

次世代のデータ・ センターに不可 欠な冷却システム の要件

White Paper #5

APC[®]
Legendary Reliability[®]

エグゼクティブ・サマリー

効果的なミッション・クリティカル設備においては、現在と過去のデータ・センターの設計に関連する既知の問題と課題を取り上げる必要があります。本書は、ユーザーとの体系的な面接から引き出された冷却システムの課題と要件をカテゴリ別、優先順に編纂した収集版です。

はじめに

過去数十年におけるIT技術と製品の革新的な変化にもかかわらず、データ・センター向けの冷却インフラに関する設計は、1965年以来非常に僅かにしか変化していません。IT機器には常に冷却が必要でしたが、今日のITシステムの要件は、これらのITが今日開発される方法とあいまって、30年以上前に近代的なデータ・センター用に冷却の原則が開発された時点では予期されなかった冷却関連の新たな問題を生み出しています。本書では、ユーザーの問題を識別・分類する系統的な手法により、次世代のミッション・クリティカル設備における冷却システムの性質と特色に関する洞察を提供します。

本書は、ミッション・クリティカル設備から熱の形でエネルギーを取り除く際の問題に焦点を当てています。APCのWhite Paper #4、「Essential Power System Requirements for Next Generation Data Centers (次世代のデータ・センターに不可欠な電力システムの要件)」に電力供給についての関連問題が取り上げられています。

調査

ミッション・クリティカル設備に関する管理職層（企業の情報主任(CIO)、運営管理者、IT管理者）の面談調査が実施されました。面談は、Fortune 1000企業、政府、教育、サービス・プロバイダーを含む50以上の異なる組織の90人以上を対象に行われました。面談対象となった顧客のおおよその分布は、北米50%、欧州20%、日本、太平洋沿岸、オーストラリアならびにアジア地区（JPAA）が30%となっています。

9ヶ月におよぶ調査では「顧客の声（Voice of the Customer）」手法が適用されました。これは、自由回答式質問に対する口答／書面回答のデータを収集したものです。これによって、質問文からの先入観による制限・抑制のないことを利点とする、形式ばらない要素を含む回答が得られました。調査の過程において、質問の一部は、不明確な回答の明確化を図るために拡大／変更されています。

結果:ミッション・クリティカル設備における冷却システムの課題

調査で得られた回答は共通のコンセプトに従ってグループ分けされ、各グループについて、ミッション・クリティカル設備設計の課題に対応したソリューションの要件が導き出されました。このプロセスでは中核をなす23の課題が確認されました。これらの中心課題はその後、以下の5つの主要テーマ領域別にさらにグループ分けされました。

- 適合性／スケーラビリティ
- 可用性
- ライフサイクル・コスト
- メンテナンス／サービスの容易性
- 管理性

それぞれのテーマ領域について、課題、根本的な問題、冷却システムの要件が表の形式で提示されています。最優先事項となっている問題が各テーマの覧の最初にリストされています。この優先順位は、回答に示されている優先順位に重点を置いて判定した言及回数を組み合わせることによって決められました。

適合性/スケーラビリティの課題		
課題	根本的問題	冷却システム要件
増大し、予測が困難な出力密度に対する考慮	出力密度要件に関する業界展望は大きな不確定要素を含むが、新しいデータ・センターは10年間にわたり要件を満たす必要がある。ITは1.5年から2.5年ごとに更新されることを考慮しなければならない。	高密度ラック（将来的には稀なケースとも広く認められる形態ともなり得る）に簡単に適合できるかあるいは改良が可能で、冷却供給を行えるシステムの設計。
カスタム設備に必要な広範なエンジニアリングの縮小	このエンジニアリングは時間と費用を多大に要し、下流部門における品質問題の主要原因となっており、その後の設備拡大や変更を非常に困難にする。	大部分の計画とエンジニアリングを解消/簡素化する事前エンジニアリング・ソリューション。
変化し続ける要件への適合	負荷は頻繁に変更される。冷却システムに変更の必要があるかどうかの判断、既存のシステムで十分な冷却が達成できているかどうかの判定が困難である。	新しい負荷を確実に冷却でき、しかも複雑な建設や計画なしで冷却を素早く容易に絶縁されている高電力用ロードへ振り向けられる冷却システム。
冷却容量の既存運用スペースへの追加が可能	多くの既存スペースは、現在設置/計画されている出力密度向けには設計されていない。冷却容量を運用中の既存データ・センターやネットワーク室に追加することは、非常に難しくかつ費用が掛かる。	改造オプション（追加冷却容量を提供し、できれば特定のラックまたは機器を対象としており、複雑な計画やエンジニアリングなしで容易に設置でき、さらに既存システムの交換/遮断が不要であること）。

