

# Расчет общей потребности в электроэнергии в центрах обработки данных

Ричард Соьер

Информационная  
статья № 3

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

## Краткий обзор

Одним из аспектов планирования и проектирования центра обработки данных является согласование требований по энергоснабжению и кондиционированию ИТ-оборудования с мощностью инфраструктуры. В данной статье предлагаются методы расчета требований по электроснабжению и охлаждению, а также даются указания для определения общей мощности электропитания, необходимой для поддержки центра обработки данных, включая ИТ-оборудование, оборудование кондиционирования, освещение и резервное питание.

## Введение

С появлением наращиваемых модульных архитектур ИБП установка систем становится проще. По мере роста потребностей центра просто добавляются модули. Тем не менее, легко недооценить общие будущие потребности центра или помещений обработки данных в увеличении электроснабжения.

Для изменения масштабов электроснабжения в центре или помещении обработки данных необходимо знание объемов электроэнергии, требуемой для системы кондиционирования, системы ИБП и критических ИТ-нагрузок. Требования к потребляемой мощности этих элементов могут существенно различаться, но их можно точно оценить с помощью простых правил, после того как будут определены требования к потребляемой мощности планируемой ИТ-нагрузки. Кроме оценки масштабов электроснабжения, эти элементы можно использовать для оценки мощности резервного генератора, если он требуется для нагрузок центра обработки данных.

## Оценка потребностей

Любая инициатива, направленная на повышение возможностей среды центра обработки данных, независимо от размеров или масштаба, должна начинаться с оценки потребностей. Оценка потребностей по существу определяет потребности в доступности к бизнес-приложениям, работающим на ИТ-оборудовании. Для бизнес-процесса, который не критичен по времени или управляется пакетным программным процессом, может быть целесообразным электропитание и кондиционирование без внутренней избыточности, увеличивающей доступность. Более чувствительные к времени простоя приложения, требуют наличия избыточности, в ключевых компонентах - конфигураций топологии "N+1". Каждый ключевой компонент системы обеспечивается избыточным оборудованием. На случай если откажет одно из устройств, и система по-прежнему сможет поддерживать свою функцию для критической нагрузки ИТ. Большинство критически важных приложений центра обработки данных, требующих постоянной доступности (7x24), имеют топологию 2N, в которой критически важные системы полностью избыточны. Если откажет одна критическая система, другая сможет поддерживать эксплуатационные нагрузки. При этом также предусматривается степень сопутствующей ремонтпригодности, в соответствии с которой можно проводить обслуживание одной системы, в то время как другая подает нагрузку. Дополнительную информацию о различных типах конфигураций систем см. в информационной статье APC № 75 "Сравнение различных схематических конфигураций систем ИБП".

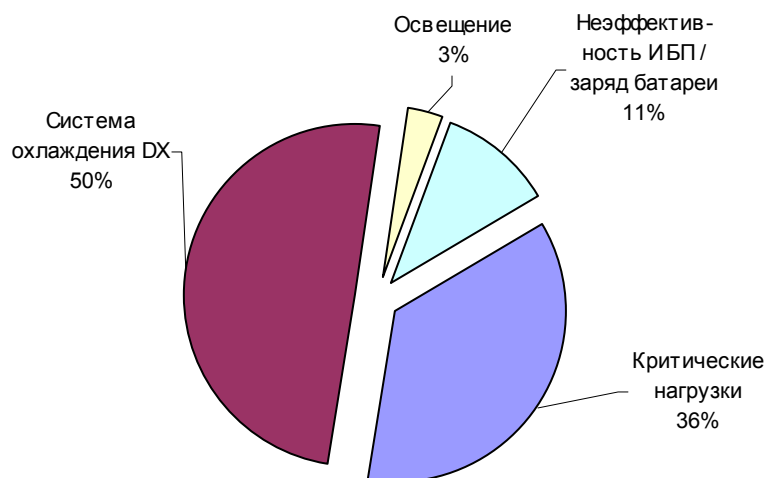
Независимо от схематической конфигурации действующей системы ИБП (N, N+1, 2N) основным вопросом является обеспечение достаточной мощности для критической нагрузки и кондиционирования. Недооценка требуемых мощностей может привести в будущем к перебоям в подаче питания, когда возникнет необходимость в увеличении нагрузки, а переоценка приведет к чрезмерным первоначальным затратам на установку и повышенным текущим расходам на обслуживание.

