится в 100,000 долларов США. Что вы подразумеваете под «любой погодой»? Бен Стюарт: Это температура. В случае использования аккумуляторов оптимальная температура в помещении должна быть постоянной и находится в определенных пределах. Точно так же как в автомобиле, если вы используете автомобиль на севере в условиях больших колебаний температуры, то аккумулятор выходит из строя быстрее, чем на юге, где колебания температуры меньше. При использовании роторных ИБП не нужно беспокоиться о температуре в помещении.»

Действительно, срок службы аккумуляторов зависит от температурных режимов, он уменьшается в два раза на каждое повышение температуры в помещении с аккумуляторами на 10градусов Цельсия.

Оптимальным является диапазон температур 20-25°C. На мой взгляд, мифом являются значительные затраты на поддержание температуры в помещениях с аккумуляторными батареями. Сами аккумуляторные батареи не создают значительных теплопритоков, поэтому их достаточно разместить в выделенном помещении с минимизированными внешними теплопритоками. Думаю, что здесь ни для кого не секрет, что основные теплопритоки ЦОД создает основное серверное оборудование ЦОД, для нормальной работы которого тоже нужно обеспечить определенный температурный диапазон.

К стати, это те же 20-25°C. Теплопритоки от ИБП на фоне теплопритоков от основного оборудования ЦОД просто теряются.

engineer сказал:

«случае аккумуляторных кабинетов, их не нужно менять каждые пять лет, тем более, что замена одного аккумуляторного модуля обходится в 100,000 долларов США.»

К моему сожалению, это пример цитата ни о чем. О каком комплекте батарей идет речь, для какой нагрузки, с каким временем эксплуатации? Пример из моей практики: осень прошлого года, комплект батарей, обеспечивающий 45 минут при нагрузке 192кВт, срок эксплуатации батарей - 10 лет, базис цены CIF (доставка из Франции в Таджикистан) - 70000 Долларов США, думаю, что после таможенной очистки стоимость составила те самые 100000 долларов США, для США у меня данных нет.

Много это или мало? Какому комплекту соответствует эта цена? Очевидно, что при использовании генератора с временем запуска 12-15секунд время резервирования 45 минут не оправданно большое, а вот тот же комплект, или аналогичный, с соответствующими разрядными характеристиками и временем резервирования, для нагрузки 750кВт - и временем резервирования - 5минут, пожалуй в самый раз, да и цена для этого уровня мощностей не столь уж высока при сроке эксплуатации батарей 10 лет. Этот же комплект батарей может обеспечить нагрузку 900кВт в течение 3минут. Тем ни менее времени резервирования много не бывает и 45 минут, безусловно, лучше и надежнее, 3 или 5 минут, не говоря уже о 5-15 секундах. За 45 минут можно при определенных условиях выполнить даже ремонтные процедуры

## engineer

Богдан сказал:

«Очевидно, что при использовании генератора с временем запуска 12-15 секунд время резервирования 45 минут не оправданно большое, а вот тот же комплект, или аналогичный, с соответствующими разрядными характеристиками и временем резервирования, для нагрузки 750кВт - и временем резервирования - 5 минут, пожалуй в самый раз, да и цена для этого уровня мощностей не столь уж высока при сроке эксплуатации батарей 10 лет. Этот же комплект батарей может обеспечить нагрузку 900кВт в течение 3 минут»

Так какое рекомендуемое время работы от батарей до запуска дизеля для ЦОД? Всегда ли запускается дизель?

## Богдан Бирук

engineer сказал:

«Так какое рекомендуемое время работы от батарей до запуска дизеля для ЦОД? Всегда ли запускается дизель? »

Безусловно, не очень прилично отвечать вопросом на вопрос, но почему время работы от батарей должно быть в системах со статическими ИБП в принципе значительно больше, чем время, которое обеспечивает накопитель динамического ИБП? А ведь это время всего 5-10 секунд. Ведь масса маховика относительно мала а обороты всего-то - 1500.

Я уже писал ранее в своих комментариях о том, что 4-5 секунд без перехода на батареи могут обеспечить работу на номинальную нагрузку некоторые современные статические ИБП. Но такой режим работы предусмотрен производителем ИБП скорее для компенсации кратковременных перерывов питания, чем для запуска дизеля. Уверен, что "мои лучшие намерения не поймет" мой заказчик, если я ему предложу решение, включающее генераторную установку с временем запуска 2 секунды и статический ИБП вообще без аккумуляторных батарей. Написал эти строчки и даже сам поехал от такой гипотетической спецификации. Почему вызывает сомнение запуск генератора со статическим ИБП и не вызывает сомнений запуск такого же точно дизеля, но уже в составе динамического ИБП? Для корректного сравнения систем с динамическими и статическими ИБП их генераторы должны быть по своей надежности по крайней мере одинаковыми с точки зрения обеспечения надежности запуска.

