

# RF/設備パワーラインフィルター に関する考慮事項トップ10



## EMC、EMI、HEMP、およびEMPアプリケーションのためのフィルターにおける考慮すべき事項トップ10



ETS-Lindgrenのフィルターは、米国テキサス州シダーパークの製造施設で設計および製造されています。

安全な環境でPOE(Point Of Entry) を保護するため、電力、信号、データおよび制御ラインフィルター選定時に考慮すべき最も重要な事項トップ10リストを以下に記します。この中には、いくつかの例として、RFシールドエンクロージャ、コンピュータラック、データセンター、公益事業、金融機関、電力変換器、通信シールド用のモバイルシールドが含まれる場合があります。フィルターは、電力、信号、データおよび制御ラインを介して安全な環境に侵入する可能性のある電磁干渉 (EMI) や電磁パルス (EMP) などの悪影響から保護します。フィルターのコストはプロジェクト全体のごく一部であることがよくありますが、プロジェクトの全体的な成功において重要な役割を果たします。たとえば、アプリケーションに対して適切に設計されていないフィルターでは、施設のRFシールドの整合性が損なわれ、安全な環境の保護が失われる可能性があります。また、人員および機器の安全性が危険にさらされる場合もあります。

標準およびカスタムの電力、信号、データおよび制御ラインフィルターの設計と製造における数十年に及ぶ経験の後、ETS-Lindgrenのベテランエンジニアリングチームは、お客様の今後のプロジェクトにおけるフィルター選定時に考慮すべき事項トップ10をまとめました。ETS-LindgrenはRFシールドエンクロージャの設計と製造における業界リーダーとして、25,000室以上を施工しており、これら全てについて各POEにフィルターを設置してきたことで得られた直接的な経験という独自の強みがあります。これらの設置を世界中で行っている一方、ETS-Lindgrenのフィルターエンジニアリング/研究開発/製造チームは、米国テキサス州シダーパークにある本社にのみ配置されています。この手短かで簡潔なガイドでは、次のプロジェクトの成功を確実にするため、ETS-Lindgrenの専門知識を確かな証拠としてご案内します。





## 1. フィルターは、対称モードと非対称モードの両方で動作しなければなりません。つまり、差動モードノイズとコモンモードノイズ両方を除去する必要があります。

一部のメーカーは比較的小さなフィルターを提供していますが、非対称のパフォーマンスしか提供していません。\*非対称フィルターは、差動モードノイズを除去できません。導体で異なって現れるノイズは、非対称フィルターでは除去されないのです。対称フィルターのみが、差動モードノイズとコモンモードノイズの両方を除去できます。

三相四線式パネルなどの大規模なフィルタリングシステムでは、対称フィルターは、フィルターパネル全体を取り外すことなく1つ1つのフィルターエレメントを個別に取り外すことができるという別の利点もあります。非対称フィルターの場合、パネル全体を取り外す必要があります。これは、ライン数に関係なく、すべての非対称フィルターが1つのボックスに収まらなければならないという事実に起因します。その理由は、すべてのラインが1つのコモンモードインダクタを共有する必要があるためです。一方、対称フィルターでは、個々のラインはコモンモードインダクタを共有しないため、キャビネット内に個々のフィルターエレメントとしてパッケージ化できることがよくあります。これにより、フィルターに障害が発生した場合でも、フィルターキャビネット全体を取り外すことなく、損傷した1本のラインだけを交換できるという利便が得られます。ペネトレーションがシールドエンクロージャに溶接されているフィルターでは、対称フィルターが唯一の理に適う選択肢です。非対称フィルターでは、フィルターを交換するために溶接されたペネトレーションを切断し、交換後に再溶接する必要があります。

また非対称フィルターは、オーディオノイズの問題が発生しやすい傾向があります。システムのバランスが完全に取れていない場合、蛍光灯のブーンという音のように、可聴ノイズが周囲の環境を混乱させる可能性があります。

