

УДК 629.7

© Привалов В.И., Боковой Ю.В., Зимин В.М., Харламова Е.С., Четкин В.А., Шевченко Е.П.
Privalov V., Bokovoy Y., Zimin V., Charlamova E., Chetkin V., Shevchenko E.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF DATA CENTER FOR INFORMATION SYSTEMS

Аннотация. Предложена модель энергопотребления центра обработки данных (ЦОД) информационных систем, которая позволяет сделать более точный расчет его КПД. Построены графические зависимости, показывающие типичные значения потерь, резерва мощности, баланса нагрузки, избыточности и резервирования для компонентов ЦОД. Модель объясняет существенное уменьшение КПД при типичных для многих ЦОД невысоких уровнях нагрузки.

Annotation. We propose a model of energy consumption data processing center (DPC) of information systems, which allows you to make a more accurate calculation of its efficiency. We construct a graph showing the typical values of the losses, the reserve capacity, load balancing, redundancy and backup data center for the components. The model explains a significant decrease in efficiency at typical data center for many low load levels.

Ключевые слова. Обработка данных, вычислительное и инженерное оборудование, энергетические потери.

Key words. Data processing, computing and engineering equipment, energy losses.

Актуальность темы

Покупка энергосберегающих технологических решений не устраняет проблемы, необходим целостный подход при планировании, разработке и размещении центра для обработки данных информационных систем, чтобы оптимизировать потребление энергии и возможности охлаждения оборудования, а также использование уже имеющейся техники.

Постановка задачи

Для определения мероприятий по увеличению энергетической эффективности ЦОД необходимо разра-

ботать модель, дающую точное значение величины энергетических потерь в ЦОД. В типичных упрощенных моделях энергетической эффективности ЦОД роль электрических потерь недооценивается, и поэтому реальный экономический эффект от повышения КПД обычно существенно больше ожидаемого.

Построение модели энергопотребления ЦОД

Эффективность (КПД) любого устройства или системы – это отношение полезного выхода к полному входу, обычно выражается в процентах. Для построения

Привалов Виктор Иванович – кандидат технических наук, профессор кафедры управления качеством и стандартизации, Финансово-технологическая академия, тел: 8(495)516-99-46;

Боковой Юрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия;

Зимин Владимир Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия;

Харламова Елена Сергеевна – старший преподаватель кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия;

Четкин Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия;

Шевченко Евгений Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и управляющих систем, Финансово-технологическая академия.

Privalov Victor – Ph.D., professor, department of management quality and standardization, Financial services and technology academy. Tel: 8(495)516-99-46;

Bokovoy Yuri – Ph.D., assistant professor of information technology and management systems, Financial services and technology academy;

Zimin Vladimir – Ph.D., assistant professor of information technology and control systems, Financial services and technology academy;

Charlamova Elena – senior lecturer, department of information technology and finance and control systems, Financial services and technology academy.

Chetkin Vladimir – Ph.D., assistant professor of information technology and management systems, Financial services and technology academy.

Shevchenko Evgeniy – Ph.D., assistant professor of information technology and management systems, Financial services and technology academy.

модели ЦОД рассматривается как система, «полный вход» которой – потребляемая электроэнергия, а «полезный выход» – количество энергии (мощность), расходуемое на оборудование информационных систем. Если бы КПД ЦОД был равен 100%, то вся подводимая к оборудованию мощность достигала бы информационных систем. В реальных условиях эксплуатации электроэнергию потребляет не только оборудование ИТ, но и множество других устройств инженерной инфраструктуры ЦОД, обеспечивающих его надлежащее подключение, электропитание, охлаждение и защиту (трансформаторы, источники бесперебойного питания (ИБП), соединительные элементы, вентиляторы, кондиционеры, насосы, увлажнители, лампы освещения) [1,2].