Кроме того, для динамического ИБП муфта на маховик включается после выхода дизеля на номинальный режим оборотов.

В обычной генераторной установке после достижения номинальных оборотов на выходе генератора кроме номинальной частоты устанавливается номинальное напряжение, а после этого генераторная установка способна принять нагрузку. Ранее в своем комментарии вы удивлялись - и почему это заказчики не выбирают динамические ИБП?

**На мой взгляд, все объясняется просто - заказчик на подсознательном уровне не верит в абсолютную надежность запуска дизельного двигателя в такой системе. Эти опасения основаны на том, что если все-таки запуск не произойдет, то у персонала не будет никакой возможности повлиять на ситуацию.**

Почему я это утверждаю? Да только потому, что при выборе времени автономной работы сам Заказчик просит его увеличить максимально возможно (конечно с учетом существующего бюджета), именно для того, чтобы у персонала была возможность что-то предпринять в том случае, если запуск генераторной установки все-же не произойдет. Ну а теперь вернемся к Вашему вопросу относительно рекомендуемого времени

автономной работы для запуска дизель генератора. На самом деле сам вопрос не достаточно корректен. Скорее можно говорить о комплекте батарей с минимально возможным временем резервирования. Начну с того, что минимальное время резервирования для комплекта батарей определяется предельными для выбранного типа батарей разрядными токами. Поэтому, минимальное время автономной работы не может быть менее 3-5 минут. Второй фактор, который необходимо учитывать - это зависимость ресурса аккумуляторной батареи от глубины разряда батареи. При глубине разряда 100% ресурс батареи будет исчерпан уже после 200-220 циклов заряд-разряд, при глубине разряда - 30% ресурс батареи будет исчерпан уже после 1000-1200 циклов, то есть ресурс батареи с уменьшением глубины разряда будет существенно выше. Обычным критерием для замены аккумуляторной батареи является снижение ее емкости до 75% от номинала или снижение ее номинального времени автономной работы в два раза. Этот критерий означает, что номинальное время автономной работы должно быть выбрано как минимум в два раза больше минимального времени автономной работы, чтобы до конца срока эксплуатации батарей обеспечить время автономной работы, превышающее минимальное время автономной работы. Что касается абсолютного значения времени автономной работы, то оно определяется в соответствии со сценарием отработки аварии в энергосистеме такое время может быть принято от 3-5 до десятков минут в зависимости от пожеланий заказчика и того бюджета, которым он располагает. Интересно, а что по этому поводу говорят нормативные документы? Раньше НБУ регламентировал время автономной работы более 20 минут. В последней редакции такого жесткого указания нет. К сожалению сейчас у меня нет перед глазами стандарта на ЦОД, там в принципе все достаточно подробно регламентируется, но вот что сказано относительно времени автономной работы не помню. Нужно будет обязательно посмотреть.

### engineer

Правда, участники «тендера» не ограничились проверенными классическими решениями. А. Ласый (КРОК) полагает, что для ЦОДа такого масштаба можно использовать электромеханические системы бесперебойного питания. Например, на базе оборудования компании Hitec Power Protection. Сам он назвал это решение смелым, но уже вполне конкурентоспособным по отношению к традиционным системам и по начальным затратам, и по эксплуатационным расходам. Это достигается в первую очередь за счет экономии электроэнергии и сокращения числа подсистем, входящих в комплексную систему электроснабжения (в частности, нет необходимости в системе прецизионного кондиционирования батарей, используемой в случае статических ИБП), а также благодаря отсутствию аккумуляторных батарей, которые нужно периодически менять и утилизировать (при отключении электросети общего пользования до запуска ДГУ электропитание оборудования идет за счет кинетической энергии, сохраненной в индукционном накопителе).