より高いアンペアを達成するために複数のフィルターを並列に配置する必要がある高電流フィルター要件には、非対称フィルターは理想的ではないことに注意することが重要です。たとえばこれは、800 Amp以上を達成するために低電流フィルターが並列に配置されている場合に発生する可能性があります。この場合、非対称フィルター構造が過熱し、フィルター故障につながる可能性があります。さらに、非対称フィルターを並列に取り付けるのは煩雑です。非対称フィルターは、追加の複雑なケーブルが必要になることによる過熱の可能性を最小限に抑えるため、フィルターを上下に配置する設置が必要です。その一方、対称フィルターは、必要なケーブル接続が少なく壁に並べて設置でき、フィルターが意図したとおりに機能しないことや過熱のリスクが軽減されます。

\* このトピック詳細については、2013年9月、*IN Compliance Magazine*内ETS-LindgrenのSergio Longoriaによる「Facility Power Filters: Symmetric vs. Asymmetric Performance」を参照ください。ETS-LindgrenのWebサイトから入手いただけます。

## 2. フィルターは、三相システムの場合、適切な最大の対地または線間電圧の定格が必要です。

これにより、フィルターが最大フィルター定格よりも低い回路電圧で動作するかどうかの不確実性が排除されます。世界には多くの電圧システムがあり、同じ国内でさえ異なることがよくあります。ヨーロッパでは、250 / 440VACシステムが一般的です。アジアでは、220 / 380VACシステムが標準です。米国では、120 / 208VACまたは277 / 480VACおよびその他の電圧定格システムがあります。したがって、電力線フィルターの定格電圧は通常、最大定格電圧で指定する必要があります。これにより、最大定格未満で使用される電圧は、フィルターの安全な動作の範囲内になります。たとえば、米国ではフィルターの仕様に0~277 / 480VACで動作すると記載されている場合があります。これは、対地（相電）で、フィルターは0~277VACの任意の電圧で動作する可能性があることを示しています。さらに、線間（相間）で、フィルターは0~480VACの任意の電圧で安全に動作します。これは、フィルターアプリケーションエンジニアに最もよく寄せられる質問の1つです。

## 3. フィルターは適切な回路電流に対して定格が定められ、定格電流の140%の過負荷に少なくとも15分間耐えられる必要があります。

これにより、電力線の性能に影響を与える予期しない電力サージや機器の故障などの過負荷状態でのフィルターの存続が保証されます。アンペアで測定されるフィルターの定格電流も最大定格である必要があります。したがって、30 Ampフィルターは、30 Amp以下の任意の電流で安全に動作します。このフィルターは、フィルター自体の定格を下回る回路で使用できます。たとえば、30 Ampフィルターを20 Amp回路に配置することはできますが、その逆はできません。さらに、60 Ampフィルターを20 Amp回路に配置することもできますが、コスト、スペースおよびリーク電流を考慮する必要があります。結果的に、より低いアンペアの回路容量のために、より高いアンペア、より大きなフィルターを使用することは費用効率が良くありません。加えて、最も適切に設計、製造されたフィルターは、恒久的な損傷もなく、定格電流の140%の回路過負荷に少なくとも15分間耐えることができます。これは、標準MIL-F-15733で指定されている過負荷率の定格と時間の長さに従い、電力、信号、データおよび制御ラインのフィルターに適用されます。





#### 4. 安全性と最適な性能を確保する目的でフィルターの耐久性と信頼性を高めるため、フィルターは低温上昇に対して定格が定められている必要があります。

すべての電気および電子機器の最大の敵は熱です。フィルターは基本的に、スチールケースに入ったコンデンサとインダクタで構成されています。熱によりコンデンサが乾燥し、インダクタコアと絶縁体が劣化します。時間の経過とともに、これらの条件はフィルターの寿命を縮め、場合によっては早期の故障や燃焼につながる可能性があります。フィルターの熱放散は通常フィルター自体の金属表面を通して発生します。温度上昇は、フィルター周辺の環境温度条件だけでなく、コンポーネントの熱放散にも関係しています。