## Определение мощности электропитания, необходимой для поддержки центра обработки данных

Большинство центров обработки данных является частью большого здания. Описанные ниже шаги по определению электрической мощности окажут помощь в оценке нагрузок, необходимых для части здания, выделенной под центр или зал обработки данных. Разница между электропитанием в устойчивом состоянии и пиковой мощностью важна при расчете требований к мощности электропитания, и в данной статье об этом упоминается неоднократно. Дополнительную информацию о различиях в требованиях к электропитанию см. в информационной статье APC № 43, “Динамические изменения электропитания в центрах обработки данных и помещениях для сетевого оборудования”. Если речь идет об установках, в которых критически важные компоненты, такие как системы кондиционирования, охладители или резервные генераторы, являются общими и используются для обеспечения других нагрузок вне центра обработки данных, изменение масштабов систем потребует проведения сложного комплексного анализа, который должен быть выполнен инженером-консультантом.

На Рис. 1 изображено типичное распределение электрической мощности, разделенной по различным нагрузкам в центре обработки данных. В данном примере рассматривается центр обработки данных площадью 465 м<sup>2</sup> (5 000 футов<sup>2</sup>) с начальной критической нагрузкой в устойчивом состоянии 50 кВт и планируемой в будущем дополнительной нагрузкой в устойчивом состоянии, также равной 50 кВт. Предполагается, что система охлаждения работает по принципу непосредственного охлаждения (DX), а напряжение энергосистемы равно 480 В переменного тока.

**Рис. 1 – Распределение требований к энергоснабжению в центре обработки данных**



### Критические нагрузки

Планирование в проектировании центра обработки данных, от среды с отдельной стойкой до полномасштабного центра, начинается с определения размеров критической нагрузки, которую потребуются обслуживать и защищать. Критическая нагрузка - это все аппаратные ИТ-компоненты, составляющие ИТ-архитектуру предприятия: серверы, маршрутизаторы, компьютеры, устройства хранения данных, телекоммуникационное оборудование, а также системы безопасности, слежения и пожаробезопасности, защищающие эти устройства. Этот процесс начинается с составления списка всех этих устройств, включая такие характеристики, как номинальная мощность, требования к напряжению, а также однофазные это устройства или трехфазные. Паспортные данные должны соответствовать реальной предполагаемой нагрузке. Паспортные требования к потребляемой мощности являются данными, относящимися к потреблению мощности в наихудших условиях; они требуются лаборатории Underwriter's Laboratory и почти во всех случаях намного превышают ожидаемый уровень рабочей мощности. Исследования, проведенные авторитетными инженерно-консультационными фирмами и производителями электроэнергии, показали, что паспортные характеристики многих ИТ-устройств с избытком превышают действительную рабочую нагрузку примерно на 33 %. National Electrical Code (NEC) в США и аналогичные регулятивные органы в мире также признают этот факт и разрешают специалистам, планирующим электрические системы, прибавлять паспортные данные к предполагаемым нагрузкам и умножать на коэффициент одновременности; при этом допускается, что не все устройства непрерывно работают с полной 100 %-ной нагрузкой. Как вариант, для расчетов, связанных с увеличением масштабов, можно воспользоваться калькулятором, аналогичным тому, что находится на указанном ниже веб-узле. Подобного рода калькуляторы собирают данные о потребляемой мощности, предоставляемые многими производителями, и затем определяют разнообразные конфигурации оборудования.

[www.apcc.com / template / size / apc / index.cfm](http://www.apcc.com / template / size / apc / index.cfm)

На этом веб-узле ИТ-специалист может получить условную конфигурацию серверов, выраженную в стойках, на основе широко известных компонентов. Этот инструмент работает “в фоне” и суммирует известные требования к потребляемой мощности каждого компонента в пределах заданной конфигурации сервера. Например, когда пользователь указывает сервер, он должен также ввести число процессоров и другие подробности в соответствующих полях. На основе данных, введенных пользователем, функция выбора ИБП произведет расчет полной мощности, необходимой для стойки. (Мощность указывается в вольт-амперах или ВА.) Кроме того, в инструменте содержатся важные данные о производителях, вариантах входного напряжения и разъемах питания.

