

ホワイトペーパー

最適化された高電力 PoE ケーブル配線システムの設計およびフィールド・テストにおける検討事項

DCR アンバランスの包括的なテストが重要な理由



フルーク・ネットワークスの DSX シリーズ・ケーブルアナライザーは、敷設されたケーブル配線システムの DCR 性能を認証試験し、PowerWise および Clarity システムのテスト規格の設定も可能です。

電力とデータを配線の遠端まで同時に送る方法として、パワー・オーバー・イーサネット (PoE) の活用が増加:

ICT 活用に長けたテクノロジー企業は、PoE に特化した電力効率の優れた新たなシステムや機器を事業者や一般消費者向けに導入しようとしています。この新しい技術を適切に活用し、その機能を最大限に引き出すために、敷設業者とエンド・ユーザーは共に次の点を考慮する必要があります。

- プラグやジャックなどのパッシブなインフラ用配線部材を含む新しい機器への完璧な投資保護の必要性
- 既存のネットワーク・システムよりも長期にわたる使用期間
- 新たに発生する要件にも適合しながら、将来における利用をも保証できる機器の重要性
- より高い温度に達する可能性のある構成部材の耐温度性能の必要性
- 予測電力効率の算出による設備投資の正当性評価の必要性

いまや、ユーザーは標準化団体の定める規格を満たしながら新しい技術への投資価値を確保し、かつ期待を上回る成果をもたらすために、実際のデータによって裏付けられた高品質な性能の配線部材をこれまで以上に必要としています。業界のリーダーであるフルーク・ネットワークス、Legrand 社、Superior Essex 社が提携し、IEEE 802.3bt によって導入された直流抵抗 (DCR) 要件に対応した規格適合製品が開発されました。フルーク・ネットワークスの DSX シリーズ・ケーブルアナライザーは、敷設されたケーブル配線システムの DCR 性能の認証試験を行うことができ、PowerWise および Clarity システムのテスト規格のリミット値設定機能も内蔵しています。

PoE について

最近になり、かつてはアナログに限定されていた機器がデジタル化され、コンピューターのように機能することから IP ネットワークにも活用され始めています。商業施設で PoE が最初に使用された例は、VoIP (ボイス・オーバー IP) 電話ネットワークでした。以来、PoE の統合は増加の一途をたどっています。機器のデジタル化や「スマート化」が進むなか、PoE 技術によって機器の設置が簡素化され、ユーザーは環境をより効率的に監視/管理できるようになりました。たとえば、家庭、オフィス、そして、ビルなどに設置できるデジタル機器の普及により、ビルの所有者や管理者はビルの機能を監視/管理して、運用の簡素化、テナントに対する環境改善が実現できます。

以前は、機器には AC 電源用とネットワーク接続用の個別のケーブルが必要でしたが、PoE を利用すれば、1 本のイーサネット・ケーブル (ツイスト・ペア・ケーブル) で電力供給とデータ送信の両方が可能です。ツイスト・ペア・ケーブルは、照明、IP 電話、デジタル・ビルディング・システム、無線アクセス・ポイントなど、ネットワーク上のスマート・デバイスに最大 10 Gbps のデータを送信し、最大 100 W の電力を供給する重要な役割を果たします。

PoE 技術は現在も開発途上ですが、ツイスト・ペア通信ケーブルによって提供される安全な低電圧電源は、ケーブルによる通信が最も初期の形態であった頃から存在していました。これまでは、中央に位置する自動化されたオフィスが、1 または 2 ペアのケーブルを介して家庭やビジネス用の固定電話に 30V + 15V のリング電圧を供給していました。最近では、ほとんどの商業施設の通信配線インフラで、5V 以下のデータ伝送信号電圧から、同じ 4 ペアのツイスト・ケーブル構内配線を使って電力を供給する PoE 技術へと進化しました。パワー・オーバー・イーサネットの目的は、低電圧供給技術を活用して、イーサネットのデータ伝送と同様に同じ伝送経路とケーブル配線を共通に使用しながら、中央に配置された通信用クローゼットや通信用キャビネットなどの場所から、配線の遠端機器に効率的に電力を同時に供給することにあります。PoE を利用することで、遠端機器に

