

# Питание и охлаждение для устройств VoIP и IP-телефонии

Висвас Пурани

**Информационная**

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

## Краткий обзор

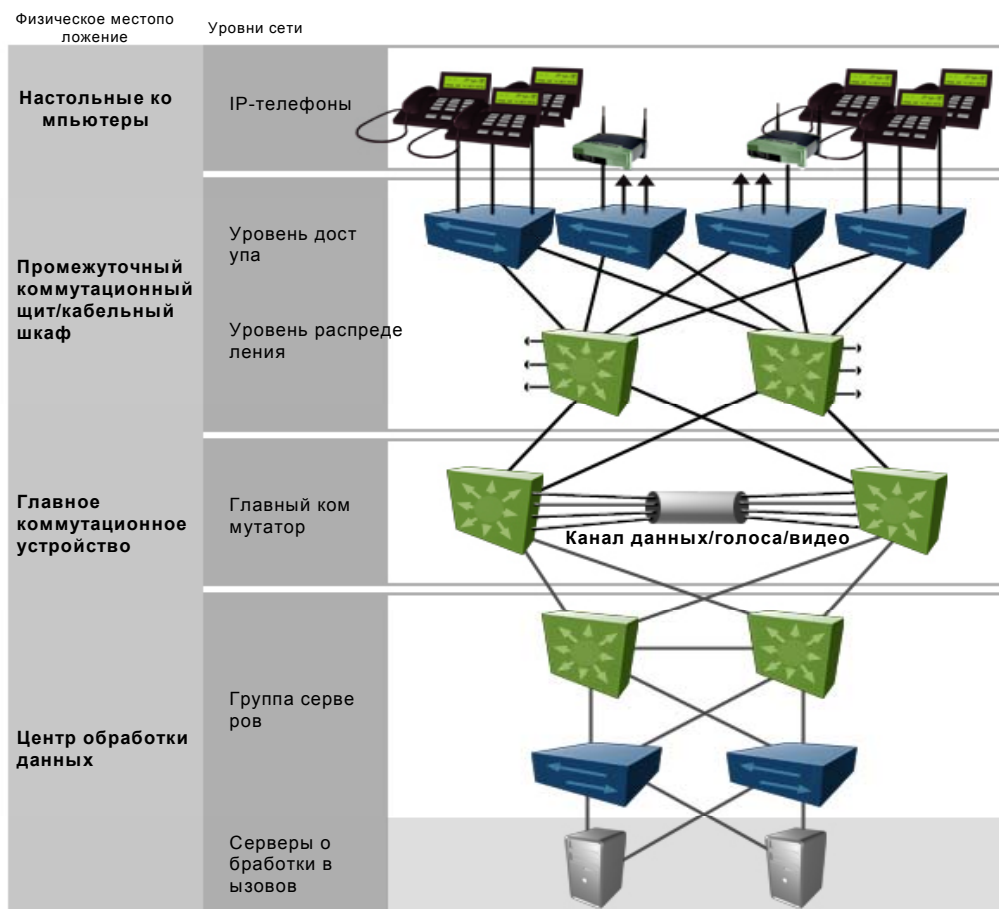
При развертывании технологии Voice Over IP (VoIP) могут возникать неожиданные и непредвиденные требования к мощности и охлаждающей способности для кабельных шкафов и кабельных помещений. У большинства кабельных шкафов отсутствуют системы бесперебойного питания, а также нет вентиляции или охлаждения, необходимых для предотвращения перегрева оборудования. Понимание особых потребностей в охлаждении и обеспечении питания оборудования VoIP позволяет спланировать успешное и экономически выгодное развертывание технологии VoIP. В настоящем документе разъясняется, как спланировать обеспечение питания и охлаждения оборудования VoIP, а также описываются простые, быстрые, надежные и эффективные стратегии для модернизации старых и создания новых решений.

## Введение

При замене существующих телекоммуникаций и офисных телефонных систем технология VoIP и IP-телефония должны обеспечить аналогичную или более высокую доступность. Одной из главных причин высокой доступности традиционной системы является то, что в АТС встроена резервная батарея, рассчитанная на длительный срок эксплуатации, обеспечивающая питание телефонов в сети. В IP-телефонии должна использоваться испытанная временем концепция обеспечения питания вместе с сигналом для достижения ожидаемой доступности. Традиционный кабельный шкаф, в котором размещались пассивные устройства, например коммутационные панели и концентраторы, теперь должен вмещать высокомощные коммутаторы, маршрутизаторы и ИБП, рассчитанный на длительный срок эксплуатации. Охлаждение и воздухоциркуляция в этих кабельных шкафах теперь приобретают важное значение для обеспечения гарантии непрерывной работы.

Типичная сеть IP-телефонии строится по уровням, и каждый уровень состоит из компонентов, которые размещаются в одном из четырех физических местоположений (рис. 1). Требования к мощности и охлаждающей способности для этих четырех местоположений варьируются, как это описано в последующих разделах.

**Рис. 1** - Уровни и местоположения типичной сети IP-телефонии



## Устройства связи

Типичными устройствами связи/конечными точками являются IP-телефоны (рис. 2а), беспроводные концентраторы (рис. 2б), а также переносные компьютеры с установленными на них программами телефонной связи, обеспечивающими стандартные функции телефонии. Эти IP-телефоны обычно потребляют 6-7 Вт, но некоторые устройства могут потреблять больше энергии. В новом проекте инструкции IEEE 802.3af средний ток, потребляемый такими устройствами с кабелей CAT5, ограничен до 350мА, а также указаны контакты, через которые может подаваться питание. Сеть, соответствующая этому новому стандарту, будет передавать электроэнергию мощностью 15 Вт на расстояние до 100 м (328 футов). При более высокой потребляемой мощности устройства связи должны использовать другие источники питания наподобие подключаемых адаптеров.

*Рис. 2а - IP-телефон*



*Рис. 2б - Беспроводной концентратор*



### Условия эксплуатации

Эти устройства связи размещаются на рабочих столах, иногда монтируются на стене и используются в офисе. В современных разворачиваемых или модернизированных сетях эти устройства, вероятнее всего, питаются от линий передачи данных. Однако в некоторых случаях они должны питаться от розеток электросети.

### Проблемы

IP-телефоны, как правило, должны быть в такой же степени доступны, как и обычные телефоны, на смену которым они приходят. Главной проблемой, которая должна быть решена в этой ситуации, является непрерывная работа устройств даже во время длительных перерывов в энергоснабжении.

### Оптимальные методы

Самый оптимальный способ решения этой проблемы - это передача питания (так называемого линейного питания) на телефон по линии передачи данных. Тем самым устраняется проблема обеспечения питания в том месте, где располагается рабочий стол. Питание на телефон теперь подается с помощью сетевого коммутатора,

расположенного в кабельном шкафу, для поддержки которого используется система ИБП, рассчитанная на продолжительное время автономной работы. Для устройств связи, которые питаются от розеток электросети (т.е. не используют линейное питание), можно предусмотреть систему ИБП с батареей, обеспечивающей резервное питание в течение продолжительного времени (четыре, шесть, восемь или более часов).