ほとんどのフィルターは、メーカーが指定する作業環境温度で、温度上昇は摂氏25度または30度（華氏77度または86度）までに抑えられるように設計されています。たとえば、フィルターメーカーが摂氏30度（華氏86度）の定格環境で指定されたとおりにフィルターが機能すると指定している場合、フィルターは摂氏55～60度（華氏131～140度）で動作しているときも、安全で意図したとおりに機能します。フィルターは通常、制御された内部環境で使用されるため、追加冷却が不要であることは利点です。

適切な温度上昇が維持されている限り、追加冷却は必要ありません。温度上昇は、業界内ではとりあげられてきましたが、現在、規格では指定されていません。したがって、意図した設置に適した定格であることを確かにするため、フィルターの温度上昇を確認することを推奨します。

## 5. パワーフィルターは米国国家認証試験機関 (NRTL) によってリストされている必要があります。

米国労働省によって定義されているとおり、NRTLは該当する製品安全基準に基づいて製品をテストおよび認定するため、米国労働安全衛生局 (OSHA) によって承認された独立した第三者研究所です。OSHAは、民間部門組織が特定の製品の認証を実行し、建設および一般業界のOSHA電気規格の両方の要件を満たしていることを保証することを認めています。

各NRTLには、製品の適合性をテストするためのテスト標準範囲があります。さらに、各NRTLは、独自の登録済み認証マークを使用して、該当する製品安全性試験規格への製品適合性を示します。製品認証後、NRTLは登録された認証マークを製品に適用することを製造業者に許可します。認証がNRTLプログラムの下で達成された場合、このマークは、NRTLが製品を独自にテストおよび認証したこと、また、製品が1つ以上の適切な製品安全性テスト基準要件に適合していることを示します。これにより、メーカーのフィルターがUL1283で指定されているような業界安全基準を満たしていることがユーザーに保証されます。

UL 1283規格の結果として、フィルター製造中に実行する必要がある最も重要な安全性テストは、DC耐電圧試験 (ハイポット試験) です。すべてのフィルターとフィルターラインは、メーカーの生産ラインのハイポット要件に準拠しているかどうかをテストする必要があります。フィルターを安全規格UL 1283に「リスト」するには、たとえば、バッテリーの安全性をテストするため、メーカーはサンプルフィルターをIntertek、MET Laboratories、NTS、TÜV SUD、TÜV Rheinland、ULなどのNRTLに提出する必要があります。これらのテストは、DC耐電圧、放電率、耐久性、アーク故障、絶縁抵抗、電流過負荷およびその他安全性評価基準に対応しています。

フィルターがOSHA安全および性能検証基準を満たしていることを証明するNRTL承認マークまたは「リスト」を取得するには、フィルター製造業者による多大な時間と費用の投資が必要です。さらに、すべての新しいフィルター設計、または当初の設計からの変化は、その特定のフィルターに関する独立した第三者NRTL承認のために提出する必要があります。フィルター自体は購入者による高額な投資である可能性があります。第三者NRTLによってリストされていれば、フィルターは仕様通り動作し、発注のリスクが軽減されます。NRTLのWebサイトから、フィルター製造業者に提供されているリストをご覧ください。

ただし、リストされていないフィルターが使用される場合があることに留意してください。NRTLによって正式にリストされていない場合も、フィルターは安全基準に従って製造され、メーカーによって工場でテストされています。たとえば、カスタムフィルター設計やUL1283の範囲外の設計が含まれます。特に、すべてのラインフィルターと400HzパワーラインフィルターはUL1283の範囲外です。