電力を供給するために別のケーブルを敷設したり AC コンセントを設置したりする必要がなくなります。

安全性に関する懸念と対策

技術の進歩によって、資産の管理/監視をより効率的に行えるツールが利用可能となり、PoE の重要性が増えています。PoE 機器の設置は電気技術者を必要とせず、事実上感電のリスクをなくすることができるため、非常に簡単に設置できます。PoE 技術が継続的に進歩することによって、ケーブルは大容量の電力伝送を安全に行えるようになり、そして、さらに PoE 対応製品の活用可能性が高まるにつれて、メーカーとエンド・ユーザーにとっての価値がますます増大しています。

さらに、PoE モデルは次の理由からその安全性が IEEE (電気電子技術者協会) によって承認されています。

- 技術的な基礎は、長年電話システムで使用されてきたような、NEC (米国電気設備基準) が規定する低電圧ケーブルのしきい値に基づいている。
- 電力は、有効な受電機器 (PD) が接続されたケーブル上で給電機器 (PSE) によってのみ供給がなされ、オートネゴシエーションの自動認識が行われるが、PD が取り外された場合、またはチャンネルの導通が断たれた場合は、そのケーブル・チャンネルには電力は供給されない。

PoE とデジタル・ビルディング

Cisco 社の「デジタル・ビルディング」は、PoE ケーブル配線システムの基盤を構築し、未来のスマート・ビルディングの中枢神経系として機能します。Cisco 社は、「コネクテッド・デバイス」メーカーと PoE/モノのインターネット (IoT) インフラのメーカーがパートナーを組んだエコ・システムを構築しました。それにより、「コネクテッド・デバイス」への電力供給とデータ送信の手段として PoE を使用することで、デジタル・ビルディングの建設が可能になります。Cisco 社は、この信号をビル全体に分配するスイッチ装置も設計しました。この装置は、集中化された接続形態と分散化された接続形態の両方をサポートします。

規格と要件

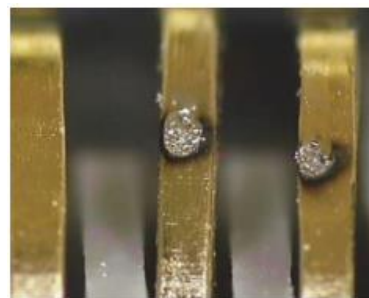
PoE アプリケーションと、これらに電力を供給するケーブルは、いくつかの標準化団体によって管理されています。IEEE は、PoE を含むすべてのイーサネット (802.3) アプリケーションを管理/規定し、TIA (米国電気通信工業会)、ISO (国際標準化機構)/IEC (国際電気標準会議) の商用ケーブル配線規格では、敷設についての規定とテストに関するガイドラインが示されており、その後、次々と規格が公表されています。

PoE アプリケーションは通常、TIA および ISO/IEC によって規定された構内配線を使って稼働しますが、PoE 規格はすべて IEEE によって管理されています。IEEE は、ケーブル配線の推奨に関する標準化団体の意見を求めており、技術に関する共通の課題と懸念事項について連絡協議を始めています。TIA および ISO/IEC は、通信ケーブル構内配線の設計、敷設、テストのガイドラインの主要バージョンを規定し、所有しています。これらの規格、すなわち TIA568C と ISO/IEC11801 は、1990 年代後半から米国だけでなく、海外でも採用されています。TIA と ISO/IEC はともに、ケーブル配線規格と手順を策定または更新する際に PoE の電力的な影響を検討しています。最初の正式なパワー・オーバー・イーサネット規格 (IEEE 802.3af) は 2003 年に導入され、ツイスト・ペアのメタル線ケーブルを既に使用しているアプリケーションを対象にしていました。

PoE の初期の対象アプリケーションは IP 電話でした。このアプリケーションと後続の IEEE PoE アプリケーションはともに、ビルやキャンパスの 4 ペア・ケーブル・インフラ (TIA-568 および ISO/IEC11801)、構造化配線、ならびにアプリケーションに特有の 4 ペア・ケーブル・インフラを利用した配線システム導入に向け、設計されました。