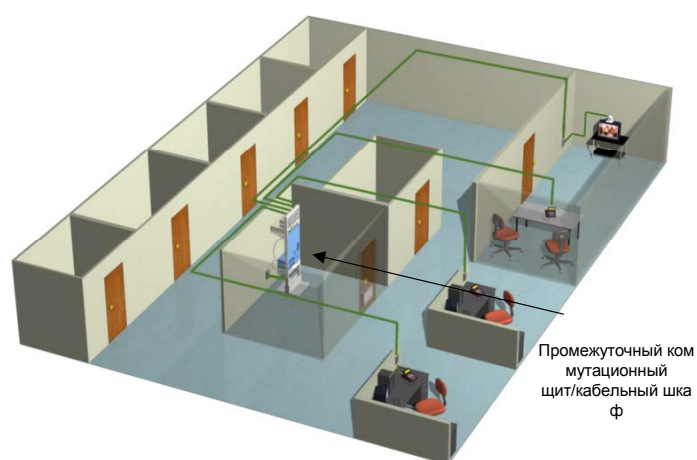
## Промежуточный коммутационный щит (IDF)

Промежуточный коммутационный щит (IDF) или кабельные шкафы включают в себя сетевые уровни 2 и 3, коммутаторы доступа и распределения, концентраторы, маршрутизаторы, коммутационные панели, систему ИБП с батареей резервного питания, а также любое другое телекоммуникационное оборудование, смонтированное в стойке с двумя опорами (Рис. 3а и 3б). Для снабжения питанием устройств связи во многих новых коммутаторах имеется встроенная возможность передачи питания по линиям передачи данных (так называемые "оконечные" источники питания). Для коммутаторов, в которых отсутствует такая возможность, подача линейного питания осуществляется с помощью внешнего "врезного" источника питания соответствующих размеров.

**Рис. 3а** - Промежуточный коммутационный щит (кабельный шкаф)



**Рис. 3б** - Типичное расположение промежуточного коммутационного щита



### Условия эксплуатации

Промежуточные коммутационные щиты или кабельные шкафы обычно скрыты в отдаленных частях помещения с минимальной или отсутствующей вентиляцией и освещением. До тех пор, пока потребитель не переедет в новое здание, он, скорее всего, захочет использовать существующие кабельные шкафы. В традиционных телекоммуникационных сетях кабельные шкафы обычно использовались в основном для монтажных блоков, коммутационных панелей и небольших наращиваемых концентраторов или коммутаторов, однако в большей части нового оборудования IP-телефонии используется и рассеивается значительно большая мощность. Новые коммутаторы IP-телефонии являются главным образом устройствами для монтажа в 19-дюймовом монтажном

шкафу. В них используются различные принципы воздухоциркуляции в зависимости от изготовителя, например с поперечным воздушным потоком, прямо направленным воздушным потоком и т.д. Типичный промежуточный коммутационный щит вмещает оборудование, расположенное в 1-3 стойках, и потребляет от 500 до 4 000 Вт однофазного переменного тока.

## Проблемы

При развертывании технологии VoIP и IP-телефонии особое внимание следует уделить питанию и охлаждению для промежуточных коммутационных щитов. Они потребляют мощность в диапазоне от 500 до 4000 Вт однофазного тока напряжением 208 В, что зависит от сетевой архитектуры и типа используемого коммутатора. Обеспечение разъемами нужного типа и соответствующего уровня мощности с необходимой защитой автоматическими предохранителями для всего сетевого оборудования, ИБП и устройств распределения электропитания (PDU) представляет собой сложную задачу. Охлаждение и воздушный поток в этих кабельных шкафах часто являются серьезной проблемой, которой так же часто не придают значения.

## Оптимальные методы

Все оборудование в промежуточном коммутационном щите должно быть защищено системой ИБП. Выбор системы ИБП основывается на следующих факторах.

- Общая требуемая мощность в ваттах
- Требуемое время работы в минутах
- Желательный уровень избыточности или отказоустойчивости
- Требуемые напряжения и разъемы

Размеры системы ИБП определяются в соответствии с суммой номинальных значений нагрузок в ваттах. Общераспространенный ИБП для монтажа в стойку, например APC Smart-UPS (рис. 4а), обеспечит доступность примерно 99,99 %, тогда ИБП со встроенной обходной цепью (байпасом) и избыточностью N+1, например APC Symmetra RM (рис. 4б), с одним часом автономной работы, обеспечит примерно 99,999 %, что может быть достаточно для многих видов применения. Для получения дополнительных сведений о доступности см. Приложение.

**Рис. 4а - APC Smart-UPS**



**Рис. 4б - APC Symmetra RM**



Устройства ИБП поставляются с комплектами батарей, обеспечивающими различное время автономной работы. Продукты, изображенные на рис. 4а и 4б, поставляются с дополнительными комплектами батарей, с помощью которых время автономной работы можно увеличить до 24 часов.

Высокие уровни доступности (99,9999 или 99,99999%) могут быть необходимы для критически важных служб, например 911. Такие требования можно осуществить, если установить сдвоенные сетевые коммутаторы с двойными блоками питания, два ИБП и одновременно параллельно работающие электрические линии с резервным питанием от генератора. Многие компании, как и корпорация American Power Conversion, создали консультационные службы по вопросам доступности, чтобы оценить и рекомендовать инфраструктуры энергоснабжения высокого уровня доступности для подобных критически важных сетей.

И наконец, следует упомянуть о типах вилок и розеток, необходимых для всего оборудования, включая ИБП в кабельном шкафу. В идеальных условиях все оборудование должно напрямую подключаться к задней панели ИБП или трансформатора; кроме того, следует избегать использования дополнительных удлинителей «пилотов» или устройств распределения электропитания (PDU) в стойке. Однако при большом количестве оборудования это может быть нецелесообразно, и следует использовать шину с устройствами распределения электропитания (PDU) для монтажа в стойку. В таком случае необходимо использовать высококлассное устройство, специально предназначенное для этой цели. В устройстве распределения электропитания должно быть достаточное число розеток для подключения всего текущего оборудования и несколько запасных розеток для будущих потребностей. Предпочтительны устройства распределения электропитания (PDU) с функцией измерения, показывающие текущую потребляемую мощность, так как они снижают вероятность ошибок человеческого фактора, например таких, как случайная перегрузка и возникающие в результате падения нагрузки.

Для правильного выбора соответствующей модели ИБП, отвечающей требуемому уровню мощности, избыточности, напряжению и времени автономной работы, можно упростить этот процесс, воспользовавшись селектором ИБП компании APC по адресу <http://www.apcc.com/template/size/apc/>. В этой системе хранятся данные о питании для всех распространенных коммутаторов, серверов и устройств хранения данных, что исключает необходимость сбора этой информации. В подобных системах при выборе конфигурации ИБП предоставляются различные варианты использования розеток.

Для обеспечения непрерывной работы оборудования в кабельном шкафу (7\*24\*365) необходимо обязательно решить такие вопросы, как охлаждение и воздухоциркуляция. Чтобы определить наиболее экономичный способ решения этой проблемы (см. таблицу 1), необходимо рассчитать рассеяние мощности в кабельном шкафу. Самым важным в данной ситуации является то, что многочисленные сетевые коммутаторы потребляют много электроэнергии, однако это не означает, что они рассеивают всю потребляемую мощность в кабельном шкафу. Например, коммутатор уровня 2 может потреблять 1 800 Вт, но в кабельном шкафу может рассеиваться только 200-500 Вт. Остальная мощность подается по сети на многочисленные IP-телефоны, установленные во всех подразделениях офиса, и рассеяние мощности происходит по всему офису.