たとえば、高高度電磁パルス (HEMP) および電磁パルス (EMP) 保護用のフィルターを必要とする「ミッションクリティカル」アプリケーションの場合、MIL-STD-188-125ごとに必要な高電流、高電圧テストを実行するため、専門の独立した第三試験機関が推奨される場合があります。この場合、ユタ州オグデンのヒル空軍基地にあるボーイングが運営するリトルマウンテン試験施設などの試験所や他の同様の試験所を検討する必要があります。ミッションクリティカルアプリケーションではフィルター故障に対する許容度がゼロであるため、フィルターの製造元はNRTL申請番号を提供し、フィルターがHEMP/EMPアプリケーションに必要なロバストな電気安全性能試験に合格したことを証明する必要があります。





## 6. HEMP / EMPフィルターの保護性能は、業界基準であるMILSTD-188-125またはIEC61000-4-24に従って提供する必要があります。

これらは、POE(Point Of Entry) 保護を設計するために今日使用されている卓越した基準です。MILSTD-188-125は元々、防衛アプリケーションなどのミッションクリティカルな導入を目的としていました。ただし、現在では、セキュリティやダウンタイムで妥協すると経済面、サービス面で極端な影響を及ぼす、データセンター、ユーティリティコントロールセンター、その他施設など、EMP保護の強化が必要なアプリケーションを含め、商用アプリケーションにも頻繁に使用されています。信頼できる金融情報や銀行情報へのアクセスや、電源供給は、この社会における重要インフラの必須要素です。アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁 (FEMA) は、米国の重要なインフラを保護する政府部門の一例です。

IEC 61000-4-24を利用しPOEのEMP保護の強化を定義することもできます。この規格にはいくつかの重大度レベルがあり、そのうちの1つはMIL-STD-188-125と非常によく似ています。ただし、その他のレベルは、アプリケーションやEMP事象に対する許容度に左右されます。たとえば、施設が特定の期間のダウンタイムまたは障害に耐える場合は、この規格をガイドンストとすることができます。EMP事象後数時間のビジネスダウンにも耐える場合は、より安価で簡易的な保護で足りるかもしれません。

HEMP / EMPフィルターの場合、すべてのPOEを保護する必要があることに留意してください。これには、電力線、信号データ線および通信線用のフィルターが含まれます。

HEMP / EMPフィルターの性能は、MIL-STD-188-125で指定された要件またはIEC 61000-4-24の該当する重大度レベルを満たすように、6ページ目で記述したNRTLなどの独立した第三者機関によって検証されることを推奨します。EMP事象後のエラーは許されないためフィルターの製造元は、該当する業界標準の要件への準拠を文書化した認定テストレポートを提供する必要があります。

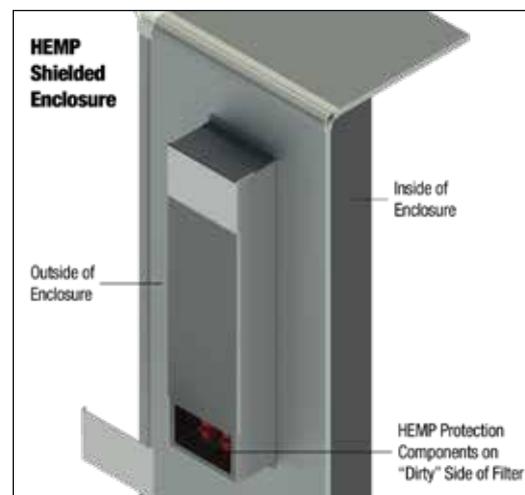
## 7. HEMP / EMP事象から施設を保護する場合、発注する前に、フィルターを保護RFシールドエンクロージャの内側に取り付けるか外側に取り付けるかを示すことが重要です。