調査の結果、適合性に関する課題が最も重要な要件であることがわかりました。高密度ラック・システムの冷却、加えてその数量、タイミング、場所の不確実性に関する問題に特に焦点が絞られました。これは、通常1.5～2.5年毎に起こるデータ・センターまたはネットワーク室でのIT更新によって複雑化されており、次のAPC White Paper #29で詳しく検討します。「Rack Powering Options for Data Centers and Network Rooms（データ・センターとネットワーク室を対象とするラック電力供給オプション）」。

調査では、冷却システムが将来の負荷を供給できるかどうかに関しては、事前に負荷の特性が分かっている場合でも、顧客には多くの場合予想できないことが示されていました。

可用性の課題		
課題	根本的問題	冷却システム要件
空気混入の解消	IT機器への給気／排出を混合すると、CRACユニットへの排気温度が下がり、IT機器への供給温度が上昇する。 CRACユニットは、これを克服するために非常に冷たい空気を排出するよう設定されていなければならないが、結果として冷却性能不良となる。	IT機器での排気と供気の混合を最小にするシステム。
必要に応じた冗長性の確保	冗長システムにおけるCRACユニットの障害は、冷却容量を低下させるばかりでなくエアフローの物理的な分布にも影響する。冗長システムの計画・検証は困難である。	CRACユニットや関連インフラの障害時に、全IT機器へのエアフローと供給温度が設計的に保証されているシステム。
ラック前面での垂直方向の温度勾配の解消	特定ラック前面では、10°Cの幅の温度変化がある。この温度変化の影響は予測不可で、またこの現象が起きる理由もユーザーには不明である。これにより各IT機器に予想外のストレスが加わり、この温度勾配を超えた機器で障害が発生する。	高温排気がラック前面領域に戻らないようにし、冷却給気がラック上下で均一に分布することを保証するシステム。
ミッション・クリティカル設備における液体源の最小化	液体の漏れによりIT機器が損傷を受け、データ・センターのシャット・ダウンの必要が生じる場合がある。 クリーンアップ／損傷評価は非常に難しい。	データ・センター内における液体の必要性の最小化。必要な場合は、液体システムの作動を低／準圧下で行って漏れを防止する。
人為的ミスの最小化	独自のエンジニアリングによる、文書化が不完全なシステム。 要件の変更には、使用中のシステムのパラメーター調整が必要である。	総合的な文書化とエラー防止機能を備えた事前エンジニアリング・ソリューション。

調査の回答者は例外なく、データ・センターやネットワーク室の全IT機器に必要な入力温度と、エアフローを確保する能力に関する不満を表明していました。自社のデータ・センターで実行されている冗長方式の冷却機能に対する回答者の信頼度は、非常に低いものでした。

ライフサイクル・コストの課題		
課題	根本的問題	冷却システム要件
設備投資と利用可能なスペースの最適化	システム要件は予想が困難であり、しばしばオーバーサイズ化される。	要件に伴って拡張するモジュラー・システム。
開発速度の加速化	関係する計画と独自のエンジニアリングは6~12ヶ月を要するが、これは組織の計画期間に比べて長過ぎる。	大部分の計画とエンジニアリングを解消/簡素化する事前エンジニアリング・ソリューション。
サービス契約費用の削減	未使用または低使用機器のサービス契約は無駄である。	変化する要件に応じて直ちに拡大/縮小ができる正しいサイズのシステムは、オーバーサイズ化および低使用機器に関連する無駄なサービス契約を減少させる。
冷却システム改善のための投資収益の定量化	冷却システムの設計に利用できるオプションは非常に複雑で費用に大きな幅がある。各オプションから得られる価値を判定することが非常に難しい。実際の性能が設計性能と著しく異なる場合は、特に難しくなる。	システム性能が予測でき、正確に定量化できる標準化された設計。

調査からは、ライフサイクル・コスト関連の課題は、適合性と可用性の要件に比関心が低いことがわかりました。

ライフサイクル・コストに関する課題に応じるための冷却システムの要件は、適合性で求められるソリューションの要件に共通した多くの機能を共有しています。特に、事前エンジニアリング処理済みで標準化されたモジュラー式ソリューションが必要です。