Наряду со списком предполагаемых компонентов, составляющих критическую нагрузку, с помощью калькулятора для оценки размеров можно определить базовую нагрузку. Что касается ИТ-оборудования, отсутствующего в калькуляторах, а также требований к потребляемой мощности для систем безопасности, пожаробезопасности и слежения, необходимо использовать следующий процесс.

- A. Суммируйте паспортную мощность предполагаемых нагрузок. Если мощность в ваттах не указана на устройстве, ее можно определить, умножив ток (в амперах) на напряжение, подаваемое на устройство, для получения значения ВА, которое почти соответствует количеству ватт, потребляемому устройством.
- B. Умножьте предполагаемое число ВА на 0,67 для оценки фактической мощности в ваттах, которая будет представлена критической нагрузкой.
- C. Разделите число на 1000 для определения уровня нагрузки в киловаттах (кВт), относящейся к предполагаемой критической нагрузке.

## Нагрузки в будущем

Нагрузки центра обработки данных не являются статичными. После создания или определения структуры ИТ-оборудования оно будет находиться почти в постоянном состоянии (с точки зрения изменений) в течение срока эксплуатации центра обработки данных. “Обновления” ИТ-оборудования будут проводиться по крайней мере раз в 3 года. При этом будут устанавливаться новые, более мощные и эффективные устройства, или же будут производиться замены в первоначальном списке планирования. Реалистическая оценка объемов и времени выполнения будущих изменений и обновлений должна быть разработана ИТ-подразделением. Тем самым будет обеспечено надлежащее планирование для выработки первоначального решения относительно потребностей в электроэнергии. Элементы на “выходе” системы энергоснабжения и распределения можно наращивать или согласовывать с известными нагрузками и будущей нагрузкой (см. информационную статью APC № 37 “Рационализация инфраструктуры центра обработки данных”), однако система энергоснабжения, питающая компоненты Адаптивной Инженерной Инфраструктуры Центра обработки данных (NCPI), должна быть достаточных масштабов, чтобы обеспечивать известную нагрузку при запуске и будущие нагрузки; либо должны быть предприняты меры для установки дополнительных

мощностей, но без продолжительного простоя, который мог бы неблагоприятно повлиять на ожидаемую ИТ-клиентом доступность.

После выполнения оценки, относящейся к величине будущей нагрузки, она добавляется к сведениям о базовой нагрузке, упомянутой выше, для определения числового значения критической электронной нагрузки в кВт.

## Нагрузки ИБП

Если предполагается, что в определение доступности для описанной выше оценки потребностей следует включить электропитание ИБП (в большинстве случаев так оно и есть), полная мощность электрической нагрузки должна включать коэффициент неэффективности системы ИБП, а также дополнительную мощность, необходимую для подзарядки батареи.

Эффективность ИБП варьируется в моделях и существенно различается в зависимости от нагрузки ИБП. ИБП редко используются в рабочих точках, где обеспечивается их заявленная эффективность. 88 % - это реалистичное и достаточно точное значение эффективности ИБП в типичных установках.

Подзарядка батареи является существенным, однако периодическим потребителем электроэнергии. При нормальной работе с заряженной батареей нагрузка для подзарядки батареи не принимается в расчет. Однако при частичной или полной разрядке батареи мощность требуемая для подзарядки может составлять около 20 % номинальной нагрузки ИБП. Хотя эта нагрузка возникает редко, тем не менее генератор и служебный вход электропитания должны быть рассчитаны на такую нагрузку.

## Нагрузки освещения

Нагрузки освещения учитывают все освещение в той части здания, где располагается центр обработки данных, и являются функцией общей площади центра. Приблизительный подсчет для этого вида нагрузки может быть следующим: 21,5 ватта на квадратный метр (2 ватта на квадратный фут).