HEMP / EMP保護を確実にするために必要な保護要素はフィルターの片面のみにあります。この保護面が直接脅威にさらされる側であるべきです。保護素子は電子サージアレストと入力インダクタで構成され、その後にフィルタコンポーネントが続きます。RFシールドエンクロージャ内の一般的なフィルター設置では、フィルターは通常、シールドされた部屋の外壁に直接配置されます。この構成、つまりMOVインダクタフィルターでは、MOVはフィルターの室外側にあります。しかし、フィルターをエンクロージャの内壁に取り付ける必要がある設置の場合、MOVインダクタフィルターは室内側に配置され、ライン側となります。電力がフィルターに侵入するとき、EMP保護を確実にするため、電力がMOVを介して入るのが最善です。RFシールドエンクロージャへのHEMP / EMPフィルターの推奨される室内/室外設置の図解については、以下の画像を参照してください。

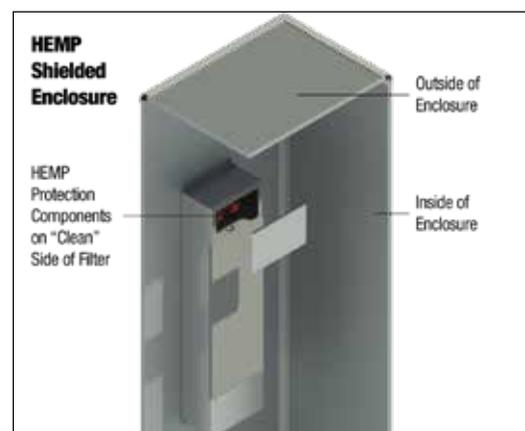
最適なHEMP / EMP保護を確保するには、RFシールドの内側または外側のフィルター設置場所を事前に確認することが重要です。次に、選択した内部または外部の設置用にMOVインダクタフィルターシリーズが製造されます。フィルターの設置場所がプロジェクトの途中でRFシールドの内側から外側に、またはその逆に変わると、フィルターの向きを変える必要があるため、プロジェクト完了の大幅な遅延とコスト増加の可能性があります。この変更には、新しいフィルターの設置場所と一致する新しいフィルター/エレメントが必要です。

フィルターでMOVを交換する場合は、交換用MOVと同じ定格に一致する必要があることに注意してください。新しいMOVは、パワーラインフィルターではクランプ電流が40k Amp以上である必要があります。一方、信号/制御/データラインフィルターのMOVの定格は3k Amp以上である必要があります。

HEMP保護環境の外側に取り付けるHEMP保護フィルターの標準設置 (MOVはフィルターの室外側に赤で示されています)



HEMP保護環境の内側に取り付けるHEMP保護フィルターの逆設置 (MOVはフィルターの室内側に赤で示されています)





## 8. 400 Hzの電力アプリケーションの場合、パワーラインフィルターも力率補正コイルを使用する必要があります。

これにより、400Hzでの高い無効電流が確実に補正されます。たとえば、航空関連アプリケーションは通常400Hzの電力を使用します。

すべてのパワーフィルターは、フィルターの静電容量のために無効電流を生成します。これは、パワーラインフィルター業界では「リーク電流」として知られています。通常、リーク電流はパワーラインフィルターの定格電流の約10%以下です。リーク電流は、印加電圧と印加電力周波数にも依存します。10%のルールは、50 / 60Hzアプリケーションに使用されるフィルターに適用されます。400 Hzでは、リーク電流は通常、パワーラインフィルターの定格電流の170%近くになります。ほとんどのアプリケーションでは、これは許容できない動作です。これを補正するため、力率改善コイル (PFCC) を使用して高リーク電流を打ち消す必要があります。これは特に単相電力システムに当てはまり、3つのライン間で電力のバランスを取ることが難しい三相システムで強く推奨されます。

力率補正を、補正されるラインの総静電容量と一致させることが重要です。したがって、この情報はすぐには入手できないため、フィルターアプリケーションエンジニアは、フィルターとPFCCが適切に一致するようにガイダンスを提供する必要があります。

### 重要な注意事項：

- 三相四線式システムでは、中性線に力率補正コイルは必要ありません。
- 力率補正コイルには定格電流がありますが、この定格は、接続されているフィルターの定格電流とは関係ありません。この情報はPFCCのラベルに記載されているため、電気技師はPFCCを設置するためにケーブルのサイズを正しく設定できます。