Столь же смел оказался и Verysell. Специалисты этой компании также рекомендуют использовать роторные дизельные ИБП от Hitec Power Protection. Такая система сочетает в себе ИБП и ДГУ и обходится примерно на 30% дешевле по сравнению со статическими ИБП, к которым дизель-генератор нужно покупать отдельно, да и размеры ее существенно меньше, что позволяет сократить используемые под СГБЭ площади примерно на 30–40%. Кроме того, КПД данных систем достигает 98%, а это означает, что затраты на электроэнергию можно снизить не только за счет более эффективного ее использования, но и благодаря особенностям ценообразования: при коэффициенте мощности 0,7 электроэнергия поставляется с некоторой наценкой, а при коэффициенте 0,98 на базовый тариф, наоборот, предоставляется скидка, и в России она может достигать до 25%. Еще одно преимущество дизельных ИБП – использование технологии среднего напряжения

(MV), обеспечивающей экономию при резервировании систем электроснабжения. Технология низкого напряжения не позволяет при резервировании ИБП подключать их к единой шине постоянного тока, иначе в случае короткого замыкания подача тока увеличится до недопустимых величин (90–100 кА). В результате каждый ИБП приходится резервировать отдельно, что, в свою очередь, увеличивает затраты на создание дата-центра. При использовании технологии среднего напряжения все ИБП можно подключить к единой шине постоянного тока и зарезервировать ее по схеме N+1. При этом токи короткого замыкания останутся в пределах допустимой нормы и для резервирования всех модулей ИБП достаточно будет одного запасного блока.

В принципе, очень многие специалисты считают роторные ИБП интересным с технической точки зрения решением, однако, когда дело доходит до конкретной реализации, они предпочитают традиционные, давно отработанные схемы (хотя в Европе и США ИБП с маховиками уже достаточно популярны). Скептиков смущает высокая стоимость и малое время автономной работы таких ИБП (10–20 с, хотя за это время по идее должна запуститься ДГУ). Конечно, цена роторного ИБП в разы больше, чем обычного, но начальные затраты могут окупиться довольно быстро. Особенно это касается крупных ЦОДов мощностью более 1 МВт (как раз наш случай). А. Маслов (Chloride) считает, что такие ИБП также вполне оправдывают себя при частых и кратковременных колебаниях напряжения питающей сети, в режимах, когда аккумуляторные батареи быстро изнашиваются и не успевают полностью заряжаться. «Грязное» электричество с колебаниями напряжения у нас не редкость, но, как считает О. Кушев («Трансфер Эквипмент Восток»), применение ИБП с маховиками и других инновационных технологий осложняется недостаточностью нормативной базы и отсутствием опыта их внедрения и эксплуатации на территории России. В общем, время роторных ИБП на седьмой части суши пока не наступило.

### **engineer**

Verysell сказал:

«Такая система сочетает в себе ИБП и ДГУ и обходится примерно на 30% дешевле по сравнению со статическими ИБП, к которым дизель-генератор нужно покупать отдельно»

Увидеть бы пример расчёта цены, например на 2 МВт (для ЦОД). Богдан, Вы можете показать спецификацию и её примерную стоимость для статического ИБП?

### **Богдан Бирук**

Не простой вопрос. И весьма неопределенный...

engineer сказал: «Увидеть бы пример расчёта цены, например на 2 МВт (для ЦОД). Богдан, Вы можете показать драфт спецификацию и её примерную стоимость для статического ИБП? »

Интересная задачка, коллега. Одно только плохо - развернутые прайсы производителей на оборудование такого уровня мне не доступны уже пару лет. Все спецификации приходится делать в режиме запросов. Уходит уйма времени. Сразу наверняка попросят засветить заказчика, даже в том случае, если речь будет идти не о поставке оборудования, а всего лишь о запасных частях. Вместе с тем, не совсем понимаю, что нужно специфицировать? Где и как оборудование должно размещаться? Какие особенности и ограничения на размещение? Причем речь идет не только о неком строительном объеме, но и географической точке его размещения. Наконец, о ЦОДе какого уровня идет речь и для каких приложений? Какой уровень оперативной готовности Вы хотите получить?

### Петр

engineer сказал: «Увидеть бы пример расчёта цены, например на 2 МВт (для ЦОД). Богдан, Вы можете показать спецификацию и её примерную стоимость для статического ИБП?»

Для нас делали прикидки.

На те же 2 МВт стоимость динамического была все-таки больше.

### Богдан Бирук

Небольшая неточность по составу

В публикации сказано: «Итак, что есть динамический УПС?»

В публикации сказано: «в самом просто варианте, связка трех компонент: Дизель + Накопитель энергии + Электромашина».

