新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット実装技術

一戸　均（いちのへ　ひとし）　塩　哲二（しお　てつじ）　池戸　弘泰（いけど　ひろやす）

1　まえがき

制御装置は耐環境性や機能，管理範囲の観点から，顧客指定サイズのキャビネットに実装されることが多い。限られた体積内に機器を構成し安定して動作させるためには，内部温度の上昇を抑え，設置環境で想定される外来ノイズに備える設計をすることが基本である。新情報制御システム「MICREX-NX」のキャビネット設計に際してはこれに加え，ユーロ端子のI/Oモジュールを採用して高密度実装を実現した。また，外線端子を従来製品と同じねじ端子のインタフェースに変換しつつ従来と同等の実装効率を実現した。ここでは，これらの実装技術の概要を紹介する。

2　キャビネットの必要性

工業用システム装置をキャビネットに収納する意義・必要性として次が挙げられる。

(1)　管理・運用・セキュリティ対策

①　装置の業務範囲や契約範囲を明確にする。

②　電源分岐盤と装置を1対1で保守可能とする。

③　施錠し鍵の管理で，管理者・責任範囲を明確にする。

(2)　環境対策

①　熱：キャビネット周囲温度に対し，内部の冷却や加熱により装置周囲を適切な温度に保つ。

②　雰囲気：腐食性ガス・じんあいに対して内部を保護する。

③　振動：地震や大型設備の振動から装置を保護する。

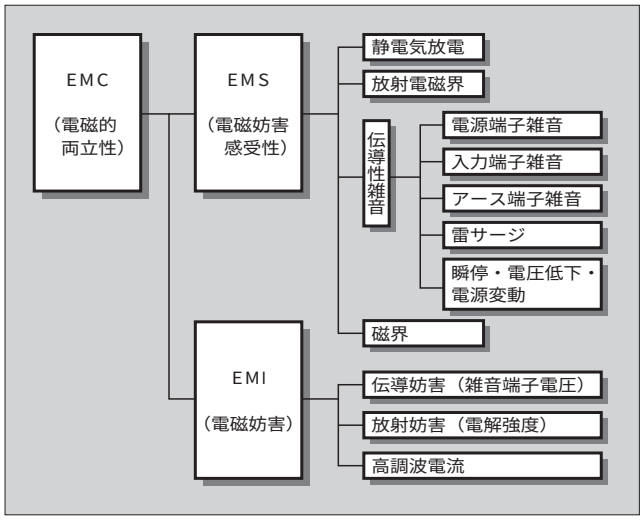
④　EMC：EMC（Electro Magnetic Compatibility）とは電磁両立性のことであり，**図1**に示すように，他からの影響を受けないEMS（Electro Magnetic Susceptibility）と，他に対して影響を与えないEMI（Electro Magnetic Interference）の双方を実現する。

(3)　安全対策

①　人体保護のため，充電部，発熱部，ファンなどの可動部への接触を防止する。

②　作業者が不用意に触れないようにする（誤動作防止）。

図1　EMCの分類



以上を考慮して設計したMICREX-NXのキャビネットに関して，特に，熱設計，安全・EMC環境設計，およびユーロ端子ーねじ端子変換について紹介する。

3　熱設計

3.1　キャビネットの冷却方式

装置をキャビネットに実装するということは閉ざされた空間に配置することで，熱的には悪影響を与えるだけとなる。その悪影響を極少にすることが熱設計である。そのために，熱以外の条件も考慮し各種冷却方式が考案されている。

熱以外の条件とは，キャビネットへの実装効率，EMC，じんあいや腐食性ガスなどの環境からの保護であり，それらは温度上昇とのトレードオフとなる。

図2に各冷却方式を示し，以下にその特徴を述べる。

(1)　自然空冷

キャビネットの上部や下部にスリットを設け，自然対流により排熱する方式である。冷却のための特別な装置を必

一戸　均

情報制御システムの電源・周辺装置およびキャビネット設計業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部担当課長。

塩　哲二

情報制御システムの制御盤設計，周辺装置設計業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部東京工場盤装置部課長補佐。

