

最新の海外棒鋼・形鋼圧延設備用電気品および駆動制御システム

Latest Electrical Equipment and Drive Control Systems for Bar and Shape Rolling Mills Outside Japan

小粥 史一 OGAI, Fumikazu

川口 鉄平 KAWAGUCHI, Tepei

棒鋼・形鋼の圧延設備では、常に安定した操業が求められる。これを実現するためには、生産能力を向上させる高い情報処理能力と高速制御、および歩留りを向上させる高精度な処理が要求される。今回、海外のコンバインドミル工場の圧延設備用に、電気品と駆動制御システムを納入した。ここでは、生産性が高く安定した操業を実現するために、インバータやコントローラを主としたシステムを高速ネットワークで高精度に連係させた。加えて、日本から迅速なサポートを実施するために、操業や制御の状態を常に収集して閲覧できるリモートメンテナンスサポートシステムを組み込んだ。

Bar and shape steel rolling mills are constantly required of stable operations. Thus the equipment needs high information processing capability and high speed control to improve productivity, as well as highly accurate processing to increase yield. Fuji Electric has delivered electrical equipment and drive control systems for use in the rolling mills of combined mill plants outside Japan. To achieve high productivity and stable operations, its control systems, mainly comprise inverters and controllers, are interlinked with high precision via high-speed networks. Moreover, to provide timely support from Japan, remote maintenance support systems are installed in the systems to continuously collect and inspect operating and control data.

① まえがき

国内の製鉄会社とインドネシア企業との合弁会社により、棒鋼と形鋼の製品を同一ラインで製造できるコンバインドミル工場がインドネシアに建設された。富士電機は、その工場に圧延設備用の電気品と駆動制御システムを納入した。

棒鋼・形鋼の圧延設備において常に求められることは、安定した操業、すなわちダウンタイムの少ない自動運転、高効率な操業、限りなく省力化された自動操業である。このような操業・運転は、生産能力を向上するための大容量の情報を処理する能力と高速制御、歩留りを向上させる高精度な処理機能が要求される。富士電機では、インバータやコントローラを主とした駆動制御システムで大容量の情報を的確に高速処理し、それらを高精度に連係させる、高速フィールドバスを駆使したネットワークを用いることで実現している。

各駆動装置の制御値や機械設備の位置、被検出物の挙動などのデータは、高速データ収集・解析支援システム「f(s) NISDAS」で常に収集しており、操業状況の分析や制御状態の解析を迅速に支援できるようにしている。さらには、インターネットを利用して遠隔地である日本国内の富士電機から現地の状況を知ることができるリモートサポートシステムも構築している。

② 圧延設備の概要

圧延設備は、素材であるビレット（角材状の鉄塊）を加熱し、コンバインドミルを用いて圧延することにより、棒鋼や形鋼に仕上げる設備である。主要設備には、加熱炉、連続圧延機スタンド 18 基、クロップシャーおよびディバイディングシャー、冷却床、矯正機、コールドシャー、精整設備などがある。

この設備によって作られる製品は主に建築用資材であり、異形棒鋼（サイズ 12 種）、丸棒（サイズ 8 種）、L 字形鋼（サイズ 15 種）、溝形鋼（サイズ 5 種）、平鋼（サイズ 19 種）といった、多品種の製品を生産できる。図 1 に圧延設備の全景を示す。



図 1 圧延設備の全景

〈注 1〉 コンバインドミル：一つの圧延設備の中で圧延スタンドや圧延ローラを組み替えることによって、多品種の棒鋼・形鋼を圧延する共用の圧延設備のことである。

3 圧延設備用電気品および駆動制御システム

顧客の要求仕様を満足させる生産性の高い操作を実現するために、電動機約 500 台（合計出力 26 MW）、変圧器 14 台、操作盤 42 面の電気品と、インバータ 105 式、コントローラ 7 台からなる駆動制御システムを構築した。

3.1 電動機

圧延機用主機電動機として、インバータ駆動誘導電動機計 20 台を 4 種類の仕様に集約し、納入した。表 1 に、主機電動機の使用用途別・容量別の納入台数を示す。

(a) 対応規格

JEC-2137-2000

(b) 冷却方式

700 ～ 1,100 kW 電動機：IC416（他力通流外被表面冷却形）

1,500 kW 電動機：IC666（他力通流取付け熱交換器形、周囲冷媒使用）

図 2 に、代表的な 700 kW 主機電動機の外観を示す。

900 kW, 1,100 kW も外観は同様である。

3.2 駆動装置

直流中間回路を共通電源方式にした産業プラント用インバータを適用した。容量に応じて、AC800 V 出力 3 レベル IGBT インバータ「FRENIC4400VM5R」（図 3）と AC400 V 出力 IGBT インバータ「FRENIC4000VM5R」（図 4）の 2 種類のインバータとした。