**Таблица 1 - Таблица для расчета теплоотдачи в кабельном шкафу VoIP**

Обозначение	Необходимые данные	Расчет теплоотдачи	Промежуточная сумма теплоотдачи
Коммутаторы без линейного питания; другое оборудование ИТ (кроме промежуточных блоков питания)	Суммарная входная номинальная мощность в ваттах	Такая же, как общая полезная выходная мощность ИТ в ваттах	_____ Вт
Коммутатор с возможностью подачи линейного питания	Номинальная входная мощность в ваттах	0,6 x номинальную входную мощность	_____ Вт
Промежуточные блоки питания	Номинальная входная мощность в ваттах	0,4 x номинальную входную мощность	_____ Вт
Освещение	Номинальная мощность любых постоянно включенных осветительных устройств в ваттах	Номинальная мощность	_____ Вт
Система ИБП	Номинальная мощность системы ИБП (не нагрузка) в ваттах	0,09 x номинальную мощность ИБП	_____ Вт
Итого	Вышеуказанные промежуточные суммы	Общая сумма вышеуказанных промежуточных сумм теплоотдачи	_____ Вт

После того как мощность, рассеиваемая в кабельном шкафу, рассчитана, следуйте общим правилам, изложенным в таблице 2.

**Таблица 2 - Таблица решений охлаждения кабельного шкафа VoIP**

Общая тепловая нагрузка в кабельном шкафу	Условие	Анализ	1 2 3 4
< 100 Вт	Остальная часть здания является кондиционируемым пространством	Проводимость и инфильтрация стен будет достаточной	Нет
< 100 Вт	Остальная часть здания является неблагоприятной средой; система нагревания.	Свежий воздух снаружи помещения нельзя рассматривать как безопасный для использования из-за температуры или загрязненности	Установка автономного кондиционера с компьютерным управлением в шкафу рядом с оборудованием



	вентиляции и кондиционирования воздуха отсутствует		
100 - 500 Вт	Над подвесным потолком имеется система нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха; остальная часть здания является кондиционируемым пространством	Свежего воздуха снаружи кабельного шкафа будет достаточно, если он будет проникать внутрь, однако дверь может быть преградой для попадания воздуха. Попадание воздуха через дверь и вывод через обратный воздухопровод системы нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха	Установка рециркуляционной решетки в системе вентиляции в верхней части шкафа; обеспечение вентиляционного проема в нижней части двери шкафа.
100 - 500 Вт	Отсутствие доступа из шкафа к системе нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха. Остальная часть здания является кондиционируемым пространством	Свежего воздуха снаружи кабельного шкафа будет достаточно, если он будет проникать внутрь, однако дверь может быть преградой для попадания воздуха. Попадание воздуха через нижнюю часть двери и вывод через верхнюю часть двери	Установка вытяжной решетки в верхней части двери шкафа; обеспечение воздухозаборника в нижней части двери шкафа.
500 - 1000 Вт	Над подвесным потолком имеется система нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха; остальная часть здания является кондиционируемым пространством	Свежего воздуха снаружи кабельного шкафа будет достаточно, если он будет проникать внутрь постоянно, однако дверь может быть преградой для попадания воздуха, и потребуются непрерывная работа вентилятора, хотя и это не дает полной гарантии	Установка рециркуляционной решетки с дополнительным вентилятором в верхней части шкафа; обеспечение вентиляционного проема в нижней части двери шкафа.
500 - 1000 Вт	Отсутствие доступа из шкафа к системе нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха. Остальная часть здания является кондиционируемым пространством	Свежего воздуха снаружи кабельного шкафа будет достаточно, если он будет проникать внутрь постоянно, однако воздух не попадает внутрь.	Установка вытяжной решетки с дополнительным вентилятором в верхней части двери; обеспечение вентиляционной решетки в нижней части двери шкафа.
> 1000 Вт	Над подвесным потолком имеется система нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха с открытым доступом; остальная часть здания является кондиционируемым пространством	Свежего воздуха снаружи кабельного шкафа будет достаточно, если он будет проникать непосредственно через оборудование, а горячий отработанный воздух от оборудования не рециркулируется в воздухозаборник для оборудования	Установка оборудования в закрытую стойку с системой вывода горячего отработанного воздуха; обеспечение вентиляционной решетки в нижней части двери шкафа.
> 1000 Вт	Система нагревания, вентиляции и кондиционирования воздуха отсутствует; остальная часть здания является	Воздуха, проникающего через дверь, недостаточно; требуется местное охлаждение отработанного воздуха из оборудования	Установка автономного кондиционера с компьютерным управлением в шкафу рядом с оборудованием

	кондиционируемым пространством		
--	--------------------------------	--	--

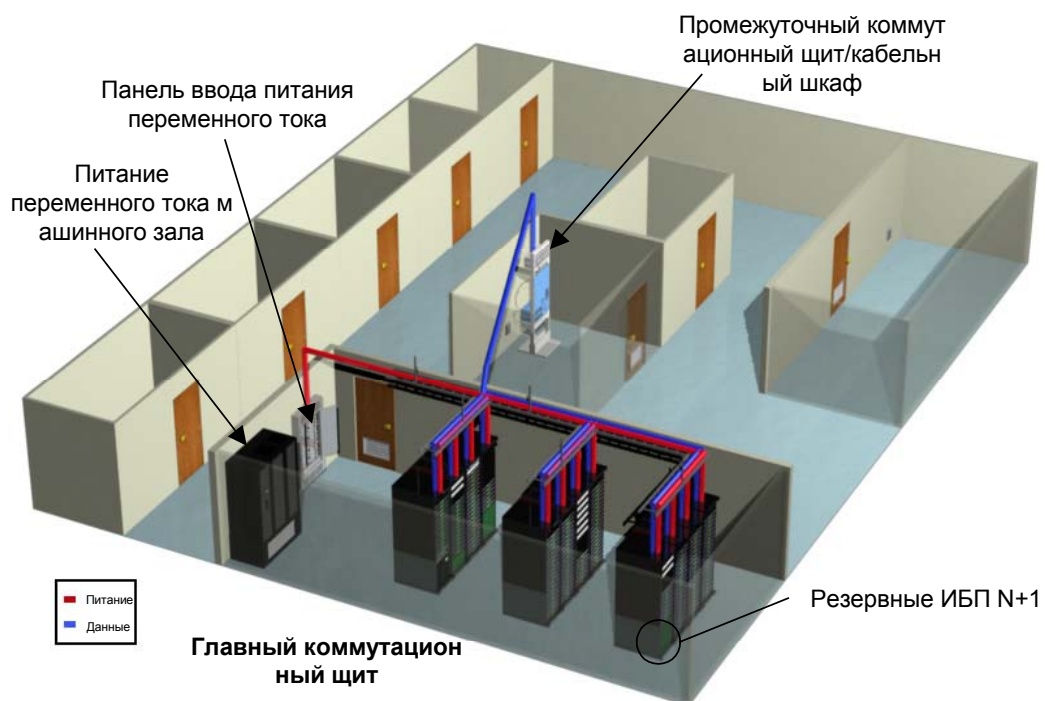
И наконец, для этих кабельных шкафов настоятельно рекомендуется использовать блок контроля микроклимата (т.е. температуры и влажности), так как это позволит отслеживать отклонения от нормальных условий и обеспечит достаточное время для принятия превентивных мер, чтобы предотвратить простой.