池戸　弘泰

情報制御システムのPIO装置の開発およびキャビネット設計に従事。現在，富士電機システムズ(株)機器本部制御統括部商品開発部担当課長。電気学会会員。

要とせず，コスト的および実装効率的に有利な方式である。

(2)　強制空冷

ファンによる強制的な対流により排熱を行う。

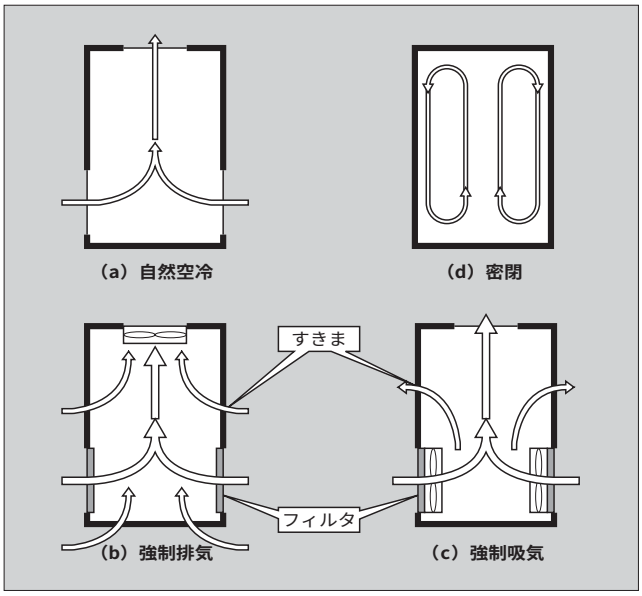
①　強制排気

キャビネット下部のフィルタを通して上部（天井）ファンによる対流で排熱を行う。キャビネット内が外気に対して負圧となり，フィルタ以外の微小なすきまからも吸気してしまうので，じんあいや腐食性ガスなどの環境では不利となる。

②　強制吸気

キャビネット下部のフィルタを通して下部のファン（押込ファン）による対流で，上部から排熱する。キャビネット内は外気に対して正圧となり，吸気が必ずフィルタを通過し耐環境的に優れている。しかし，キャビネット下部にフィルタとファンが集中し実装効率の点では不利となる。

図２　冷却方式



(3)　密　閉

これは，キャビネットを完全に密閉する方式で，冷却用のファンやフィルタを用いず，キャビネット内外での空気の対流がないのでじんあいや腐食性ガスの点では理想的な方式である。しかし，排熱はキャビネット表面からの放熱だけとなるため冷却効果は低い。さらに，保守の際に扉を開け再び閉じると腐食性ガスがキャビネット内に侵入したままになってしまうという欠点がある。

強制空冷の場合にはこの侵入外気は時間の経過とともにフィルタでろ過された外気と交換され，問題は発生しない。

3.2　MICREX-NX キャビネットの実装

MICREX-NX の実装設計ではこれらすべての冷却方式を可能とすることを目標として実装設計を行った。熱設計の条件としては，実装される装置の使用温度範囲 60 ℃以下を満足することである。