Legrand 社 Clarity コードと HDJ の接続性: 接続性が重要な理由

Legrand 社の Clarity 接続用部材、特に高密度ジャック (HDJ) は、PoE アプリケーションを念頭に置いて設計されています。電子機器に安全に電力を供給するには、接続部の劣化とアーク放電という 2 つの共通の懸念事項に対応する必要があります。PoE 負荷の下でプラグとジャックの接続が切断されると、スパーク浸食として知られる状態が発生することがあります。Legrand 社のジャック接続部は、この問題に対応するために特別な設計が施されています。接続部分をプラグとジャックの嵌合位置から離して、嵌合位置の 50 マイクロ・インチの金メッキ部分を保護し、これらの製品寿命にわたり優れた接点接続を確保します。これは、ネットワーク性能の低下またはビット・エラー・レートの増加の原因となる接続部の劣化を防ぐ効果的な方法です。



このスパーク浸食は、重要な接続部分から離れていることが示されています。アーク放電を避けることはできませんが、完全な嵌合接続状態では、プラグとジャックの重要な接触はスパーク浸食からは離れたところで行われます。

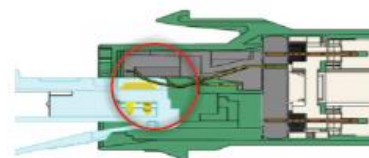


図 1
図に示すように、アーク放電、あるいは「スパーク・ギャップ (火花間隙)」は、プラグとジャックの最終接点で発生します。

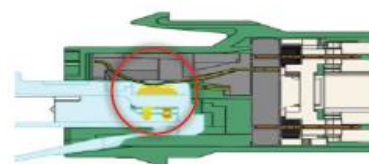


図 2
Legrand 社のジャックは、その重要な接触面がアーク放電によって発生する浸食から離れた位置になるように設計されています。

現在使用されている多くのジャックとパネル・コネクタは、プリント回路を利用してノイズの制御と除去を行い、デジタル信号の読み取り性能を向上させています。初期の低電力 PoE 規格が公表された時点では、プリント回路基板 (PCB) のトレース (基板上の配線) の設計においてデータ伝送だけを重視していても、それ自体が懸念材料になることはありませんでした。しかし、今日においては、PCB 配線経路 (全表面積、トレース幅、断面内容量) は、ばらつきによって異なるため、通電電流量の違いを認識することが重要です。IEC 60512-99 勧告に沿って設計されたプリント回路基板を利用するコネクタは、各回線経路で 1 アンペアを流せるように既に設計されています。完全な回路はループを構成しており、通常 2 つのトレースが含まれているため、この要件は 1 ペアにつき 1 アンペアとしてリスト化されることがあります。1 アンペア設計は、最大 350 mA の 802.3af および 600 mA の 802.3at には十分に対応しますが、近く標準化される 802.3bt タイプ 3 とタイプ 4 の 960 mA では、1 アンペア容量、および IEC が推奨する設計保護レベルに危険なほど近くなり、余裕はほとんどありません。しかし、ある程度のマージンを確保するために、1 アンペア 以上に対応した回路トレースを設計することで、PCB との接続性を向上させることができます。

Legrand 社の Clarity 接続部材は、1 つの回路トレースで 1.5 アンペア以上に対応できるよう設計されており、IEC が提言する値以上のマージンの増加を提供しています。また、すべての製品は IEC 60512-99 で規定される規格に完全に準拠しています。プリント回路基板のケーブル・トレース幅が大きいと、熱が効果的に放散されるため、Clarity ジャックと太いワイヤー・ゲージのケーブル (通常 22 または 24 AWG) は PoE アプリケーションに最適です。

PoE 接続用機器を選択する場合は、次の点を考慮する必要があります。

- 接続性が IEC 60512-99 に準拠していない場合は、その接続性はすべてのレベルの PoE をサポートできると説明すべきではない。
- 標準化団体の現時点の勧告 (IEC 60512-99) にのみ依存すると、将来の高電力 PoE アプリケーションに対応する際に、規格に準拠した接続性が設計限界に極めて近くなる可能性がある。そのリスクを排除するには、1 アンペア以上の容量に対応した接続性を設計する Legrand 社などのコネクタ・メーカーの製品を検討すること。
- 1.5 アンペア以上の容量に対応するよう設計/指定された接続部材は、電力経路のより大きな容量とマージンを提供すること。