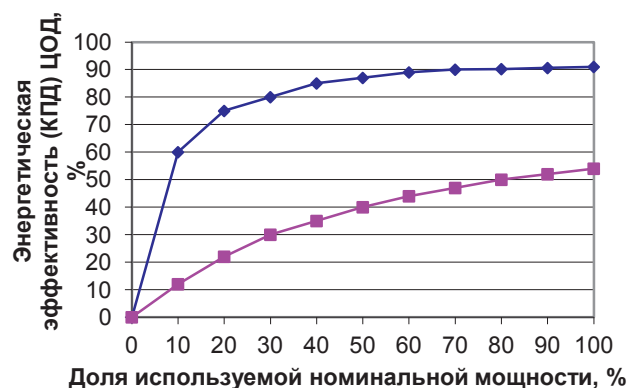
В модели КПД к «потерям» относится все, что не является полезной нагрузкой. Но инженерная инфраструктура ЦОД не только обеспечивает питание нагрузки ИТ, но и выполняет много дополнительных функций. Полезный выход подсистем инженерной инфраструктуры (например, устройств кондиционирования и освещения) должен рассматриваться как часть «полезной нагрузки» ЦОД [3]. Для вычисления общего КПД центра обработки данных функции инженерной инфраструктуры, значимые для поддержания внутренней рабочей среды центра, не связанные с питанием нагрузки ИТ, должны рассматриваться как «потери», которые следует минимизировать. Хотя КПД центра обработки данных можно определить эмпирически путем сложения энергопотребления всего оборудования ИТ с последующим делением на полную входную мощность ЦОД, на практике для расчета используются заявленные производителями значения КПД основных компонентов, включая ИБП и кондиционеры. Этот способ обычно приводит к значительному завышению КПД и не дает информации для определения возможных путей экономии электроэнергии.

В таблице приведены типичные значения трех составляющих потерь для различных типов оборудования ЦОД при реальных нагрузках, которые всегда будут мень-

ше полной. Потери выражаются как процент от полной номинальной нагрузки оборудования.

Из таблицы видно, что при построении более полных моделей компонентов, используемых в ЦОД, для характеристики каждого типа устройства достаточно двух параметров.

Типичный КПД ИБП, изображенный на рисунке, не может адекватно, с приемлемой точностью моделироваться одним параметром КПД, однако эта задача успешно решается при использовании двух параметров из таблицы, характеризующих потери холостого хода (4%) и пропорциональные потери (5%) [4].



Зависимость КПД ЦОД от уровня нагрузки:
 ◆ – КПД ЦОД при номинальной нагрузке;
 ■ – уменьшение КПД при типичных для многих ЦОД невысоких нагрузках

В любом анализе КПД ЦОД обязательно должна присутствовать нагрузка как доля от номинальной мощности. Компоненты электропитания и кондиционирования любого типа могут эксплуатироваться с нагрузкой меньше номинальной вследствие следующих причин:

- ИТ-нагрузка ЦОД меньше, чем его конструктивная номинальная мощность. Согласно статистике, среднестатистический центр обработки данных эксплуатируется с нагрузкой 65% от номинальной;
- мощность компонента ЦОД намеренно завышена для обеспечения запаса мощности, чтобы избежать эксплуатации компонентов с нагрузкой, близкой к номиналь-

Потери для различных типов оборудования ЦОД

Компонент инженерной инфраструктуры	Потери холостого хода, %	Пропорциональные потери, %	Квадратичные потери, %	Полные потери, %
ИБП	4,0	5	–	9,0
Освещение	1,0	–	–	1,0
Электропроводка	–	–	1	1,0
Коммутационное оборудование	–	–	0,5	0,5
Генератор	0,3	–	–	0,3
Кондиционер уровня помещения	9,0	–	–	9,0
Увлажнитель	1,0	1	–	2,0
Холодильная установка	6,0	26	–	32,0

ной, эксплуатация систем без нагрузочного резервирования возможна, однако для особо ответственных объектов рекомендуемый резерв мощности составляет 10...20%;

- компонент эксплуатируется в конфигурации с резервированием N+1 (на N рабочих выходов один резервный) или 2N (на N рабочих выходов N резервных) для повышения надежности и обеспечения возможности обслуживания отдельных компонентов без отключения всей системы, ИТ-нагрузка распределяется между несколькими компонентами инженерной инфраструктуры, что заметно сокращает нагрузку каждого из них, в системах 2N нагрузка любого отдельного компонента не превышает 50% от номинального значения; следовательно, использование устройств в конфигурациях с резервированием N+1 или 2N снижает общий КПД центра обработки данных;

- избыточные компоненты реализуются для поддержки «разнообразных нагрузок».