## 9. フィルターに接続された電源を使用する場合、電源の出力回路には変圧器が必要です。

これにより、フィルターとの不要な相互作用が最小限に抑えられます。電源には、たとえば、無停電電源装置 (UPS)、発電機、周波数変換器が含まれます。これらのデバイスは、出力に波形整形ネットワークを備えた高出力半導体を使用することにより、モーター/発電機のパワーセットに大きく取って代わりました。このネットワークは、コンデンサとインダクタで構成されています。これらがRFシールドエンクロージャのパワーラインフィルターに直接接続されている場合、これらのデバイスの出力とパワーラインフィルター間の相互作用により、電源の動作が不安定になる可能性があります。この場合、電源のシャットダウン、出力に許容できない波形生成、一定の電圧維持、その他望ましくない反応が発生する可能性があります。

RFシールドエンクロージャに設置する場合は、出力に絶縁変圧器を含む適切に設計された電源を使用することが推奨されます。この構成は一般的に、出力にパワーラインフィルターが追加されても影響を受けにくくなります。

## 10. 並列に配置された高電流フィルターについての推奨事項と禁止事項

1つまたは複数のフィルターを並列に配置するというデリケートな性質のため、必要なケーブルは少ないほどよいでしょう。

ケーブルは他のコンダクタ同様、抵抗があります。2つのフィルターを並列接続する場合、並列化された要素間の電流の不均衡を回避するために、フィルター要素がそれぞれの抵抗の5%以内に収まるように注意する必要があります。並列ケーブルを追加すると、回路に抵抗が追加され、抵抗の不均衡が発生する可能性が高くなります。

したがって、最適な構成ではケーブル接続は追加されず、バスバーを使用してフィルター端子で並列化が行われます。これにより、フィルターの並列化によって各ラインに望ましくない抵抗が追加され、不均衡が発生することがなくなります。典型的な構成は、並列化するために、各端子間に短いバスバーを備えてフィルターを並べた配置です。

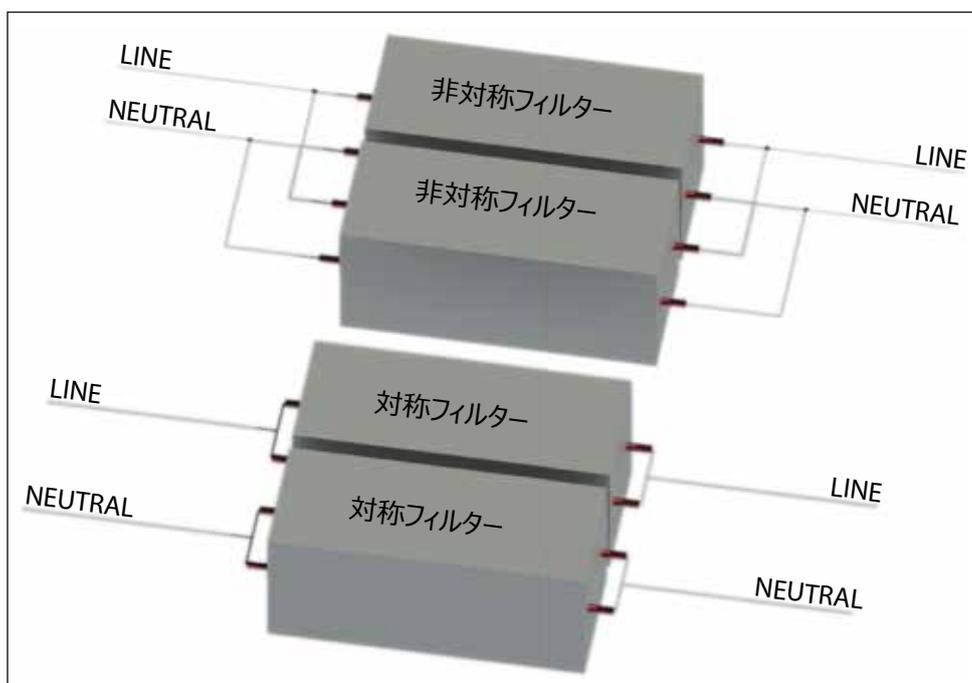
これは、各フィルターラインが互いに独立していて、ラインがコアを共有していない対称フィルターで効果的に機能することに留意してください。非対称フィルターの場合、フィルターを並べて配置するには、2本の線を平行にするためにケーブルを追加する必要があります。ただし、この位相では、必然的にライン抵抗の不均衡が生じ、ラインの1つに流れる電流が増加します。11頁に示されている図は、並列化された非対称フィルターと対称フィルターの違いの例を示しています。