図３　コントローラキャビネット（実装図）

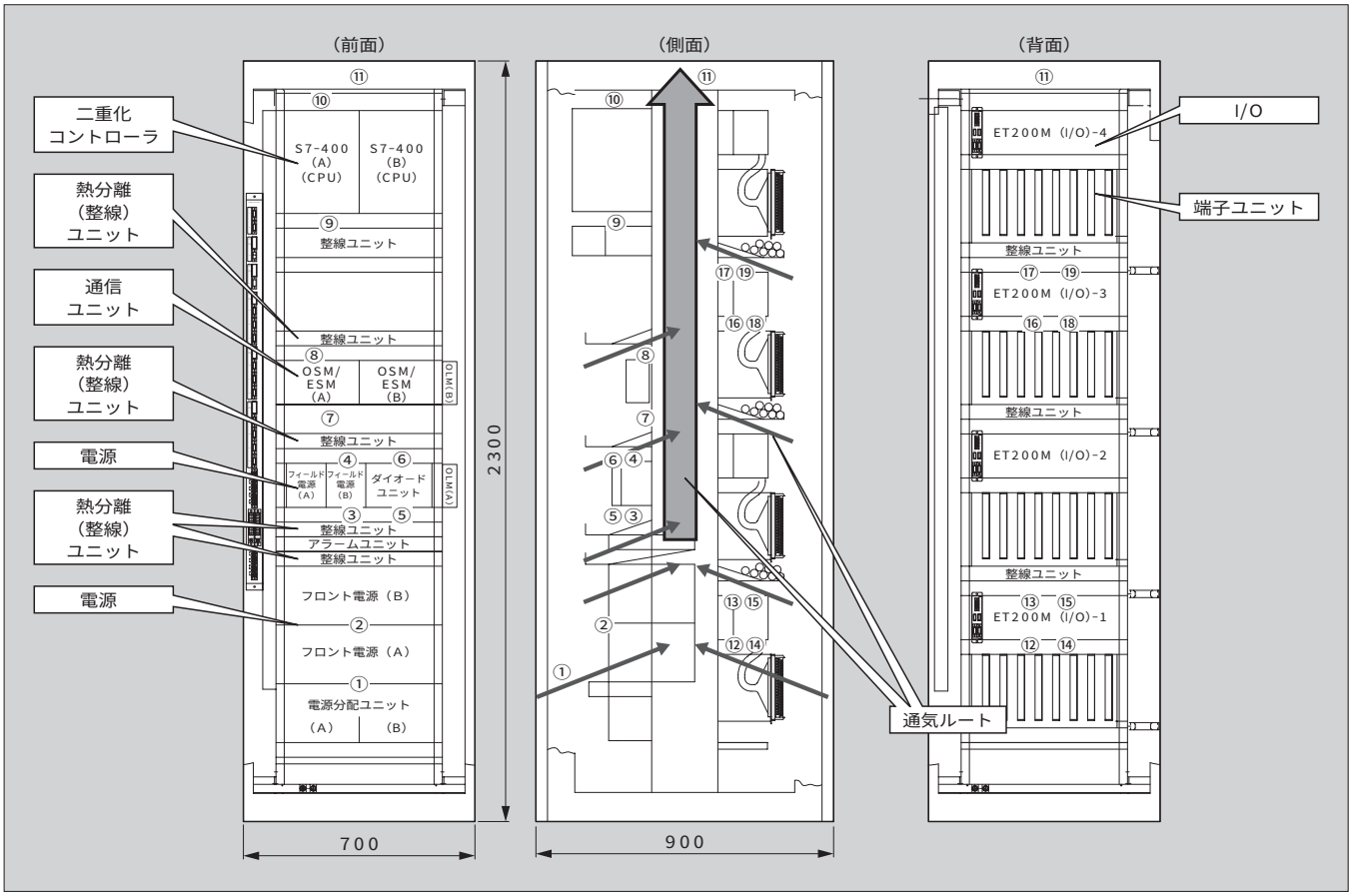


図４　コントローラキャビネットの外観

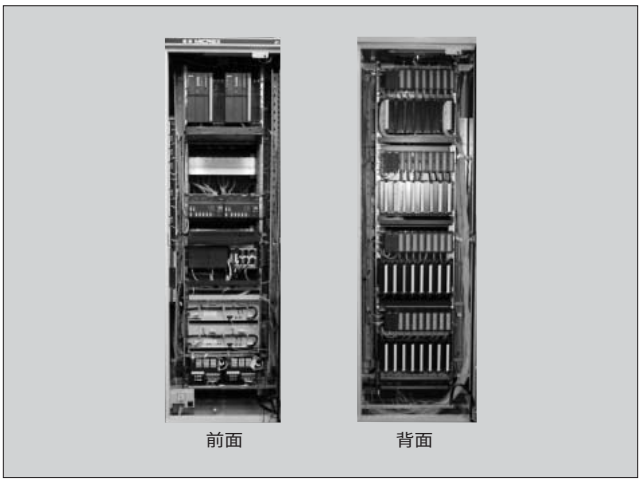


図５　温度測定結果

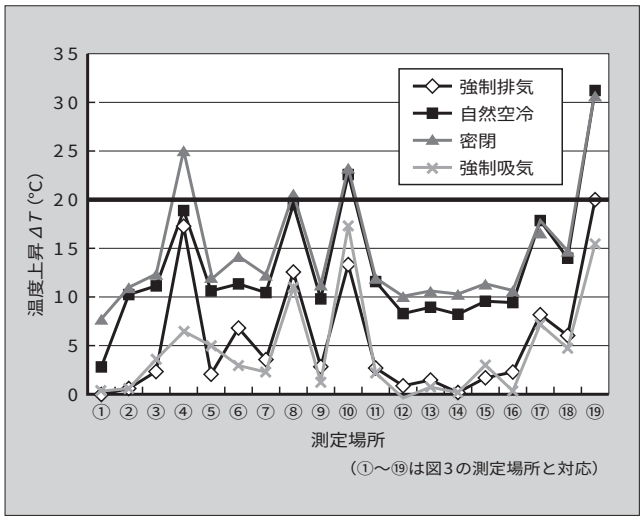


図３に MICREX-NX のコントローラキャビネットの実装図を，**図４**にその外観を示す。

前面には二重化コントローラ，制御 LAN 通信装置，電源とその受配電用の装置，およびアラームユニットを実装している。背面にはフィールド信号を扱う I/O 装置とフィールド配線を接続するユーロ端子－ねじ端子変換ケーブルを実装している。

3.3　熱設計の実際

(1)　熱バランス

実装設計の基本として，発熱装置を連続して実装しないこととした。これによりキャビネット内に熱集中を生じることなく温度を平均化することが可能となる。

キャビネット前面は発熱体であるコントローラおよび電源と低発熱の装置とを交互に実装してある。背面は各 I/O 装置とまったく発熱しないユーロ端子－ねじ端子変換ケーブルが交互に実装してある。

(2)　熱遮へいと通気ルート

キャビネットに実装される各装置の発熱が他の装置へ影響しないようにすることは，温度上昇防止の点で非常に重要である。MICREX-NX キャビネットの実装では，積み重ねられた各装置の間に熱分離ユニットを採用している。

これは自己の発熱を上段に伝えることなく後ろ上部に排熱し，上下の装置間で熱を遮へいするとともに，各装置に接続されるケーブルを支持する機能も持たせてある。

さらに，後部に排出された熱は，キャビネット中央に設けた煙突のような通気ルートを通り上部から効率的に排熱できる設計となっている。

(3)　温度分布の実測評価

以上の設計に対し，各冷却方式におけるキャビネット内の温度分布測定を行い設計の妥当性を確認した。その結果を**図５**に示す。

各装置の使用周囲温度条件は 60 ℃以下である。また，キャビネットの周囲温度条件は最大 40 ℃で，キャビネット内実装装置の吸気口温度上昇は 20 ℃以下が熱設計の条件となる。