Распространенная неточность при моделировании КПД ЦОД состоит в предположении, что на тепловыделение (потери) систем электропитания и кондиционирования приходится лишь незначительная часть от ИТ-нагрузки, а значит, эти параметры могут игнорироваться. Оборудование ИТ, системы электропитания и кондиционирования выделяют тепло практически в одинаковом объеме, и все оно должно отводиться. В результате увеличивается нагрузка на систему охлаждения, которую требуется строить с большим запасом, что приводит к дополнительным энергетическим потерям. Таким образом, для корректного расчета величины потерь к нагрузке системы охлаждения необходимо отнести не только оборудование ИТ, но и потери в устройствах электропитания и охлаждения, работающих в кондиционируемом пространстве [3].

Опираясь на приведенные рассуждения, можно построить улучшенную модель для расчета КПД ЦОД, где учитываются следующие факторы: компоненты моделируются с учетом трех составляющих – потерь холостого хода, потерь, пропорциональных нагрузке, и потерь, пропорциональных квадрату нагрузки; в расчет принимается избыточность вследствие нагрузочного резервирования компонентов; в конструкциях с резервированием N+1 и 2N учитывается неполная нагрузка; в общую нагрузку системы охлаждения включается ИТ- и тепловая нагрузка от потерь во внутренних компонентах электропитания и охлаждения [4,5].

Предлагаемая модель предусматривает последовательное выполнение следующих действий: определения

средней степени избыточности для каждого типа компонентов электропитания и охлаждения с учетом факторов запаса мощности, разнообразия нагрузок и резервирования; расчета эксплуатационных потерь для каждого типа компонентов с использованием входной нагрузки, доли номинальной нагрузки для данного типа компонента с учетом резерва мощности, потерь холостого хода и пропорциональных потерь; оценки дополнительных пропорциональных потерь из-за необходимости охлаждения компонентов электропитания и кондиционирования в центре обработки данных; сложения всех потерь; вычисления и составления таблицы потерь как функции от ИТ-нагрузки ЦОД.

Улучшенная модель энергопотребления ЦОД позволяет сделать более точный расчет его КПД. Используя типичные значения потерь, резерва мощности, баланса нагрузки, избыточности и резервирования для всех системных компонентов, можно построить график. Здесь же представлена зависимость КПД ЦОД при полной нагрузке. Улучшенная модель объясняет существенное уменьшение КПД при типичных для многих ЦОД невысоких уровнях нагрузки.

Предложенная модель показывает, что основной вклад в энергетические потери ЦОД вносят потери холостого хода в инфраструктурных компонентах, которые в типичных ситуациях превосходят мощность, потребляемую ИТ-нагрузкой. Анализ представленных данных позволяет определить и оценить возможности сокращения потерь и улучшения энергетической эффективности ЦОД; сокращение избыточности ЦОД за счет использования адаптивной модульной архитектуры, которая позволяет наращивать инфраструктуру электропитания и охлаждения по мере роста нагрузки; повышение КПД систем охлаждения; уменьшение потерь холостого хода в компонентах электропитания и кондиционирования центра обработки данных.

Вывод

Предлагаемая модель оценки энергетической эффективности систем электропитания и кондиционирования центра обработки данных для информационных систем учитывает степень избыточности оборудования и эффект резкого падения КПД на малых нагрузках. На основе модели предложены источники и методы снижения потерь.

Литература

1. Артюшенко, В.М., Аббасова, Т.С. Сервис информационных систем в электротехнических ком-плексах: монография / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, под науч. ред. док. технич. наук, проф. В.М. Артюшенко. – Москва, ФГОУВПО РГУТиС, 2009. – 100 с.

2. Аббасова, Т.С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных / Т.С. Аббасова // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. – 2010. – №3, т.6. – С. 10 – 13.
3. Умудумов О.Ф., Аббасова Т.С. Системы вентиляции и кондиционирования в вычислительных центрах // *Сборник материалов 8-ой Межвузовской научно-технической конференции*. – М.: МГУС, 2007. С. 148-149.
4. Аббасова Т.С. Методика выбора и подключения источника бесперебойного питания в компьютерных сетях. – *Электротехнические и информационные комплексы и системы*, 2007, №3, т. 3, с. 27 – 29.
5. Зимин В.М., Шевченко Е.П. Прогнозирование развития аварийных ситуаций с помощью нейронных сетей // *Сб. тр. 2-ой международной научно-практической конференции: «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени»* – Россия, г. Екатеринбург, 12-13.09.2014.

Материал поступил в редакцию 25. 09. 2014 г.