## Главный коммутационный щит (MDF)

Главные коммутационные щиты также называются главными аппаратными или точками присутствия. В них размещается самое важное оборудование VoIP и IP-телефонии, например маршрутизаторы уровня 3, коммутаторы и различное другое сетевое, телекоммуникационное и ИТ-оборудование (рис. 5).

Телекоммуникационные линии T1 и T3 выходят на главные коммутационные щиты и обеспечивают связь с Интернет-магистралью.

**Рис. 5 - Главный коммутационный щит (MDF)**



### Условия эксплуатации

Главные коммутационные щиты обычно располагаются на цокольном или первом этаже здания вместе с прочими служебными помещениями. Типичный главный коммутационный щит состоит из 4-12 стоек и потребляет от 4 до 40 кВт однофазного или трехфазного переменного тока 220 В. Кроме того, возможно размещение оборудования, для которого требуется -48 В постоянного тока. В большинстве случаев стойки в главном коммутационном щите

являются открытыми стойками с двумя опорами, что позволяет выполнять монтаж разнообразного ИТ-оборудования и IP-телефонии. В этом оборудовании могут применяться различные схемы циркуляции воздушного потока, например поперечный воздушный поток, прямо направленный воздушный поток и т.д. Оборудование предназначено для монтажа в 19- или 23-дюймовом монтажном шкафу. Однако большая часть нового оборудования IP-телефонии и ИТ рассчитана для монтажа в 19- или 23-дюймовом монтажном шкафу.

## Проблемы

Некоторые помещения главного коммутационного щита не оборудованы ИБП, во многих не обеспечено адекватное время работы от батареи, и зачастую они не имеют выделенной прецизионной системы охлаждения.

## Оптимальные методы

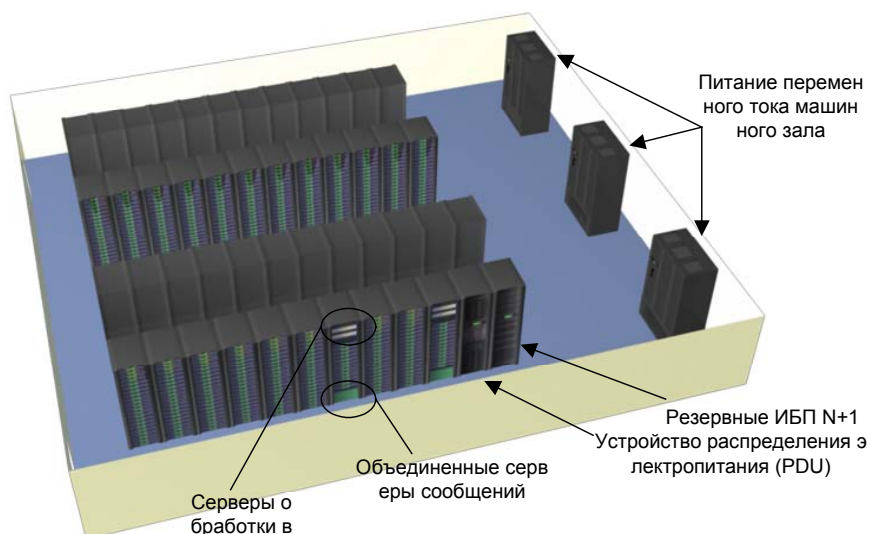
Так как эти главные коммутационные щиты питают множество критических сетей и оборудования для ИТ и телефонии, их необходимо рассматривать как небольшие центры обработки данных или машинные залы. Чтобы обеспечить практически подачу питания с уровнем надежности 99,999%, помещения с главными коммутационными щитами должны иметь модульный резервный ИБП с внутренней обходной цепью (байпасом) со временем работы от батареи не менее тридцати минут. Большого времени работы с более высокими уровнями доступности (99,9999 или 99,99999%) можно достичь за счет использования сдвоенных сетевых коммутаторов с двойными кабелями питания, сдвоенных ИБП и параллельно работающих электрических линий с резервным питанием от генератора. Такие компании, как корпорация American Power Conversion, создали консультационные службы по вопросам доступности, чтобы оценить и рекомендовать архитектуру высокого уровня доступности для подобных критически важных сетей.

Главные коммутационные щиты должны иметь собственные прецизионные блоки кондиционирования воздуха с контролем микроклимата. Для критических устройств, требующих увеличения доступности, рекомендуется установить резервные установки кондиционирования воздуха. Для предотвращения образования "горячих" точек в стойках высокой мощности (> 3 кВт/стойка) следует использовать дополнительные устройства распределения и отвода воздуха. В отличие от серверов и систем хранения во многих используется поперечный воздушный поток. Это создает особые проблемы при установке в помещениях с закрытыми стойками. Эти проблемы подробно описываются в информационной статье APC № 50 "Cooling Solutions for Rack Equipment with Side-to-Side Airflow" (Решения для охлаждения оборудования в стойке с поперечным воздушным потоком).

## Центр обработки данных или группа серверов

Центр обработки данных или группа серверов (рис. 6) включает все серверы приложений IP-телефонии, а также их программное обеспечение, например Call Managers, Unified Messaging и т.д. Кроме того, в зависимости от сетевой архитектуры и размера организации сюда же могут входить главные коммутаторы (уровень 3) и коммутаторы распределения (уровень 2). В зависимости от их размера (малый, средний или большой) стандартный центр обработки данных или группа серверов могут включать от нескольких десятков до нескольких сотен стоек, заполненных десятками или сотнями серверов и различных ИТ, сетевых и компьютерных систем, на которых работают такие критические приложения, как ERP, CRM и другие веб-службы.

**Рис. 6** - Типичный центр обработки данных или группа серверов



### Условия эксплуатации

Центры обработки данных обычно расположены в корпоративном офисе, потребляя от 10 кВт однофазного питания 220 В до сотен киловатт 3-фазного питания 380 В. Для подключения некоторых телекоммуникационных устройств может потребоваться некоторое малое число розеток для подключения питания -48 В, но это скорее исключение. В большинстве центров обработки данных имеется ИБП с резервным аккумулятором, генератор и блоки прецизионных кондиционеров.

### Проблемы

Серверы и коммутаторы IP-телефонии, как правило, создают неожиданно увеличивающуюся нагрузку для центра обработки данных, и могут требовать большего времени автономной работы, избыточности и доступности по сравнению с другим оборудованием ИТ или сети.

### Оптимальные методы

Несмотря на то, что в центре обработки данных может быть собственный ИБП и генератор, во многих случаях для оборудования IP-телефонии, возможно, потребуется установить отдельный, резервный ИБП с большим временем автономной работы от батареи. Определите оборудование IP-телефонии, для которого требуется большее время работы и доступность, и соберите его в отдельном месте, в выделенных стойках центра обработки данных. При необходимости установите отдельный ИБП с большим временем автономной работы и избыточностью N+1 или N+2. Концепция "выделенной доступности" позволяет увеличивать доступность важного для бизнеса оборудования IP-телефонии без больших затрат на модернизацию всего центра обработки данных. В центрах обработки данных и сетях с высокой доступностью рекомендуется устанавливать более мощные резервные системы, например двойные источники с дублированными генераторами, а также два ИБП N+1 с двумя путями подачи питания к серверу и другому важному оборудованию в стойке.