この条件に対し，各装置の全吸気口の温度上昇は 15 ℃以下であり，5 ℃の設計余裕を確保している。温度上昇が 20 ℃を超えているのはすべて各装置の排気口であり，設計条件を満足している。

以上のように MICREX-NX キャビネットの熱設計は，実装効率（コスト），EMC，じんあいや腐食性ガスなどの耐環境性の点でそれぞれに優劣を持っている自然空冷，強制空冷，密閉のすべての冷却方式に対応可能な実装を実現している。

4　安全・EMC 環境設計

システム装置の安全動作を保証するうえで，熱とともに重要なことは EMC 対策であり，外乱やノイズの侵入路となる受電部と電源系統のレイアウトが深い関係を持つ。

要求仕様を効率よく実現するために，キャビネットの受電および電源系統は，フロント電源方式とした。供給電源をフロント電源で一括受電し，DC24 V の安全な低電圧に変換した後，各装置に給電している。

このフロント電源を耐ノイズ設計することにより，EMC 対策および以下に挙げるキャビネットへの要求仕様を実現している。他の内部機器やキャビネットレイアウトは外部要求を気にせず機能設計・熱設計に注力できるため設計品質向上につながる。

(1)　人体への感電予防・絶縁

AC100 V 配線は，受電端子からフロント電源までのコネクタ接続のみとする。絶縁の管理もこの区間だけとなる。

(2)　耐ノイズ性

キャビネット内で強電線の引き回しが減り，強電線と信号線との電磁干渉が少なくなる。

(3)　高調波抑制機能の対応

フロント電源に力率改善機能および高調波抑制機能を持たせているため，装置個々にアクティブフィルタを構成する必要がない。

(4)　入力ワイドレンジ電源に対応

入力仕様 AC100 ～ 220 V，DC110 ～ 220 V をフロント電源で対応するため，内部機器は DC24 V 入力に統一できる。

(5)　電源ラインノイズ・雷サージ対応

フロント電源の強力なノイズフィルタにより，ラインノイズ・サージノイズを遮断する。

5　高密度設計およびユーロ端子－ねじ端子変換

高密度実装により装置を小型化し，盤面数を削減することで省スペース・コストダウンの要求に応える。ユーロ端子式 I/O モジュールの採用，熱設計，集中給電方式により，MPU 二重化構成での I/O 点数 1,536 点（ユーロ端子），1,024 点（ねじ端子）を実現した。