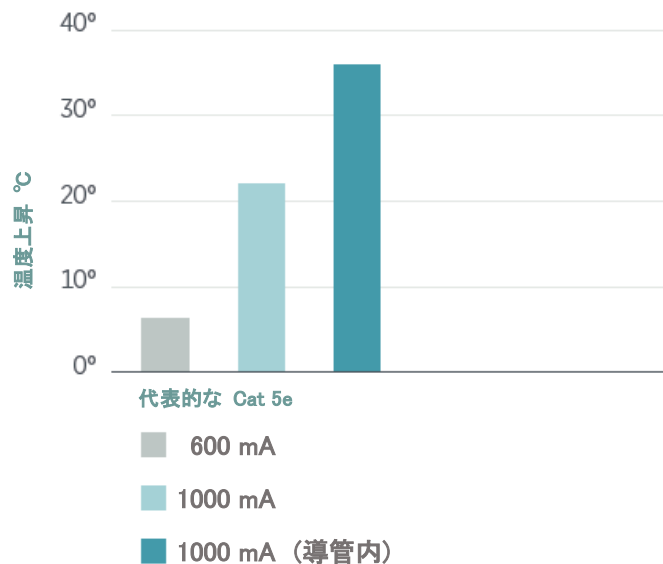
Superior Essex 社の PowerWise®: ケーブルの選択が重要な理由

ユーザーは、4 ペアを介して 100 W の電力供給が可能な PoE 技術を期待しています。これに伴い、規格、安全性、導入、エネルギー効率、データ伝送性能、敷設されたケーブルの寿命などに関する新しい問題が発生しています。専用の規格を適用し、4 ペア PoE システムの発熱の最小化、電力効率の最大化、運用コストの最小化を目指すなかで、Superior Essex 社はそれがいかに設計されるべきかを見極めるために、PowerWise を開発しました。この製品は、安全性を確保し、各製品の耐用年数保証が延長されるように設計されています。

カテゴリ・ケーブルを使った PoE の利用によって発生する高温は、建物の安全性とデータ伝送に影響を与える可能性があります。このため、NEC と TIA は、使用するケーブルの最大温度上昇を規制しています。以下の図は、温度上昇と伝送電力量の関係を示しています。