Убедитесь, что прецизионное оборудование для кондиционирования воздуха центра обработки данных имеет охлаждающую способность, достаточную для охлаждения дополнительного оборудования IP-телефонии. Для

увеличения доступности рекомендуется установить резервные установки кондиционирования воздуха. Для предотвращения образования "горячих" точек в стойках высокой мощности (> 3 кВт/стойка) следует использовать дополнительные устройства распределения и отвода воздуха. Можно избежать типичных ошибок, которые допускаются при установке систем охлаждения и стоек в центрах обработки данных и помещениях для сетевого оборудования и уменьшают доступность, увеличивая расходы. Дополнительную информацию по этой теме см. в информационной статье APC № 49 "Avoidable Mistakes that Compromise Cooling Performance in Data Centers and Network Rooms" (Ошибки, снижающие эффективность охлаждения в центрах обработки данных и помещениях для сетевого оборудования, которых можно избежать).

## Выводы

С устройствами связи не возникает никаких проблем, поскольку они используются в офисных помещениях. Соответственно, не существует серьезных проблем с центрами обработки данных или группами серверов, поскольку увеличивающаяся нагрузка оборудования для IP-телефонии добавляется случайным образом. Однако для важных серверов и коммутаторов IP-телефонии можно обеспечить "выделенную доступность". При наличии главных коммутационных щитов могут возникнуть небольшие проблемы, связанные с доступным временем работы, которые можно решить, подключив генератор или большую батарею с ИБП. Самые серьезные проблемы, которые могут возникнуть в связи с питанием и охлаждением, касаются, прежде всего, кабельных шкафов. Небольшой, отдельный ИБП с увеличенным временем работы остается более экономичным решением по сравнению с крупным, централизованным ИБП, который подает питание на все кабельные шкафы. Охлаждение - это особая проблема, возникающая при эксплуатации кабельных шкафов; зачастую одной вентиляции недостаточно. В некоторых случаях требуется точечное кондиционирование воздуха.

## Библиография

1. [APC White Paper #37: "Avoiding Costs From Oversizing Data Center and Network Room Infrastructure"](#)
2. [APC White Paper #5: "Cooling Imperatives for Data Centers and Network Rooms "](#)
3. [APC White Paper #24: "Effect of UPS on System Availability"](#)
4. [APC White Paper #43: "Dynamic Power Variations in Data Centers and Network Rooms"](#)
5. [APC White Paper #1: "The Different Types of UPS Systems"](#)
6. [Информационная статья APC № 50. "Cooling Solutions for Rack Equipment with Side-to-Side Airflow" \(Решения для охлаждения оборудования в стойке с поперечным воздушным потоком\)](#)
7. [Информационная статья APC № 69. "Avoidable Mistakes that Compromise Cooling Performance in Data Centers and Network Rooms" \(Ошибки, снижающие эффективность охлаждения в центрах обработки данных и помещениях для сетевого оборудования, которых можно избежать\)](#)

## Литература

1. [American Power Conversion Corporation](#)
2. [Avaya](#)
3. [Cisco Systems](#)

4. [Nortel Networks](#)
5. [3COM](#)
6. [IEEE](#)

### Об авторе

**Висвас Пурани** является директором отдела разработки новых технологий и приложений компании APC в штате Род-Айленд, США. Он обладает 16-летним опытом работы в области силовой электроники. В Индии он получил степень бакалавра в области силовой электроники и впоследствии занимался передачей технологии ИБП, преобразователей от ведущих европейских и американских компаний в Индию. Висвас имеет степень магистра в области управления деятельностью со специализацией на международных отношениях с предприятиями в США. Он основал компанию по поддержке центра обработки данных на Ближнем Востоке, а также наладил дистрибьюторскую сеть компании Motorola Semiconductor в западной Индии. С компанией APC Висвас работает уже семь лет. За это время он занимал должности менеджера по продуктам и программам для линейки продуктов Symmetra и InfraStruxure, тесно занимался проектированием и разработкой этих систем, а также выпуском на рынок и поддержкой их во всем мире.

# Приложение

## Анализ доступности

Научный центр APC по анализу доступности оборудования вычисляет уровни доступности, используя специальный интегрированный анализ. В этом подходе для представления моделируемой среды используется сочетание блок-схемы надежности и модели пространства состояний. Блок-схемы надежности используются для представления подсистем архитектуры, а диаграммы пространства состояний, которые также называются диаграммами Маркова, используются для описания возможных состояний электрической архитектуры. Например, в случае перебоя питания ИБП выполняет переключение на батарею. Все источники данных для анализа получены от уважаемых независимых источников (IEEE и RAC) (таблица A2). Эти статистические уровни доступности основаны на предположениях, которые проверяются отдельно.

### **Доктор Джоанна Бехта Дуган, профессор университета Виржинии**

"[С моей точки зрения] анализ заслуживает доверия, а используемая методология правомерна. Использование блок-схем надежности и моделей Маркова является отличным подходом, который сочетает гибкость и точность моделей Маркова с простотой блок-схем надежности".

Анализ надежности выполняется с целью количественной оценки влияния различных электрических инфраструктур. Были определены и сравнены уровни доступности 26 различных архитектур. Затем были выбраны шесть архитектур, которые представляют соответственно ЭФФЕКТИВНУЮ, БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНУЮ и САМУЮ ЭФФЕКТИВНУЮ архитектуры как с точки зрения кабельного шкафа, так и центра данных. Оценка производилась по соотношению стоимости и доступности. Далее показаны шесть выбранных архитектур, а также результаты анализа их доступности.



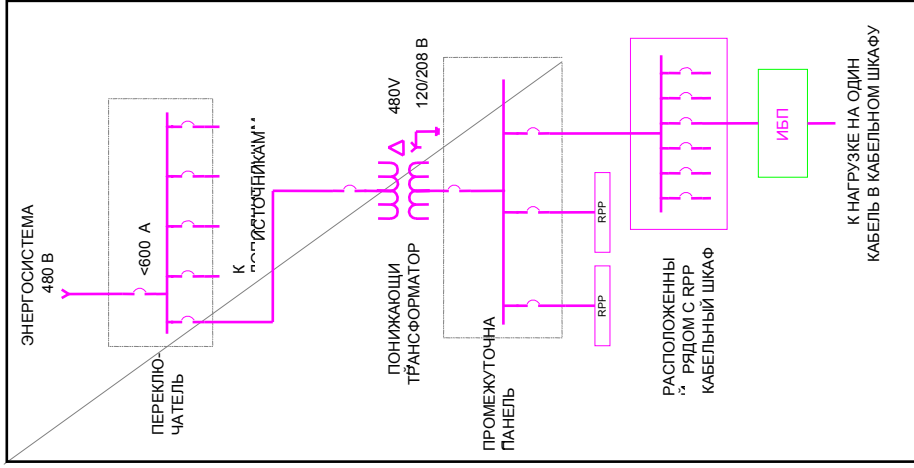
## Архитектуры для кабельного шкафа или промежуточного коммутационного щита (IDF)