Не смотря на то, что фактически это не утверждение автора, а цитата с сайта производителя оборудования, и собственно именно на совести производителя остается то, что им пропущен один весьма существенный компонент в системе динамического ИБП. Это система охлаждения двигателя, да и самого помещения. Очевидно, что такая система не может работать без охлаждения, так как предельная температура без снижения режимов нагрузки для динамического ИБП такая же, как для статического ИБП - 40°C. Не исключаю, что а в общем случае требуется еще и охлаждение генератора. Не знаю, почему производитель "скромно" умолчал о необходимости таких подсистем.

Для динамических ИБП данных по теплопритокам я пока не нашел. Поэтому воспользуемся принципом аналогии.

### **Рассмотрим интересующие нас показатели для генераторной установки FG WilsonP1250P3.**

Мощность нагрузки - 1,25МВА (1МВт).

Эта установка оснащена двигателем, для которого:

Выход тепла в выхлопную систему: 1001,0 кВт Выход тепла в систему охлаждения: 401,0 кВт Общее излучение тепла: 89,0 кВт. Эти показатели означают, что для данной (или подобной) установки должна существовать подсистема с соответствующим радиатором, вентилятором и коммуникациями, для утилизации тепла 401кВт, кроме того, даже при наличии такой подсистемы, сама установка излучает 89кВт тепловой мощности, что существенно превышает теплопритоки от генератора и реактора. Тем ни менее, последний показатель можно принять в качестве теплопритока в помещение, где размещается установка, по моей предварительной оценке для размещения такой установки вместе с электротехническими шкафами, необходимо помещение площадью 40-50м.кв. При высоте помещения 3,5м, его объем составит 140-175м.куб. За какое время теплоприток 89кВт прогреет помещение такого объема с 20 до 40°C? Не буду томить, отвечу сам. Сразу скажу, я не теплотехник, поэтому проведу эту оценку для самого простого случая - при отсутствии вентиляции.

Время прогрева помещения получилось менее 49 секунд. Какой же должна быть система вентиляции такого помещения? Замечу, что разница температур в расчете составляет 20°C. А если температура воздуха в помещении будет 35°C и разность составит всего 5°C? Аналогичный расчет для этого случая показывает время нагрева до 40°C составляет от 11,9 до 12,2 секунды в зависимости от влажности воздуха.

Так, что и для оборудования с такой установленной мощностью обеспечение температурных режимов необходимая и не такая уж простая задача. И последнее, теплоприток на уровне 89 кВт для гипотетического статического ИБП на мощность нагрузки 1МВт, получится для статического ИБП с КПД всего 91%.

Но это данные только для гипотетического ИБП. Для реального ИБП данного диапазона мощности нагрузки, например для EATON 9395 при мощности нагрузки 990кВт, КПД составляет 94,5%.

При этом потери - 54,45кВт.

В чем же дело, а дело в том, что КПД для динамического ИБП приводится в спецификации в off-line режиме, а о теплопритоках в режиме работы от генератора скромно умалчивается, но компенсировать теплопритоки нужно во всех режимах работы, а разнести эти элементы принцип действия не позволяет. Думаю, что в ЕСО-режиме EATON 9395 также остается вне конкуренции - его КПД в ЕСО-режиме не 96-97, а 99%!!!!!!.

Ну и последнее, решения для динамических ИБП, приведенных в статье невозможно оптимизировать оптимизируя размещение его элементов. Принцип не позволяет.

Все оборудование должно быть на одной оси с возможностью механической связи, а отсюда и ворох проблем, о которых я говорил уже выше.

### **engineer**

Сколько роторных ИБП нужно?

Пусть мощность "компьютерной" части ЦОД 2МВт.

Варианты:

1. 2x2 МВт
2. 3x1 МВт
3. 5x0,5 МВт
4. 6x0,5 МВт

Кроме того отдельно необходимо обеспечивать отдельное гарантированное питание для обслуживающего оборудования(кондиционирование, вентиляция и т.п.), это ещё одна группа роторных ИБП.