## Нагрузки систем охлаждения

См. информационную статью APC № 25 “Расчет технических требований для общего охлаждения в центрах обработки данных”, в которой подробно рассматриваются тепловые нагрузки в среде центра обработки данных. В данной статье приводятся таблицы, которые помогут рассчитать охлаждение для отвода тепла, вырабатываемого ИТ-оборудованием. Таким образом, специалист по планированию может оценить объемы охлаждения, необходимые для поддержки запланированной критической нагрузки. Системы охлаждения очень различаются по производительности, но их можно подразделить на системы водного охлаждения и системы непосредственного охлаждения. Системы водного охлаждения, как правило, более эффективны, и по приближенным подсчетам потребляемая мощность составляет 70 % от поддерживаемой общей пиковой нагрузки. Системам непосредственного охлаждения требуется около 100 % поддерживаемой общей пиковой нагрузки. Необходимо отметить, что нагрузки охлаждения связаны с пиковыми нагрузками при запуске, превышающими значения устойчивого состояния, которые следует учитывать в расчетах. Таблица 1 в данной статье предлага-

ет оценку потребности в электроэнергии для системы охлаждения на основе следующих правил. Эти сведения помогут определить размеры электрической распределительной сети, необходимой для поддержки всего центра обработки данных.

## Размеры энергосистемы

Определены два важных числовых значения, которые помогут в оценке размеров энергосистемы, обеспечивающей питанием среду центра обработки данных: общая критическая нагрузка и общая нагрузка охлаждения. Вообще говоря, источник электроэнергии должен быть достаточно мощным, чтобы поддерживать оба эти числа и связанные с ними нагрузки освещения для центра обработки данных.

Потребляемая мощность нагрузок в устойчивом состоянии в пределах центра обработки данных определяет потребляемую мощность для оценки затрат на электроэнергию. Однако источники питания, такие как электросеть и генератор, обеспечивающие питанием центр обработки данных невозможно масштабировать до значений устойчивого состояния. Масштабы этих источников должны соответствовать пиковой потребляемой мощности нагрузок, а также любым пределам в сторону уменьшения или повышения, отвечающим нормативам или стандартной технической практике. Фактически это приводит к тому, что размеры систем электроснабжения и генератора будут существенно больше ожидаемых, как это показано в следующем разделе.

## Окончательные расчеты электрической мощности

После того как общая электрическая мощность определена в киловаттах с помощью вышеописанного процесса, можно выполнить два важных расчета: первый относится к оценке размеров системы электроснабжения, необходимого для обеспечения центра обработки данных, а второй - к мощности резервного электрогенератора, который может потребоваться для обеспечения необходимой доступности.

### Оценка размеров системы электроснабжения

Систему электроснабжения можно рассчитать следующим образом:

1. Необходимую общую электрическую мощность в киловаттах умножьте на 125 % для соблюдения требований организации National Electrical Code и аналогичным регулятивным органам.
2. Определите напряжение трехфазного переменного тока для служебного входа электропитания, обеспечиваемого электростанцией. Это, как правило, 480 В переменного тока в США и 230 В переменного тока во многих других странах мира.