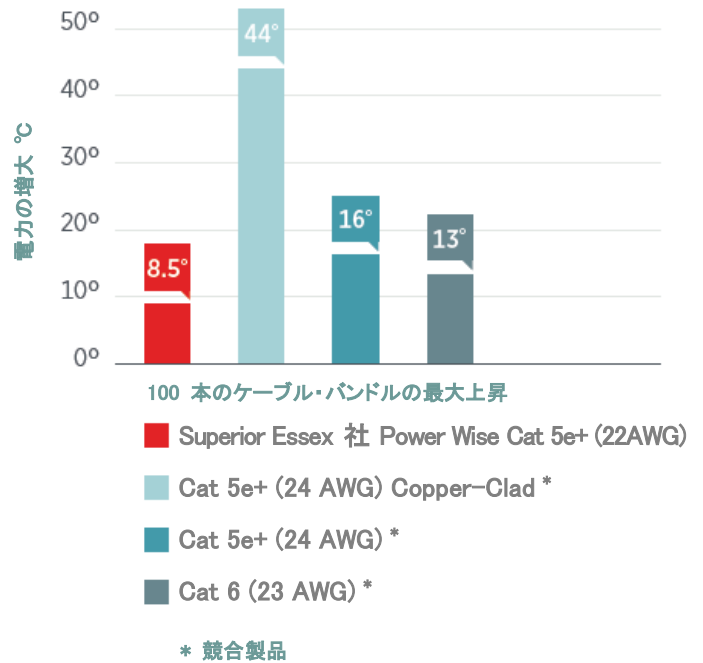
次の図は、ケーブルの設計によって異なる温度上昇の違いを示しています。

91 本のケーブル・バンドルの温度上昇の比較表



最も低い温度上昇

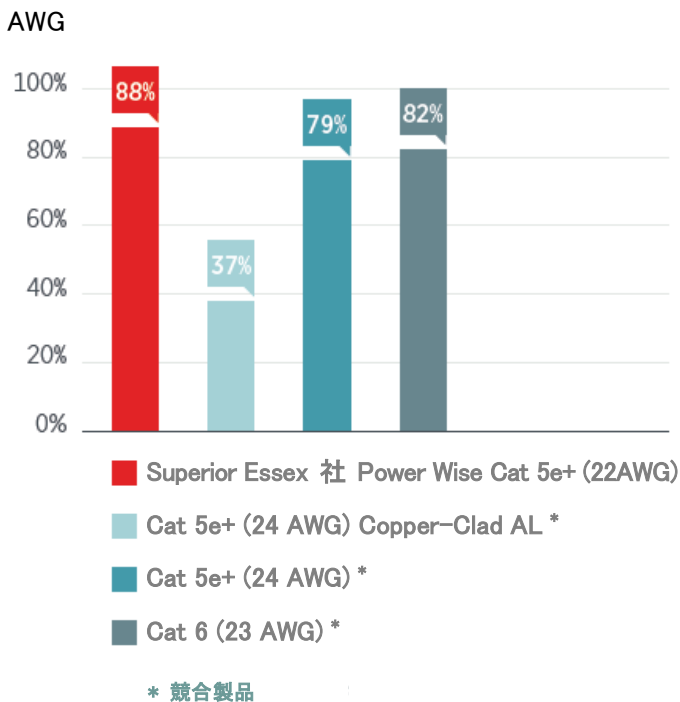
22 AWG 導体經由



最適化された高電力 PoE ケーブル配線システムの設計およびフィールド・テストにおける検討事項

以下の図は、異なるケーブル間の電力効率を目盛付けて示したものです。

100 m ごとの電力効率



まず、PoE は、高熱および高電力の環境で数十年にもわたって使用する必要のある照明などのアプリケーションに使用されます。このような過酷な条件では、絶縁と被覆に使用される材料が大きな意味を持ちます。4 ペア PoE 運用の導入により、PoE ケーブルは長期間にわたって高温環境に置かれることが予測されるため、OIT (Oxidative Induction Time) 手法によってカテゴリ・ケーブルの絶縁の耐用年数を求めるための研究が進んでいます。これは、最初に検討すべき実践的な方法であり、研究者が絶縁材に対する温度上昇の影響を把握するのに役立ちます。

最初の検査済みケーブル・サンプルを基にして、テストを実施すると、FEP および PE 絶縁材は、ケーブルが通常の稼働条件で 20 年間という産業用設備の寿命に適合していることを示しました。しかし、それは最も低い UL 温度定格ではありませんでした。より低い温度では、絶縁は 60 °C で熱劣化する傾向にあり、5 年未満の耐用年数を示しました。逆に、2 番目のケーブル・サンプルのデータは、一般的な環境の稼働温度である 40 °C で、ケーブルは目標の耐用年数に適合しないことを示しました。目視点検では、2 番目のケーブル・サンプルは、以下の写真に示したように、120°C でわずか 10 日後には重大な絶縁劣化を示しています。



図 1: 通常の条件でのサンプル・ケーブル



図 2: 120 °C で 10 日経過したケーブルの損傷と絶縁劣化

最適化された高電力 PoE ケーブル配線システムの設計およびフィールド・テストにおける検討事項

一方、Superior Essex 社の PowerWise 製品ラインは、高熱、高電力環境に耐えることができる効率的なケーブル製品を提供するために開発されました。ケーブル配線システムの電力効率、ケーブルの直流抵抗に関連し、これは、システムのエネルギー消費量による総運用コストと、ケーブルによって生じる電力損失との関係に直接影響を与えます。100 W 4 ペア PoE 運用システムのケーブル配線システムのコストは、本来はケーブル設計の費用とケーブルの電力効率が適正にバランスしたものです。発熱と電力損失を最小化するケーブルは、ネットワーク施設の運用コストに良い影響を与え、冷却システムの運用とエネルギーの使用を減少させます。結果的に、PoE システム専用のケーブルを使用すると、敷設の安全性が保証され、発熱が最小限に抑えられ、温度分散が最大化し、電力損失が最小化し、さらに製造コストが最適化されます。