定格が200 Ampを超えるパワーラインフィルターには、床置きパネルのオプションを提供する必要があることに留意してください。これにより、ほとんどの重量がシールドされた壁ではなく床にかかるようになります。より高い定格電流を実現するためにフィルターを並列に配置する場合、これらフィルターの重量増加に対応するには、床置きパネルが理想的です。

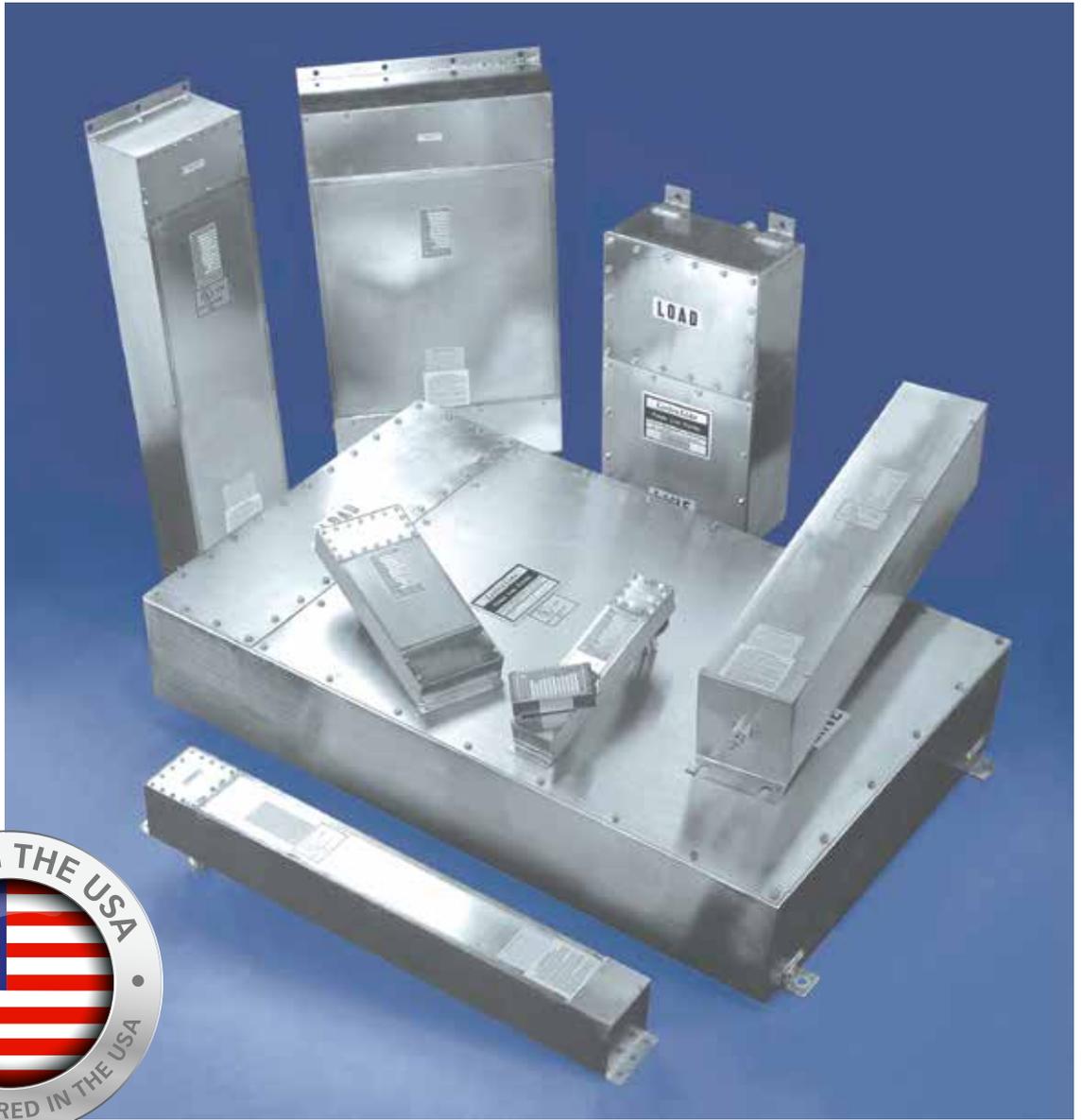




上の写真は、いくつかの三相かつニュートラル床置きパネルの例です。各パネルには、フィルターあたり1200 Ampの定格の4つの対称単回路パワーラインフィルターが含まれています。これらのフィルターは比較的低温で動作しますが、ハニカムエアventパネルは高電流フィルターによって生成された熱を受動的に放散するので追加の冷却手段は不要です。一般に、より高いアンペア定格要件には、単回路フィルター選択が最善です。これが不可能な場合、最適な解決策は、より高いアンペア定格を達成するために、並列に配置された利用可能な最高アンペア定格の単回路対称パワーラインフィルターを使用することです。



左図は、並列化された非対称フィルターと対称フィルターの違いの例を示しています。非対称フィルターの場合、フィルターを並べて配置するには、2本の電力線を平行にするためにケーブルを追加する必要があることに注意してください。この位相は、ライン抵抗の不均衡を生み出し、フィルターの故障につながる可能性のある電力ラインの1つに流れる電流を増加させます。ただし、対称フィルターでは、ケーブル接続は追加されず、電力線の並列化はバスバーを使用してフィルター端子で実行されることに留意してください。