### ЭФФЕКТИВНАЯ

НАГРУЗКА НА  
ОДИН КАБЕЛЬ

Время работы от  
батареи = 1 ч  
4-9 с

99.9979872%



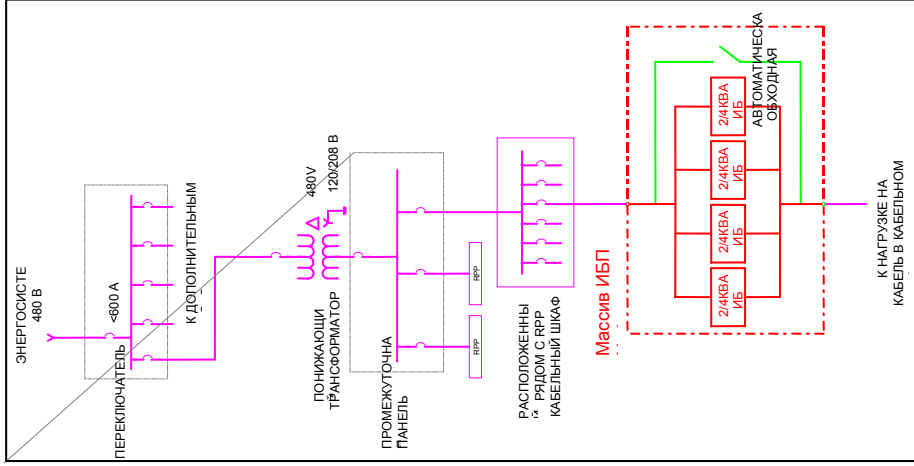
### БОЛЕЕ

### ЭФФЕКТИВНАЯ

НАГРУЗКА НА  
ОДИН КАБЕЛЬ

Время работы от  
батареи = 1 ч  
5-9 с

99.99938958%



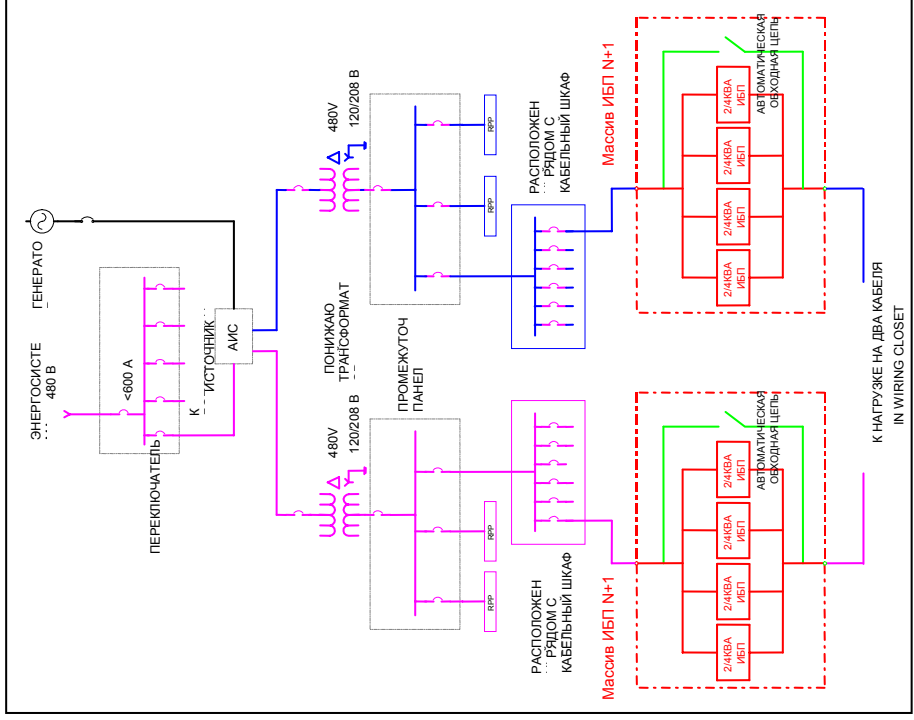
### САМАЯ

### ЭФФЕКТИВНАЯ

НАГРУЗКА  
НА ДВА КАБЕЛЯ

Время работы от  
батареи = 1 ч  
6-9 с

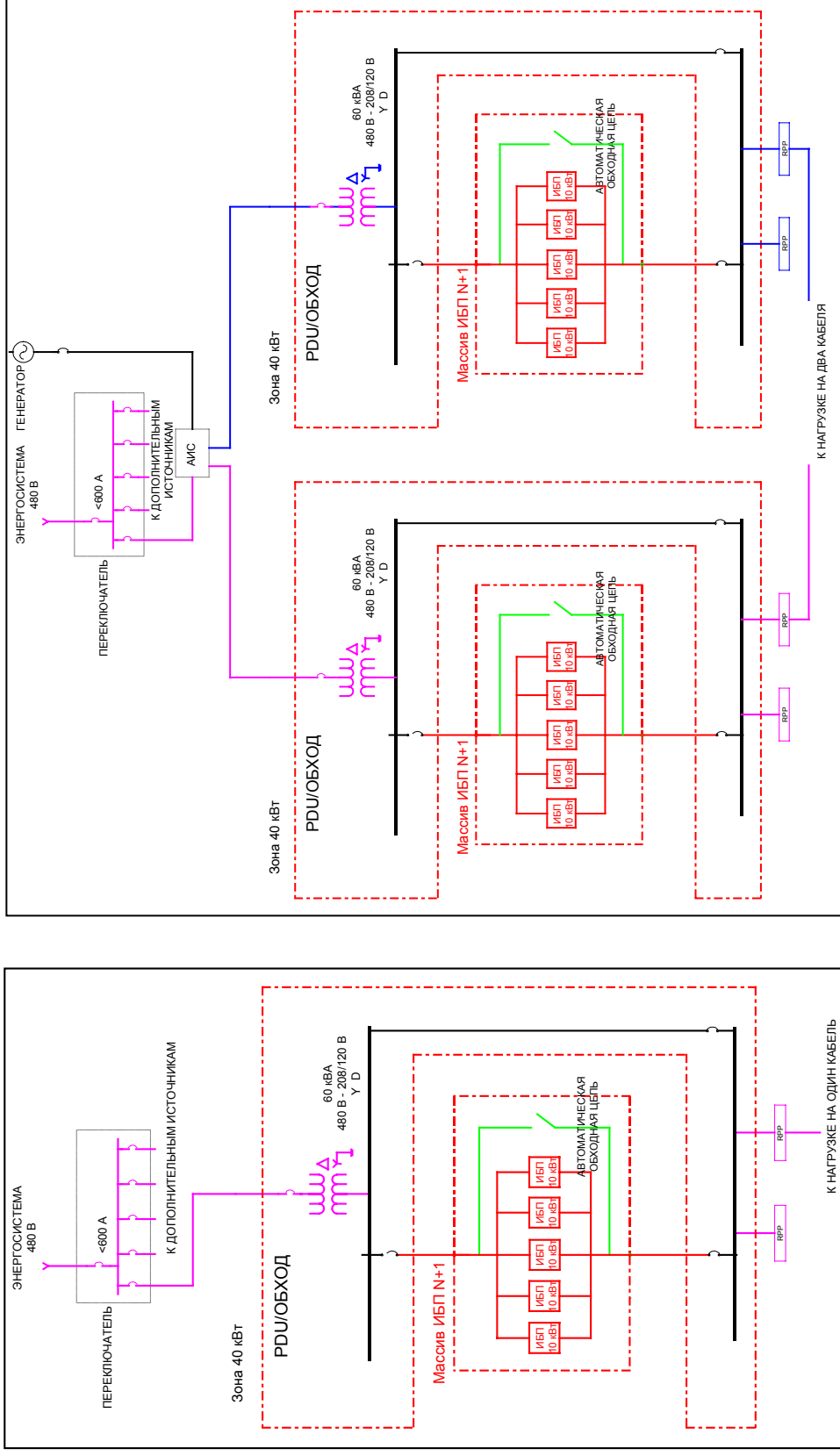
99.99995489%



## Архитектуры для центра обработки данных или главных коммутационных щитов

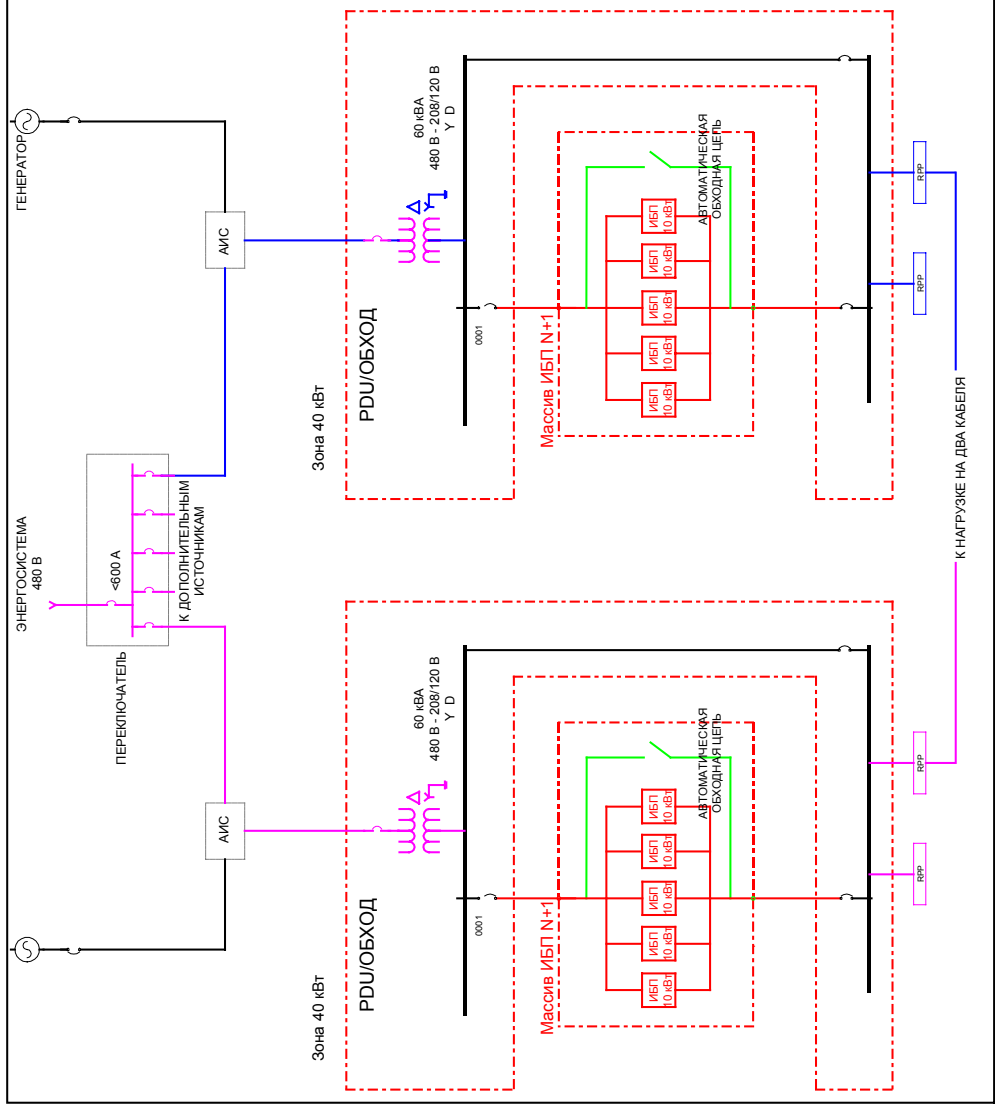
**БОЛЕЕ  
ЭФФЕКТИВНАЯ  
НАГРУЗКА**  
НА ДВА КАБЕЛЯ  
Время работы  
от батареи = 1/2 ч  
6-9 с  
99.99994652%

**ЭФФЕКТИВНАЯ  
НАГРУЗКА НА  
ОДИН КАБЕЛЬ**  
Время работы  
от батареи = 1/2 ч  
4-9 с  
99.99860878%



# Архитектуры для центра обработки данных или главных коммутационных щитов

**САМАЯ  
ЭФФЕКТИВНАЯ  
НАГРУЗКА**  
**НА ДВА КАБЕЛЯ**  
Время работы  
от батареи = 1/2 ч  
7-9 с  
99.99999517%



## Данные, используемые при анализе

Большая часть данных, используемых для моделирования архитектуры, предоставлена третьими сторонами. Данные для автоматизированной испытательной системы для монтажа в стойку основаны на данных, полученных в ходе использования соответствующей системы производства APC, которая находится на рынке на протяжении 5 лет и установлена на многих предприятиях. В настоящем анализе внимание уделяется следующим ключевым компонентам.

1. Контакты
2. Автоматические выключатели
3. Системы ИБП
4. Устройство распределения электропитания (PDU)
5. Электронный промежуточный коммутатор (STS)
6. Автоматизированная испытательная система для монтажа в стойку
7. Генератор
8. АИС

Устройство распределения питания (PDU) состоит из трех основных компонентов: автоматических выключателей, понижающего трансформатора и контактов. При оценке монтажной панели считаются, что один главный автоматический выключатель, один выключатель ответвленной цепи и контакты соединены последовательно. В

таблице A2 указаны значения и источники данных частоты сбоев  $\left(\frac{1}{MTTF}\right)$  и скорости восстановления

$\left(\frac{1}{MTTR}\right)$  для каждого подкомпонента. СВС (MTTF) - это среднее время до сбоя, а СВВ (MTTR) - это среднее время восстановления.

## Допущения, используемые при анализе

Как и при любом анализе доступности, для создания действующей модели требуется сделать допущения. Последние перечислены в таблице A1.