相乗効果をもたらす配線システム： チャンネル・ケーブル配線が重要な理由

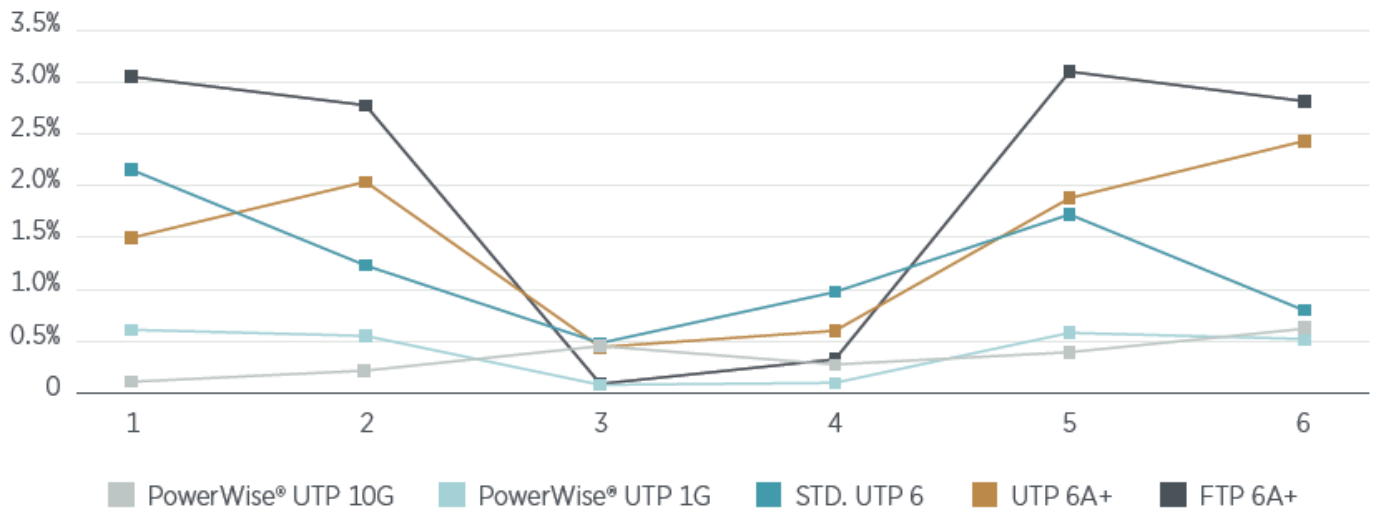
直流抵抗 (DCR) 性能要件を満たすことは、2 ペア間で一定の電圧を維持しつつ、データ伝送のパフォーマンスを電力供給によって確実に劣化しないようにすることにつながります。IEEE 802.3bt Draft 3 で概説された要件に適合するには、DCR は 21 Ω を超えないようにする必要があります。2 ペア間の抵抗の差は、200 mΩ または 7.0 % を超えてはいけません。同じペア内の 2 つの導体間の差は 100 mΩ または 3.0 % を超えない可能性もあります。また、規格では、現場での測定は 200 mΩ 以下の確度限界があることが認識されています。このような規格は、DCR アンバランスを防止するために存在し、このアンバランスは、不良ケーブルの製造や不適切な敷設方法、あるいはケーブルに固有なワイヤー・ゲージによって発生する場合があります。DCR 試験測定はケーブル・メーカーによって実施され、DCR 定格が低い場合は、高い場合よりもシステムはより適切に保護されます。

電力搬送とデータ伝送のバランスを取ることで、単一の伝送路上での電力超過が防止され、データの劣化が生じることなく電力効率も向上するため、DCR を重視して製造された製品は、耐用年数が長く、コストが低くなる傾向があります。

PoE システムを評価する場合、ペア、ペア・ツー・ペア、および全体の DCR の DCR アンバランスを解析し、電力とデータの最適な伝送を実現することが重要です。nCompass 製品ラインは、Superior Essex 社と Legrand 社の提携による製品で、DCR 規格に合格するように設計された最初で唯一のチャンネル・ソリューションであり、IEEE 802.3bt ドラフト 3.0 で規定された、ペア・ツー・ペア DC 抵抗アンバランス要件にも適合しています。Clarity 接続部材と PowerWise 1G ケーブルを組み合わせることで、カテゴリ 6 および 6A システム以上の性能余裕をもつ高品質なチャンネル性能が提供され、コストを抑えながらその性能が最大化されます。