### **Богдан Бирук**

О выборе количества динамических ИБП в системе engineer сказал:

«Сколько роторных ИБП нужно? Пусть мощность "компьютерной" части ЦОД 2МВт. Варианты: 1. 2x2 МВт 2. 3x1 МВт 3. 5x0,5 МВт 4. 6x0,5 МВт». Для того, кто совсем немного знаком с основами теории надежности, ответ очевиден 2МВт+2МВт при этом система не должна быть параллельной, так как в этом случае на выходе параллельной системы имеет место так называемая точка отказа. Обе эти установки должны работать независимо, образуя две независимые шины питания оборудования ЦОД. На сегодня именно такая архитектура отвечает требованиям стандарта относительно ЦОД четвертого уровня. Этот вариант будет наиболее надежным и, возможно, не на много дороже системы с резервированием по схеме N+1. Очевидно, что стоимость одиночной установки меньше стоимости установки из N агрегатов той же мощности. При этом ее надежность в N раз ниже. Для повышения надежности неизбежно приходится вводить в систему дополнительный резервный агрегат, надежность же системы в целом возрастает, но показатели надежности с ростом N приближаются к показателям надежности одиночной системы.

**engineer** сказал:

«Кроме того отдельно необходимо обеспечивать отдельное гарантированное питание для обслуживающего оборудования (кондиционирование, вентиляция и т.п.), это ещё одна группа роторных ИБП. »

А вот с этим утверждением я, пожалуй, не соглашусь. В чем необходимость в такой дополнительной системе гарантированного питания?

На мой взгляд это не только увеличит стоимость оборудования, но и снизит надежность системы в целом, либо эту систему придется точно также дублировать как и основную систему гарантированного питания

### **engineer**

Вопросы по эксплуатации:

Вопросы по эксплуатации:

1. Штат структуры по обслуживанию.
2. Виды ТО: ежедневное, недельное, месячное, годовое и т.п...  
И в чём они состоят.
3. Как часто по нормам нужно останавливать роторный ИБП и на сколько?
4. Какие бывают отказы и как они контролируются, как предсказываются и за сколько времени.
5. Срок службы роторного ИБП.
6. Какие нормативные документы имеются и как нужно их учитывать?
7. Какие государственные структуры будут контролировать и приходить в гости?

### **Богдан Бирук**

Еще один аспект - экологический

Хороший перечень вопросов.

Но одним из ключевых может стать вопрос оценки воздействия такого агрегата на окружающую среду. В том случае, если предельно допустимые концентрации вредных веществ уже превышают норму, согласовать, а потом ввести в эксплуатацию такой агрегат, будет весьма проблематично, разве что с использованием тех или иных незаконных методов, таких как стимулирование согласующих инстанций, что в общем случае не гарантирует успех.

**engineer** сказал:

«Бен Стюарт: На рынке есть два вида роторных ИБП: роторные ИБП и роторно-аккумуляторные ИБП. В роторных ИБП энергия вращения используется для энергоснабжения операционного зала, находящегося между источником сетевого электропитания и генератором. В нашем самом первом ЦОД мы использовали роторную ИБП. Мы начали использовать роторно-аккумуляторные модули в Кулпеппере, штат Вирджиния. В наших роторно-аккумуляторных модулях для получения постоянного тока для инверторов вместо обычных аккумуляторов используются маховики. Таким образом, можно использовать в ЦОД> практически любой роторные ИБП и вместо аккумуляторов ставить маховики».

В приведенном выше комментарии вскользь упоминается очень интересный элемент - маховик с выходом на постоянном токе. Примером такого устройства может служить VSS+ DC (60-500 кВА) от компании Socomes. Это супермаховик с магнитной подвеской с выходом на постоянном токе (выходное напряжение DC 420-570В), который может быть использован вместо аккумуляторной батареи. Система может обеспечить работу нагрузки мощностью 190кВт в течение 12 секунд, при снижении нагрузки время,

естественно, возрастает. Так при нагрузке 48кВт для этой системы декларируется автономная работа в течение 50 секунд. Возможна параллельная работа таких устройств до 5, информации о параллельной работе большого количестве таких устройств нет. Но и та информация, которая есть говорит о вполне достойной альтернативе специализированным динамическим ИБП. Несомненное преимущество этого решения возможность его использования в уже существующей системе, например для замены полной аккумуляторного комплекта, если хозяин ЦОД смог на своем опыте убедиться в надежности работы имеющейся у него генераторной установки, или частичной замены аккумуляторного комплекта. Система достойно работает в параллель с аккумуляторной батареей.