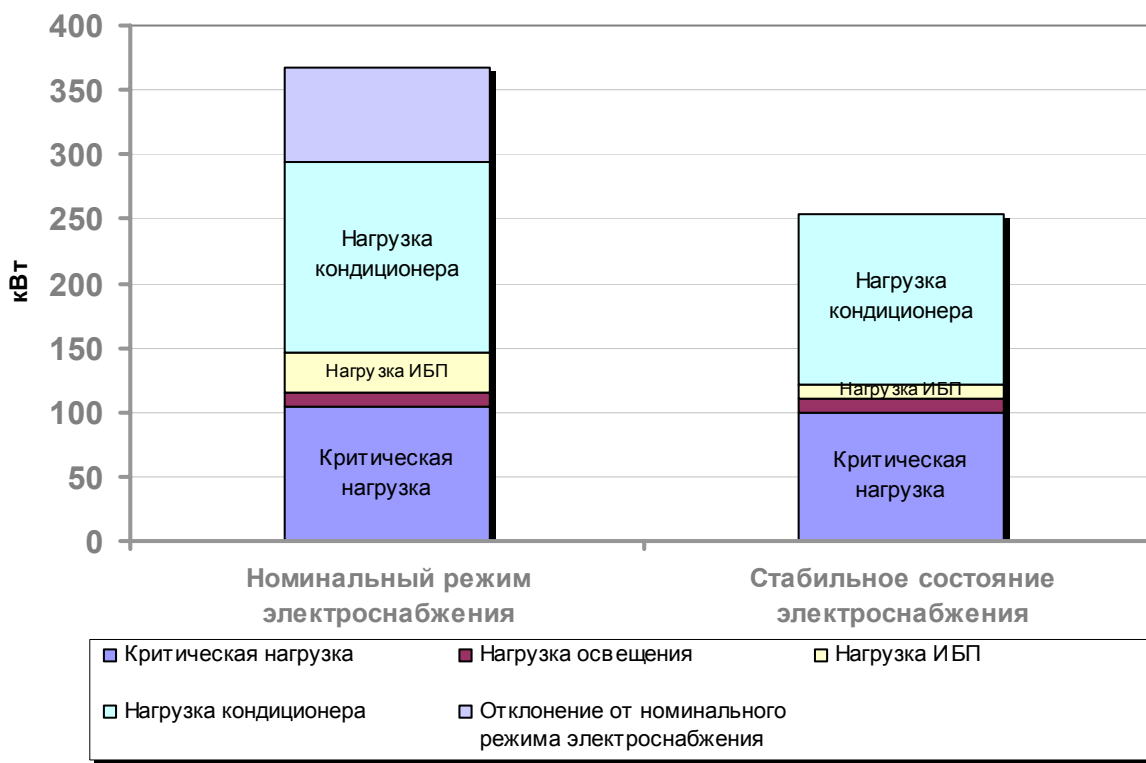


3. Воспользуйтесь следующей формулой для определения размеров системы электроснабжения в центре обработки данных, в амперах:

$$\text{Амперы} = (\text{кВт} \times 1000) / (\text{Вольты} \times 1,73)$$

Это позволяет оценить мощность системы электроснабжения, необходимую для поддержки критической нагрузки, кондиционирования и функций создания центра обработки данных. На Рис. 2, в котором используются допущения, показанные на Рис. 1, подчеркивается важное различие между номинальной (пиковой) мощностью и мощностью в устойчивом состоянии на основе сравнения требований к энергосистемам в обоих случаях. Необходимо отметить, что это только оценка, а окончательное решение в отношении размеров системы энергоснабжения в значительной степени зависит от точных сведений о данном объекте. Для подтверждения первоначальной оценки и разработки окончательного проекта системы электроснабжения в центре обработки данных настоятельно рекомендуется пользоваться услугами квалифицированного профессионального инженера-консультанта. Таблицу 1, приведенную в конце статьи, можно использовать как справочную таблицу, так как в ней резюмируется все, что рассматривалось выше.

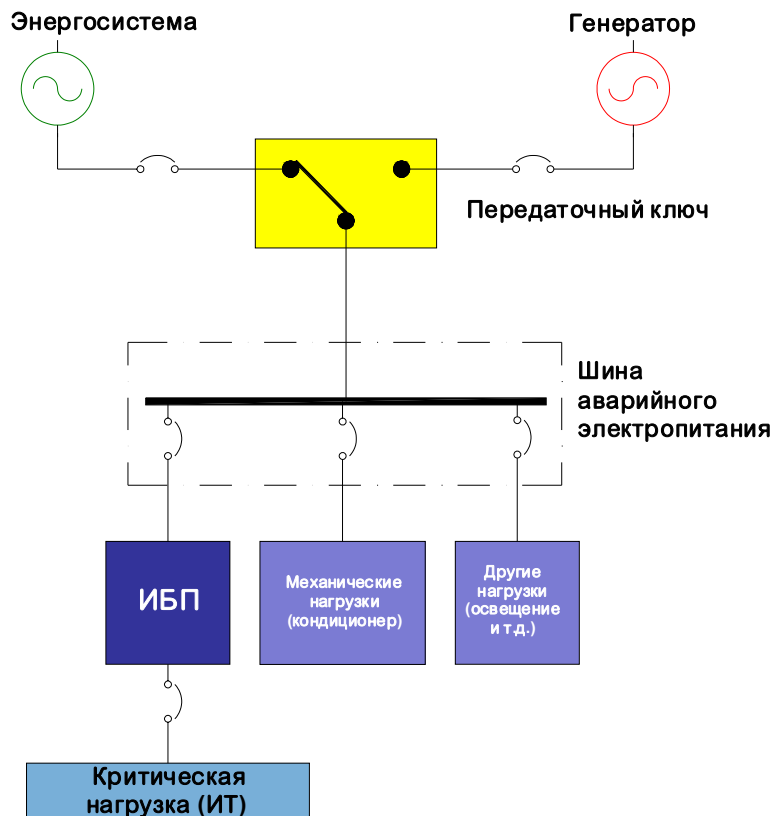
**Рис. 2 - Номинальная мощность энергосистемы и мощность энергосистемы в устойчивом состоянии для типичной критической нагрузки в 100 кВт. Номинальное значение электроснабжения почти в 4 раза превышает значение критической нагрузки в устойчивом состоянии**