ペア・ツー・ペア・アンバランスの比較 (nCOMPASS 100M4C チャンネル)

パーセンテージ

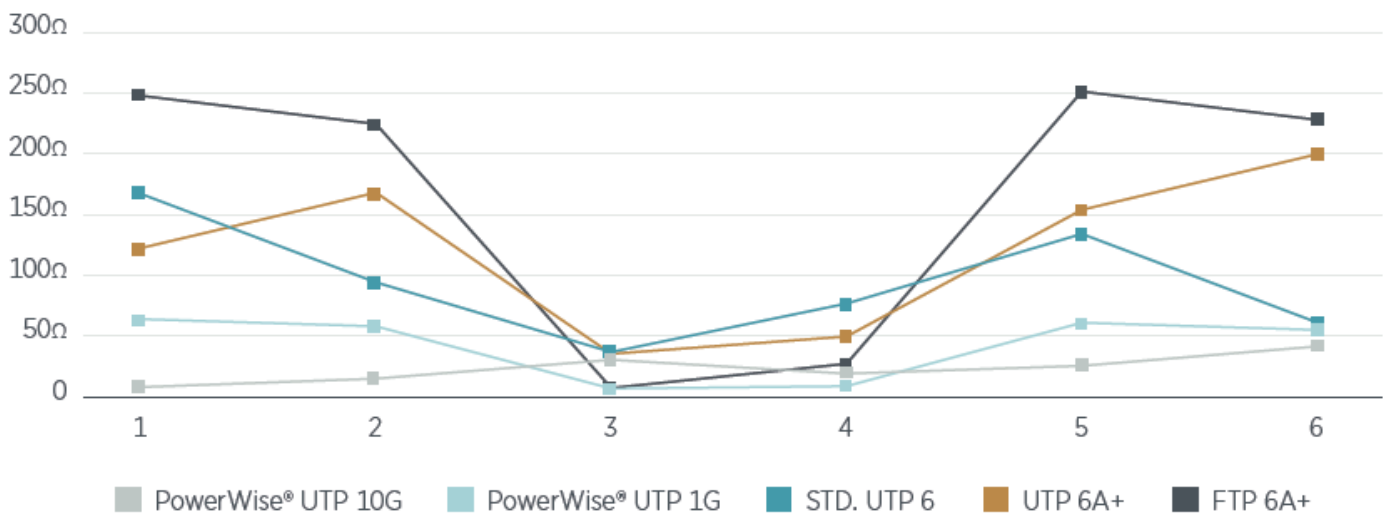


ペア・ツー・ペア・アンバランス チャンネル・タイプ	ワイヤー・ペア (パーセンテージ)						最大
	1,2 - 3,4	1,2 - 3,6	1,2 - 7,8	3,6 - 4,5	3,6 - 7,8	4,5 - 7,8	
PowerWise® UTP 10G	0.06 %	0.17 %	0.41 %	0.23 %	0.35 %	0.58 %	0.58 %
PowerWise® UTP 1G	0.06 %	0.17 %	0.41 %	0.23 %	0.35 %	0.58 %	0.58 %
Std.	2.14 %	1.20 %	0.44 %	0.94 %	1.70 %	0.76 %	2.14 %
UTP 6	1.47 %	2.02 %	0.40 %	0.56 %	1.86 %	2.42 %	2.42 %
UTP 6A+	3.05 %	2.77 %	0.04 %	0.28 %	3.10 %	2.18 %	3.10 %

数字が低いほど、パフォーマンスが優れています。

ペア・ツー・ペア・アンバランスの比較 (nCOMPASS 100M4C チャンネル)

ミリオーム



ペア・ツー・ペア・アンバランス チャンネル・タイプ	ワイヤー・ペア (パーセンテージ)						最大
	1,2 - 3,4	1,2 - 3,6	1,2 - 7,8	3,6 - 4,5	3,6 - 7,8	4,5 - 7,8	
PowerWise® UTP 10G	4.2	11.3	27.0	15.5	22.8	38.2	38.2
PowerWise® UTP 1G	61.0	55.0	3.0	5.0	58.0	52.0	61.0
Std.	165.7	91.7	33.5	74.0	132.2	58.2	165.7
UTP 6	12.03	166.7	32.0	46.5	152.3	198.7	198.7
UTP 6A+	247.6	224.0	3.5	23.7	251.1	227.5	251.1