サービスの容易性の課題		
課題	根本的問題	冷却システム要件
平均回復時間の減少 (修理時間、プラス技術者の到着、診断、部品到着に要する時間)	予備部品がすぐに利用できる状態になっていない。診断および修理のための複雑な分解工程が必要な大型システム。	現場や各ローカル地点で在庫保管されている標準予備部品を使用するモジュラー・システム。 複雑な分解を必要としないシンプルな修理手順。 設計的に交換が短時間で済むコンポーネントへのアクセスの容易性。
複雑なシステムの単純化	システムが非常に複雑でサービス技術者や社内のメンテナンス要員がシステムの作動や保守時に間違いを犯して機能不良を引き起こす。 危機発生時にシステムの作動状態を簡単に判定あるいは連絡できない。 第三者の制御システムは複雑で独特であり、完全にはテストがされていない。結果として、故障下で不測の事態が生じる。	標準補助機器と標準名称使用の標準化されたシステム。 事前エンジニアリングと事前テストが済んでいて、設定に多くの時間を要しない制御システム。 トラブルシューティング用の詳細情報を提供する高度診断システム。
サービス手順の簡素化	定期的なサービスの手順には、関連サブシステムの分解が必要となる。システムの設置時に一部のサービス品目へのアクセスが簡単にできない。多くのサービス手順で、高度に経験を積んだ要員が必要とされる。	システムは、社内要員が大部分の一般サービスをできるようにすべきである。 サービス手順のミスを防止するための、コネクター方式のインターフェイスを搭載したモジュラー式サブシステム。
ベンダー・インターフェイスの最小化	冷却システムには多くの場合複数のベンダーが関係しており、社内要員やベンダーの人員でも、問題に関してどのベンダーに責任があるのかを判定することが難しく、時間と費用の無駄に結びついている。	問題の責任が明確になっており、下請け調達方式のコンポーネント数が最小である事前統合、事前製造のシステム。
過去の経験から学び、その結果をシステム全体を通じて共有	一つのシステムで学んだ内容を他のシステムに転送できる独自エンジニアリングされたシステム。 ある顧客の問題に対するソリューションを同ケースの他の顧客に伝える明確な方法はない。	事前エンジニアリング処理済みおよび標準化済みのシステム。ここではメーカーからの通知と自動更新手順によって学習が共有される。

サービスの容易性に関する課題での共通テーマは、冷却機器は修理点検がより簡単にできるよう設計できると回答者が信じていることです。

管理可能性の課題		
課題	根本的問題	冷却システム要件
管理システムは、問題の明確な説明を提供するものでなければならない	冷却管理システムはデータ報告を行うが、多くの場合、実際問題の症状と関係があるものはわずかしかない。 冷却管理システムは、障害が生じたときにコンポーネント・レベルの診断に役立つ情報をほとんど提供しない。	問題の症状に一層適合するデータの報告。 難解な用語の解消。 コンポーネント・レベルでの障害診断に役立つ情報の提供。 問題のトラブルシューティング中のシステム性能詳細スナップショットの提供。
予想可能な事項に対する障害解析の提供	多くの冷却コンポーネントは突然故障または誤作動を起こすか、機能劣化が予告なしに発生する。冷却の喪失を防止する矯正処置を講じるための事前警告は提供されていない。	コンポーネント障害の事前警告を提供できる冷却システムを実装する。消費部品または有限寿命部品の場合は、残りの予想寿命と交換間隔を自動的に通知する。該当する場合、システム性能を調整して消耗部品の性能低下に合わせる。
冷却性能データの集計とまとめ	冷却性能データは多くの場合個別のCARCユニットからは集計されず、供給されるシステム全体性能の見通しは低品質のものとなる。個別のCRACユニット間の作動は多くの場合調整されていない。	統合システムと個々のCRACレベルのパラメーターに基づいて報告、管理、通知を行うグラフィック・ユーザー・インターフェイス (GUI) と自動通知。 要求の競合を防ぐためのシステム間の通信。

管理可能性に関するソリューション要件は、独自エンジニアリングによるシステムの場合、設計、インストール、テストが高額になります。これらの課題は、事前エンジニアリング、事前テスト、標準化した管理ツールの必要性をはっきり示しています。

調査の結果、時変性熱出力を生み出す特徴である、最新IT機器の時変性電力消費に関する認識が不足していることがわかりました。このため、この問題の管理は調整事項としては浮上しませんでした。にもかかわらず、この問題は将来重要な管理可能性の課題となると予想され、次のAPC White Paper 43で詳しく検討します。「Dynamic Power Variations in the Data Center and Network Room (データ・センターとネットワーク室における動的電力変動)」。