## Оценка размеров резервной энергосистемы генератора

После того как размеры энергосистемы определены, необходимо проанализировать размеры соответствующего резервного электрогенератора, который будет вырабатывать электроэнергию в случае перебоя в питании и повышать доступность центра обработки данных. Типичная установка генератора показана ниже на Рис. 3.

Рис. 3 - Типичная система генератора



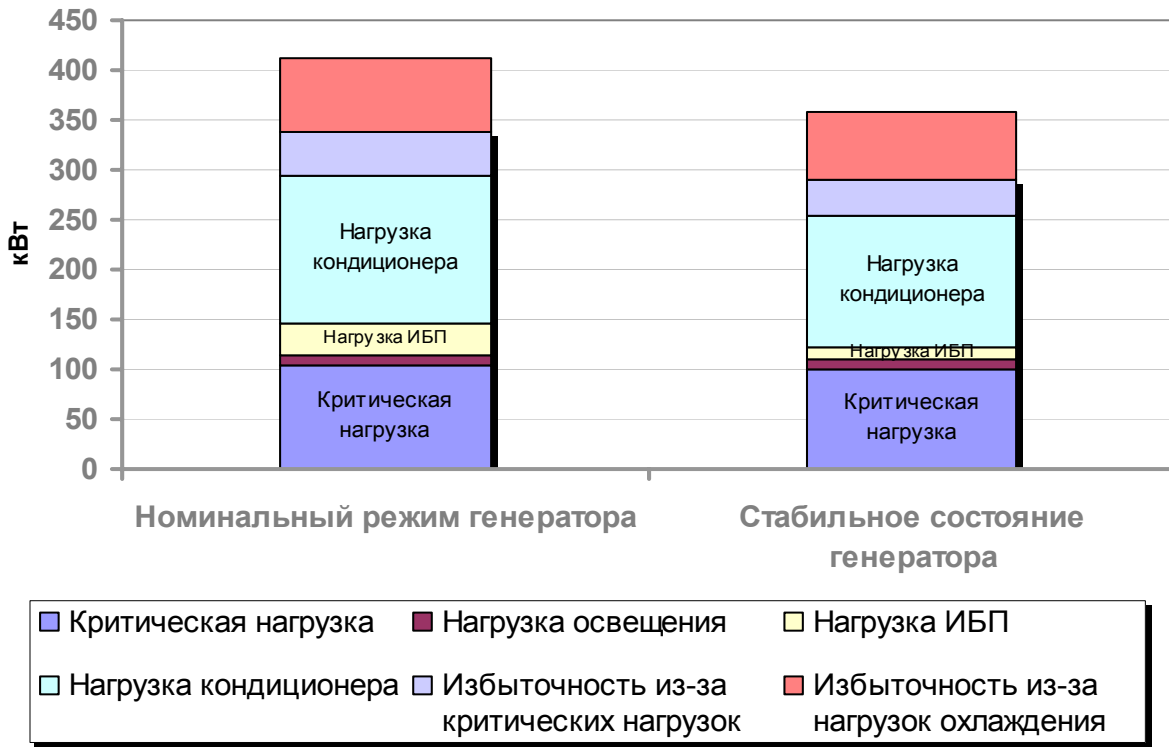
На приведенной выше схеме необходимо обратить внимание в первую очередь на тот факт, что центр обработки данных - это нагрузка, и она должна быть полностью защищена с помощью резервного питания. Источник электроэнергии может быть лишь частью стандартной промышленной электрической распределительной сети, поэтому эта схема является частью подмножества в более крупной системе энергоснабжения. Этим подмножеством является часть центра обработки данных, питающая критические нагрузки ИТ-оборудования.