数字が低いほど、パフォーマンスが優れています。

フルーク・テスト:PoE フィールド・テストが重要な理由

長年にわたって、ケーブル配線仕様は、高性能データ通信用に作成されてきました。敷設済みのケーブル配線システムは、たとえば、損失や近端漏話の当該要件に適合することが認証されている場合、10 Gbps 以上のデータ速度に対応していると思われることがあります。ただし、高性能 PoE システムの性能を保証する要件は、技術の発達に伴い、最近になって公表されたばかりです。この間に、標準化団体は、PoE 性能を保証するための関連測定を以下のように定義しています。

- DC ループ抵抗
- 対線間の直流抵抗アンバランス
- 導体間の直流抵抗アンバランス

直流ループ抵抗は、オーム (Ω) で測定した場合、リンクの一端でループ化されたペアの 2 本の導体の直流抵抗の合計になります。抵抗が高くなると、ケーブルの長さによって損失が増加するため、ケーブルの特定の長さによって供給される電力量が定義されます。

ペア内で直流抵抗のバランスが崩れると PoE ケーブルのデータ伝送に影響します。また、アンバランスが大きすぎると、受信側のトランス（変圧器）が飽和を起こし、イーサネット・データの信号波形に歪みが発生し、ビット・エラー、再送信の原因となり、データ・リンクが切れることもあります。また、4 ペアのタイプ 3 およびタイプ 4 PoE システムにおいては、問題となるのは各ペアの抵抗アンバランスだけではありません。複数のペア間で過度の直流抵抗アンバランスが発生すると、PoE が機能しなくなる可能性があります。

ベンダーがケーブルの仕様に DC 抵抗アンバランスの値を記載することは珍しいことではありませんが、TIA 規格では、現場測定としていかなる形式のループ抵抗または抵抗アンバランス試験も要求していません。なぜなら直流ループ抵抗試験とは異なり、直流抵抗アンバランスの現場試験が要件として挙げられていないこの理由の一つが、これらの測定を実行する古いテスターの能力不足に原因があるからです。

したがって、これまでは主に、ケーブル製造業者による検査室のみでの測定項目になっていました。

PowerWise および Clarity ソリューションはすべての必要な抵抗性能要件に適合するよう設計および製造されていますが、製造工程でエラーがあったり、偽造ケーブルを使用したりすることがあれば、敷設後、通信不良が生じる可能性があります。直流抵抗アンバランスの現場試験は、敷設後の導体またはペア間で抵抗が同じであることを保証する唯一の方法です。

フルーク・ネットワークスの DSX シリーズ・ケーブルアナライザを使うと、DC 抵抗、ペア内の DC 抵抗アンバランス、ペア間の DC 抵抗アンバランスを素早くテストできます。フルーク・ネットワークスは、Legrand 社および Superior Essex 社と協力して、敷設された PowerWise および Clarity システムの試験に関する TIA および IEEE 要件に基づく、一連のリミット値を作成しました。これらのテスターでは、直流ループ抵抗はペア内の 2 本の導体の抵抗の合計値として測定され、直流抵抗アンバランスは 2 本の導体間の抵抗差を測定したものです。

直流抵抗テストは、標準的な「カテゴリー」試験に、わずかな時間を追加するだけですむため、PowerWise および Clarity ソリューションに対して直流抵抗アンバランス・テストを実行することが推奨されます。そして、この方法によって、敷設されたシステムの性能が、IEEE によって義務付けられたすべての PoE 要件に適合していることを確認できるだけでなく、温度上昇と運用コストも抑えることができます。

まとめ

新しいパワー・オーバー・イーサネット (PoE) 技術は、新しいタイプの「デジタル・ビルディング」を管理し、そのテナントや居住者に安全で快適な環境を提供するための優れたアプリケーションです。フルーク・ネットワークス、Legrand、社および Superior Essex 社は、PoE 技術の利点を最大限に活かすために、それぞれの独自の専門性と製品を活用し、リソースの節約、安全性の優先確保、製品の耐用年数の延長を実現するシステムの構築を手助けします。