### **ПРЕИМУЩЕСТВА**

компактный дизайн (0.5м.кв) Значительный заявленный срок эксплуатации - до 20 лет  
Отсутствие требования регламентного обслуживания (хотя в это верится с трудом при 20летнем цикле эксплуатации) высокий КПД 99,8% Сверхмалое время раскрутки маховика до номинальных оборотов, а значит восстановление готовности к повторному циклу- всего 20 секунд Если честно, то решения с использованием этого устройства мне больше нравятся, чем динамический ИБП в чистом виде. На мой взгляд супер маховики дают большую степень свободы для компоновки элементов систем гарантированного питания и не привязаны столь сильно к генераторной установке. Важным преимуществом считаю их легкую интеграцию в уже действующее оборудование. Если учесть то, что мы можем сохранить в системе все положительные стороны двойного преобразования, улучшить условия эксплуатации аккумуляторных батарей, то я уже ловлю себя на мысли о возможности предложить своим клиентам именно это решение. Вместе с тем любые новации следует изучить всесторонне, чтобы не стать жертвой какого-нибудь очередного мифа, который подбросят нам производители источников бесперебойного питания.

### **Богдан Бирук**

А что же сравнивали?

Петр сказал:

«Для нас делали прикидки. На те же 2 МВт стоимость динамического была все-таки больше».

Петр, если такое сравнение для Вас делалось, то хотя бы в общих чертах поделитесь, какими это были решения?

Это важно для понимания того, что же сравнивалось? Статические унитарные модели мощностью 2МВт мне не известны. Поэтому, для такого уровня мощности нагрузки применимы параллельные архитектуры и их вариации: N+1, N+2, 2x(N+1). Они могут быть реализованы на основе Galaxy7000, Galaxy9000, EATON 9395 и т.п. Очевидно стоимость таких решений будет меньшей, а показатели оперативной готовности выше при минимальном N>0.

Какими были конфигурации динамических ИБП?

Какими были критерии эквивалентности решений? Ведь наиболее показательным является сравнение близких по своим свойствам решений, а еще лучше, если это будут эквивалентные решения.

### **Богдан Бирук**

Ещё одна сторона вопроса - Индикация стоимости роторного решения

До настоящего времени ни комментариев, ни разъяснений от представителей изготовителей роторного оборудования ИБП мы до сих пор не получили, поэтому продолжаем разбираться сами.

Буквально вчера получил индикацию стоимости, упоминавшегося здесь в обсуждении супермаховика, обеспечивающего 190кВт нагрузки в течение 12 секунд. На рынке стоимость этого устройства составляет 77000 Евро (Даже по курсу НБУ это более 103000 USD). Таких-же затрат потребует комплект 10-летних батарей, причем, включая шкафы, с временем автономной работы 40 минут!!!!

Что касается чисто роторных ИБП, то у меня ценовой индикации пока нет, но отсутствие достоверной информации относительно мер по повышению надежности запуска дизелей в составе такого ИБП оставляет место сомнениям в технической целесообразности такого решения в угоду сомнительной экономии. Чем больше мощность нагрузки, тем больше уровень возможных потерь при отказе во время запуска дизеля. Один отказ с последующей потерей финансовой информации даже один раз за 10 лет может привести к потерям многократно, превышающим экономию электроэнергии. Малое время работы маховика не оставляет никаких шансов для нагрузки, требующей длительной процедуры выключения, а это на сегодня практически все корпоративные базы данных.

Не исключаю, что, как всегда, оптимум где-то по середине, то-ли в использовании батарей в составе роторных ИБП, то-ли в использовании супермаховиков для буферирования разрядных микроциклов в статических ИБП.

Но то, что стоимость решения, по крайней мере, на основе супермаховика, чрезвычайно высока у меня лично сомнений, как и особого оптимизма, не вызывает.

## **BegemS**

Комментарии к комментариям

Добрый день,

Хочу прокомментировать некоторые высказывания:  
"При высоте помещения 3,5м, его объем составит 140-175м.куб.

За какое время теплоприток 89кВт прогреет помещение такого объема с 20 до 40°C? Время прогрева помещения получилось менее 49 секунд."

При высоте 3,5м, площадь машинного зала составляет 40-50 кв.м, при прогреве такого помещения 89кВ-тным обогревателем температура будет расти в среднем 2-3 С/мин, не более (доказано опытным путем). При этом еще требуется время для прогрева самого ДГУ до рабочей температуры.

По поводу дополнительных систем, по мгновенному запуску дизеля в динамических ИБП, то у меня есть информация, что таковыми являются система обогрева и циркуляции масла в двигателе. Т.е. фактически масло циркулирует и нагрето. В отличие от обычных генераторов, у которых обогревается только ОЖ. Так же некоторыми производителями применяется системы запуска дизеля от маховика.

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