Для оценки размеров генератора, необходимого для критических нагрузок, используйте расчет в нижней части Табл. 1. Однако необходимо учесть электрические характеристики нагрузок, прилагаемых к генератору при срабатывании контактора АВР. Например, механическим нагрузкам требуются высокие пусковые токи, а также к ним прикладываются синусоидальные токи, которые представляют проблемы, связанные с возможностью генератора обеспечивать необходимую мощность. ИБП может вносить свой вклад в эту проблему, если он работает с низким входным коэффициентом мощности. Он может привести к отказу генератора, если прикладывает к нему коэффициент мощности при опережающем токе.

Выбор системы ИБП с рабочими характеристиками, подходящими для надежной работы генератора, - это широкая тема для обсуждения, которая выходит за рамки настоящей информационной статьи. Достаточно отметить, что для обеспечения надежной работы ИБП его необходимо выбирать очень тщательно. Не следует останавливать выбор на системе ИБП, которая демонстрирует высокоомощные характеристики в условиях низкой нагрузки. Некоторые топологии ИБП, такие как дельта-преобразование, идеальны для систем, питающихся от генератора. Они не будут генерировать нежелательные рабочие характеристики, свойственные традиционным системам двойного преобразования с конденсаторами входного фильтра. Выбор топологии ИБП может существенно повлиять на размер необходимого генератора так, что для типичного ИБП с двойным преобразованием потребуется генератор в 1,75 - 3 раза большего размера, чем для ИБП с дельта-преобразованием. Как и в случае с мощностью электрического тока, на Рис. 4 подчеркивается важное различие между номинальной (пиковой) мощностью и мощностью в устойчивом состоянии на основе сравнения требований к электрогенераторам в обоих случаях.

При выборе генератора необходимо основывать выбор на номинальном значении в киловаттах для упрощения задачи. Однако не следует забывать, что генераторы рассчитаны на рабочие нагрузки с коэффициентом мощности ниже 1,0 (обычно 0,8). Это означает, что ток и напряжение будут слегка не совпадать по фазе, и генератор должен будет противостоять этой разнице. Для генератора мощностью 1000 кВт, рассчитанного на рабочие нагрузки с коэффициентом мощности 0,8, будет указана номинальная мощность 1200 кВА. Не нужно путать номинальное значение в кВА с реальной допустимой мощностью генератора, которая всегда указывается в кВт. Дополнительную информацию о коэффициенте мощности см. в информационной статье APC № 15, "Watts and Volt-Amps: Powerful Confusion" (Ватты и амперы: извечная путаница).

**Рис. 4** - Номинальная мощность электрогенератора и мощность электрогенератора в устойчивом состоянии для типичной критической нагрузки в 100 кВт. Номинальное значение электроснабжения более чем в 4 раза превышает значение критической нагрузки в устойчивом состоянии