電源関連課題と冷却システム関連課題の対比

ミッション・クリティカル設備での電力課題についての関連研究により、冷却課題中の13は電力課題と共通しており、4つは非常に近い関連があることが明らかになっています。また、冷却課題中の6つは、電力課題とはまったくかけ離れています。

電力と冷却との間の共通の課題は、適合性のテーマ、特に、データ・センターの寿命期間内に追加／交換されるIT機器の要件が、変遷するとともに予測不可である点について共有しています。モジュラー、スケーラブル、事前エンジニアリング済み、標準化されたシステムが、これらの問題に対する共通のソリューションです。サービスに関する懸念についても、多くが電力ニーズと冷却ニーズの間で共通するものでした。

システム管理に関連するニーズも同様でした。

電力課題と冷却課題の間の最大の相違は、性能とコストについての懸念に関するものでした。回答者は、冷却システムの性能と可用性について非常に懸念していることを明確に表示していました。顧客は既存の冷却システムが意図通りに作動しているとは考えておらず、障害条件下で計画済みの冷却冗長方式（存在する場合）が実際に機能するかどうか多くのユーザーは確信を持ってないでいる、というはっきりしたパターンが示されていました。

性能の問題は、冷却システムのユーザーにとってはライフサイクル・コストよりも大きな関心事でした。これは、ライフサイクル・コストの問題がより優先化されており、電力システムの性能に高い満足度が示されている電力の調査とは大きく異なります。

ミッション・クリティカル設備のための冷却システム

本調査で確認されたミッション・クリティカル設備の冷却の課題に応じるため、現行の設計の多くの点を変更しなければなりません。これらの多くの変更には、冷却機器の技術、設計、仕様における変更が必要となります。冷却サブシステムのコンポーネントの統合は、特に空気分布とリターン・システムにおいて、独自のシステム設計を重んずる現行の実践から離れ、事前エンジニアリング、さらには事前製造ソリューションの方向へと向かわなければなりません。このようなソリューションは、理想的には、自由に拡張可能な、モジュラー式かつ標準化されたものであり、現場で短時間につなぎ合わせられる部分を除いては完成品として配送します。標準化は、学習過程を容易にします。高性能の管理システムを開発するコストを標準化された多くの設備全体に振り向けることにより、組織的な冷却管理がすべての顧客にとって入手しやすいものとなります。

高密度ラック向けの冷却問題への推奨ソリューションの一つとして、ラックに対する直接水冷方式があげられます。IT機器自体は水冷が可能であり、ラック内での熱交換器の使用も可能です。空気分布システムの進歩は、この手法が適している電力レベルに影響を及ぼします。10kW以上の分離ラックまたは6kW以上の大きなラック・グループでは、水冷が現在有利となっています。ただし、これは今日のラック全体のほんの一部でしかありません。このため、ラックの

直接水冷方式は、近い将来において主流のソリューションになるとは思われません。又、本調査のデータでのこの方式への言及も僅かしか見られませんでした。

結論

データ・センターとネットワーク室の冷却システムに関連する顧客の問題についての系統的な分析によって、ミッション・クリティカル設備の方向を明確に示すことができます。現在の設計や機器では解決ができない、緊迫した問題のほとんどに共通するテーマは、データ・センターが変化に適応できないという点です。データ・センターの冷却システムは、可用性と費用効果を共に改善するために、要件の変化にさらに柔軟に対応できなければなりません。

冷却システムのユーザーは、現行および計画済みのシステムが高密度ラックを冷却できることについて確信がありません。これは第一に、空気分布と混合に関連する問題です。データ・センターの冷却システムは、ラックでのエアフローをより効果的に制御する能力を提供できなければなりません。

多くの業界では、信頼性、サイクル・タイム、費用における新しい進歩には、標準化、事前エンジニアリング、モジュール化が必要であるという成熟段階に達しています。ミッション・クリティカル設備の設計者やその設備内で使用される冷却機器の設計者およびその所有者は、この成熟点が達成されたかを見極める必要があります。本書の調査結果は、ミッション・クリティカル設備に適合する冷却システムの新しい世代の必要性を示しています。

参考文献

- 1) FIPS PUB 94 "Guideline for Computer Power for ADP Installations"; National Technical Information Service