5.1　ユーロ端子の特徴とねじ変換の必要性

ユーロ端子の特徴は電線の被覆をはいだ銅線のまま（または棒状の端子を付けて）端子に挿入しねじ締め固定する方式である。その主なメリットは次の 2 点である。

(1)　日本のねじ端子に比べ，配線 1 本あたりの占有面積が小さく実装密度を高くできる。

(2)　配線作業が簡単で工数削減になる。

以上のメリットをそのまま使えば最大 1,536 点の高密度実装を少ない工数で実現可能である。しかし日本では，ねじ端子の要求が強いので，ユーロ端子をねじ端子に変換する構成を準備する。

5.2　ユーロ端子－ねじ端子変換の設計

ユーロ端子－ねじ端子変換の設計は，現行機種 MICREX-AX の I/O（IPU-II）を参考にし，特に構造の見直しを行った。

検討の結果，**図 6** に示すユーロ端子－ねじ端子変換ケーブルを開発した。ここで得たメリットを次に説明する。

(1)　構造のコンパクト化

配線をねじ端子台リードに直接はんだ付けとすることで端子変換部をスリム化し，かつ耐電圧を確保した。

これで MPU 二重化キャビネット 1 面あたりの I/O 点数を 768 点から 1,024 点に増やした。

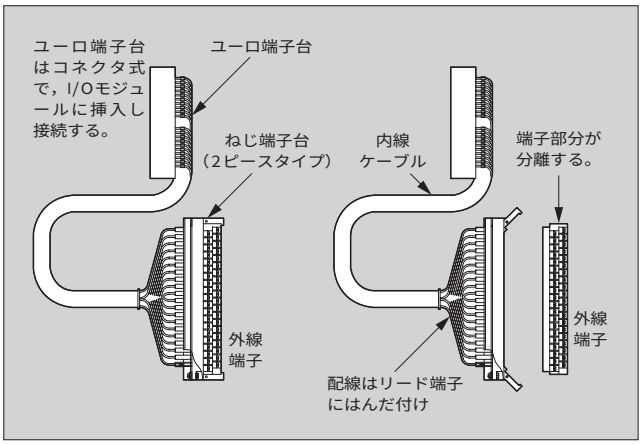
(2)　作業性向上

端子台は 2 ピースタイプとして，試験設備からのつなぎ込みを端子台の差替えで可能とし，試験工数削減を図る。

(3)　ケーブル配線の部品化

キャビネットのレイアウトで，外線端子台の位置を各 I/O モジュール直下に配置し，ユーロ端子－ねじ端子変換のケーブル長を固定にした。これまで製番固有であった外線端子部の配線をキャビネットから分離し，ケーブル組立部品として仕込み生産を可能とした。

図 6　ユーロ端子－ねじ端子変換



6　あとがき

MICREX-NX キャビネットの熱設計，安全・ EMC 環境設計，およびユーロ端子－ねじ端子変換について説明した。最近はこれら機能・性能に加え，環境配慮設計が求められている。

富士電機グループとしての取組みは，キャビネットを構成する部材の，再利用，再資源化および部材の調達から製造・輸送・使用および廃棄に至る製品のライフサイクルすべてにおいて，環境負荷を軽減するよう設計することを宣言している。

再利用や再資源化の点では，構成部材の原材料表示やアングル溶接構造に替わってリベットを採用し，分解容易性を高める設計を行っている。

また，ライフサイクルにおける環境負荷の低減の観点では，制御装置の分野で日本初となる(社)産業環境管理機構（JEMAI）の定める TYPEIII環境ラベルの取得〔「低圧モータコントロールセンタ」として，JEMAI のホームページに公開中（http://www.jemai.or.jp/）である。〕など富士電機グループとしてさまざまな取組みを行っており，環境配慮設計の技術を向上させている。

今後は，単に装置の機能・性能にとどまらず環境配慮などの社会的貢献の点でもトップレベルを維持し，市場要求に応え続け，社会に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　電磁両立性．IEC 61000-4-1. 2000.

(2)　プログラマブルコントローラ装置への要求事項および試験．JIS B 3502. 2004.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。