**Табл. 1 - Технологическая карта для оценки потребности в электроэнергии в центре обработки данных**

Обозначение	Необходимые данные	Расчет	Промежуточная сумма, кВт
<b>Потребляемая мощность - электрическое оборудование</b>			
Значение калькулятора определения критической нагрузки с веб-сайта APC	Номинал каждого ИТ-устройства	( Итоговое значение калькулятора в ВА x 0,67 ) / 1000	№ 1 _____ кВт
Для оборудования, не указанного в калькуляторе оценки, критическая нагрузка должна соответствовать паспортным данным	Промежуточная сумма, ВА (включая системы безопасности, пожаробезопасности и слежения)	( Промежуточная сумма ВА x 0,67 ) / 1000	№ 2 _____ кВт
Нагрузки в будущем	ВА по паспортным данным каждого предполагаемого ИТ-устройства	[ (Добавить номиналы (ВА) будущих устройств) x 0,67 ] / 1000	№ 3 _____ кВт
Пиковая мощность, получаемая вследствие разницы в критических нагрузках	Суммарная передаваемая критической нагрузке мощность в устойчивом состоянии	( № 1 + № 2 + № 3 ) x 1,05	№ 4 _____ кВт
Неэффективность ИБП и подзарядка батареи	Фактическая нагрузка + будущие нагрузки (в кВт)	( № 1 + № 2 + № 3 ) x 0,32	№ 5 _____ кВт
Освещение	Общая площадь помещения в центре обработки данных	0,002 x площадь помещения (кв. футы) или 0,0215 x площадь помещения (кв. м)	№ 6 _____ кВт
<b>Полная мощность для поддержки электрической нагрузки</b>	<b>Сумма из указанных выше № 4, № 5 и № 6</b>	<b># 4 + # 5 + # 6</b>	<b>№ 7 _____ кВт</b>
<b>Потребляемая мощность - системы охлаждения</b>			
<b>Полная мощность для поддержки нагрузки систем охлаждения</b>	<b>Сумма из указанного выше № 7</b>	<b>Для систем охладителей № 7 x 0,7 Для систем DX № 7 x 1,0</b>	<b>№ 8 _____ кВт</b>
<b>Суммарная потребляемая мощность</b>			
<b>Полная мощность для поддержки электрической нагрузки и нагрузки систем охлаждения</b>	<b>Сумма из указанных выше № 7 и № 8</b>	<b># 7 + # 8</b>	<b>№ 9 _____ кВт</b>

Обозначение	Необходимые данные	Расчет	Промежуточная сумма, кВт
<b>Оценка размеров энергосистемы</b>			
Требования, отвечающие нормам NEC и других регулятивных органов	Сумма из указанного выше № 9	№ 9 x 1,25	№ 10 _____ кВт
Напряжение трехфазного переменного тока на служебном входе электропитания	Напряжение переменного тока		№ 11 _____ В перем. тока
<b>Электроэнергия, которую необходимо получить от поставщика в амперах</b>	<b>Сумма из № 10 и напряжение переменного тока в № 11</b>	<b>( № 10 x 1000 ) / ( № 11 x 1,73 )</b>	_____ ампер

<b>Оценка размеров резервного генератора (если имеется)</b>			
Критические нагрузки, требующие электроснабжения от генератора	Сумма из указанного выше № 7	№ 7 x 1,3*	№ 12 _____ кВт
Нагрузки охлаждения, требующие электроснабжения от генератора	Сумма из указанного выше № 8	№ 8 x 1,5	№ 13 _____ кВт
<b>Необходимые размеры генератора</b>	<b>Сумма из указанных выше № 12 и № 13</b>	<b># 12 + # 13</b>	_____ кВт

\*ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Переменная 1,3 применяется к ИБП с полностью скорректированным коэффициентом мощности. Коэффициент 3,0 должен применяться при использовании традиционного ИБП с двойным преобразованием и входными фильтрами подавления гармоник.

## Выводы

Оценка потребностей в электроэнергии, необходимой для поддержки работоспособности и критических нагрузок систем охлаждения в рамках центра обработки данных, очень важна в планировании внедрения оборудования и должна отвечать ожиданиям конечных пользователей в отношении доступности. Применяя описанный выше подход, можно выполнить рациональную оценку потребностей в электроэнергии. Это поможет установить размер компонентов Адаптивной Инженерной Инфраструктуры Центра обработки данных, чтобы обеспечить доступность, определяемую оценкой потребностей. После определения размеров, концептуального и детального планирования можно обратиться к компетентному поставщику систем NCPi или, если речь идет о крупномасштабных центрах обработки данных, к инженеру-консультанту. Затем можно выполнить оценку затрат на основе размеров и конфигурации надежности, определенных с помощью вышеописанного процесса определения потребностей в электроэнергии.

### Об авторе

**Ричард Л. Соьер**, главный инженер по управлению системами, компания APC. Обладает 25-летним опытом создания крупных центров обработки данных и работы с компаниями, фигурирующими в списке Fortune 100. Входит в совет директоров ассоциации AFCOM.