**Таблица А1 -- допущения, используемые при анализе**

<b>Допущение</b>	<b>Описание</b>
<b>Данные о надежности</b>	Большая часть данных, используемых для моделирования архитектуры, предоставлена третьими сторонами. В тех случаях, когда данные отсутствовали, использовались приблизительные значения. Краткий обзор данных о надежности см. в таблице А2.
<b>Частота сбоев компонентов</b>	В ходе анализа происходили сбои всех компонентов, причем их частота оставалась постоянной. Это самое оптимистичное допущение, основанное на том, что все оборудование будет использоваться только в течение указанного проектного срока эксплуатации. Если бы продукты использовались дольше, при определении частоты сбоев потребовалось бы вводить нелинейность.
<b>Ремонтные бригады</b>	Предполагается, что ремонт "n" последовательных компонентов могут выполнить "n" ремонтников.
<b>Системные компоненты продолжают работать</b>	Предполагается, что, в то время как осуществляется ремонт вышедших из строя компонентов, все компоненты внутри системы продолжают работать.
<b>Независимость сбоев</b>	В этих моделях предполагается, что описанная архитектура выстроена в соответствии с оптимальными методами, используемыми в отрасли. Фактически, это приводит к исключению возможности сбоев, вызванных обычными причинами, а также распространения этих сбоев из-за физической и электрической изоляции.
<b>Частота сбоев кабелей</b>	Кабели, соединяющие компоненты архитектуры, не рассматривались при подсчете, поскольку частота сбоев кабелей является слишком низкой, чтобы ее можно было предсказать с точностью и статистической достоверностью. Кроме того, предыдущая работа показала, что столь низкая частота сбоев практически не влияет на общую доступность. Тем не менее, основные контакты были учтены.
<b>Ошибка, связанная с человеческим фактором</b>	Простой, вызванный ошибками персонала, не учитывался в настоящем анализе. Хотя это и является значительной причиной простоя центра обработки данных, цель создания настоящих моделей несколько иная: она заключается в сравнении архитектуры инфраструктуры питания и определении "физических недостатков" этой архитектуры. Кроме того, данные о влиянии человеческих ошибок на доступность отсутствуют.
<b>Доступность питания - это ключевой показатель</b>	В настоящем анализе представлена информация относительно доступности питания. Доступность бизнес-процессов обычно будет меньшей, поскольку восстановление питания не приводит к немедленному восстановлению доступности бизнеса. Обычно ИТ-системам требуется время для перезапуска, что увеличивает период, в течение которого система остается недоступной. Это время не учитывается в настоящем анализе.
<b>Отсутствие преимуществ локализации сбоев</b>	Сбой одной критической нагрузки считается сбоем и является эквивалентным одновременному сбою всех нагрузок. На некоторых предприятиях сбой одной нагрузки влечет за собой меньшие последствия для бизнеса по сравнению со сбоем всех критических нагрузок. В настоящем анализе рассматривается лишь одна нагрузка.

Таблица А2 - Компоненты и значения

Компонент	Частота сбоев	Скорость восстановления	Источник данных	Комментарии
Общая эффективность	3.887E-003	30,487	Электроэнергетический научно-исследовательский институт - были собраны данные для энергоснабжения и подсчитано среднее значение распределенных событий, связанных с питанием.	Эти данные сильно зависят от географического положения.
Генератор с дизельным двигателем	1.0274E-04	0,25641	Книга IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 406	Частота сбоев зависит от времени работы. 0,01350 сбой при запуске (таблица 3-4, стр 44).
Автомат ввода резерва	9.7949E-06	0,17422	Обзор надежности/доступности - ASHRAE, статья № 4489	
Контакт, 0-600 В	1.4498E-08	0,26316	Книга IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 41	
6 контактов	8.6988E-08	0,26316	Рассчитано на основе значения из книги IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 41	Вход трансформатора, у каждого провода имеется один контакт. Поскольку у компонентов имеются 2 комплекта контактов, используется всего шесть контактов.
8 контактов	1.1598E-07	0,26316	Рассчитано на основе значения из книги IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 41	Выход трансформатора, у каждого провода имеется один контакт и нейтраль. Поскольку у компонентов имеются 2 комплекта контактов, используется всего восемь контактов.
Автоматический выключатель	3.9954E-07	0,45455	Книга IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 40	Фиксированный (в том числе с литым корпусом), 0-600 А
Трансформатор устройства распределения электропитания, понижающий	7.0776E-07	0,01667	Значение CBC взято из книги IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 40, а CBV - это среднее значение, предоставленное компаниями Marcus Transformer Data и Square D.	<100 кВА
Электронный промежуточный коммутатор	4.1600E-06	0,01667	Gordon Associates, г. Поли, Северная Каролина	Частота сбоев включает в себя сбои элементов управления; для коммутатора этого размера ASHRAE не предоставляет значения, поэтому здесь используется значение из 600-1000A STS
Соединительная панель ИБП	7.0000E-07	0,25000	Оценочное значение основано на данных по использованию систем	

			Symmetra	
<b>ИБП с обходной цепью</b>	4.00E-06	3,00000	Частота сбоев взята из февральского выпуска журнала Power Quality Magazine за 2001 год, значение скорости восстановления основано на допущении, что на предприятии имеется запасная деталь.	Настоящие данные о сбоях основаны на использовании модульного ИБП с обходной цепью.
<b>ИБП без обходной цепи</b>	3.64E-05	3,00000	Частота сбоев взята из февральского выпуска журнала Power Quality Magazine за 2001 год, значение скорости восстановления основано на допущении, что специалисту по техническому обслуживанию потребуется 4 часа, чтобы приехать, и еще 4 часа, что отремонтировать систему.	ИБП без обходной цепи. Если обходная цепь отсутствует, согласно данным инструкции MGE по использованию систем питания "Power Systems Applications Guide" SVC составляет 27440 часов
<b>Автоматизированная испытательная система для монтажа в стойку</b>	2.00E-06	3,00000	Данные об использовании переключателей Redundant Switch компании APC	Рассчитано, что SVC автоматизированной испытательной системы для монтажа в стойку компании APC составляет 2 миллиона часов. Было использовано более низкое значение - 500000 часов.

## Модели в пространстве состояний

Для представления различных состояний, в которых могут существовать шесть архитектур, было использовано шесть моделей в пространстве состояний. В дополнение к данным о надежности были определены другие переменные, которые также используются в шести моделях в пространстве состояний (таблица 3).

Таблица А3 - Переменные модели в пространстве состояний

Переменная	Ценность	Источник данных	Комментарии
PbypassFailSwitch	0,001	Среднее по отрасли	Возможность того, что обходную цепь не удастся успешно переключить на энергосистему в случае сбоя ИБП.
Pbatfailed	0,001	Gordon Associates - Raleigh, NC	Возможность падения нагрузки ИБП при переключении на батарею. Включает элементы управления
Pbatfailed (резервный ИБП)	0,000001	Квадрат вышеприведенного значения	Предполагает использование двух полностью независимых батарей ИБП
Tbat	1 или 1,5 часа		Время работы от батареи зависит от



			сценария
Pgenfail_start	0,0135	IEEE Gold Book Std 493-1997, стр. 44	Возможность сбоя генератора при запуске. Частота сбоев зависит от времени работы. 0,01350 сбоя при запуске (таблица 3-4, стр 44). Эта возможность рассматривается также и для автоматизированной испытательной системы.
Pgenfail_start (резервный ИБП)	0,00911	50 x квадрат вышеприведенного значения	Переменная Pgenfailed уменьшена на коэффициент 50, чтобы учесть обычные сбои резервных генераторов
Tgen_start	0,05278	Среднее по отрасли	Временная задержка до запуска генератора после прекращения подачи питания. Равняется 190 секундам