バスバーは、それぞれのパワーラインフィルターが互いに独立しており、パワーラインフィルターがコアを共有していないため、対称フィルターで効果的に機能します。この最適な位相により、望ましくない抵抗とその結果生じる不均衡がないことが保証されます。この位相を使用すると、フィルターの寿命が長くなり、故障のリスクが少なくなります。



ETS-Lindgrenでは、一般的な要件または特別アプリケーションに対するフィルター、あるいはカスタムパワーラインフィルターを、幅広い構成、性能、電力レベルで、豊富に取り揃えております。すべてのフィルターは、過渡電圧に対する保護強化のため、過渡サプレッサ付きで注文いただくことが可能です。使用アプリケーションのフィルター選定についてサポートが必要な場合は、ETS-Lindgrenがお手伝いします。お近くのETS-Lindgrenにご連絡頂くか、当社のウェブサイト[www.ets-lindgren.com](http://www.ets-lindgren.com)にアクセスください。

 **ETS·LINDGREN**<sup>®</sup>  
An ESCO Technologies Company

[ets-lindgren.com](http://ets-lindgren.com)

本文書の記載内容は、製品の改良のために予告なく変更する場合がございます。実際の製品外観は、本文書掲載代表写真やイラストと異なる場合があります。最新情報につきましては、ETS-Lindgrenにお問い合わせください。日本語による文書はあくまで翻訳であり、原文は英語となります。日本語と英語で内容に食い違いがある場合は、英語が正しいとみなされます。その場合、翻訳による誤解に関して弊社では責任を負いかねますのでご了承下さい。

11/21 PDF JP G © 2020 ETS-Lindgren v1.1