表 1 各圧延エリアの納入電動機数

電動機定格	700 kW	900 kW	1,100 kW	1,500 kW
ベース	1,000 min ⁻¹	900 min ⁻¹	900 min ⁻¹	750 min ⁻¹
トップ	2,000 min ⁻¹	1,800 min ⁻¹	1,800 min ⁻¹	1,500 min ⁻¹
粗圧延	4台	1台	1台	—
中間圧延	2台	1台	2台	1台
仕上圧延	—	1台	4台	3台

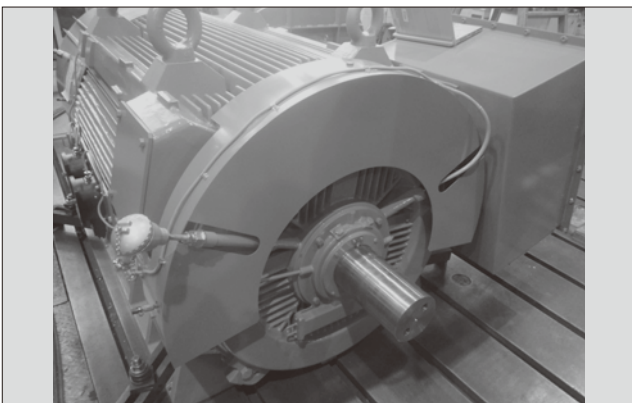


図 2 700 kW 主機電動機の外観

<注 2> 力行：電動機の動力を負荷側に伝えている状態のこと

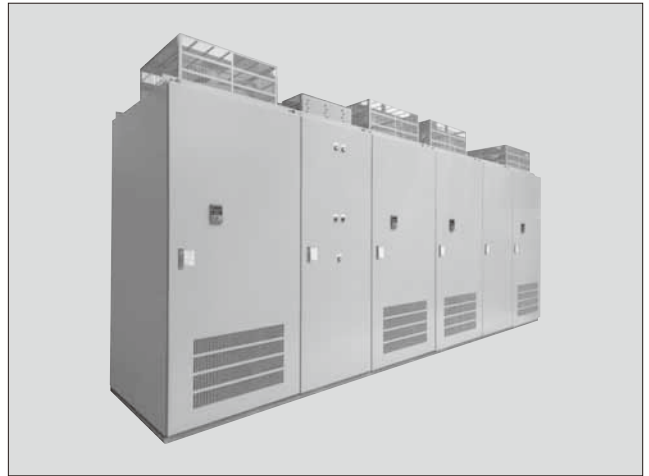


図 3 「FRENIC4400VM5R」

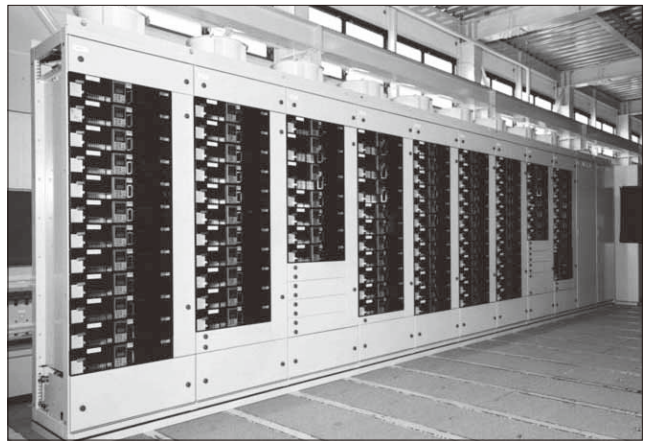


図 4 「FRENIC4000VM5R」

(1) 産業プラント用インバータの特徴

直流中間回路共通電源方式により、直流共通母線を介して力行エネルギーと回生エネルギーを授受するため、プラントの高効率運転に寄与している。

ミル用コンバータには、電源側の高調波を低減するため 12 相整流方式のダイオードコンバータを導入した。

また、保守性を向上するため、装置の保守は全て盤の前面から行うことができるように設計している。前面には液晶ディスプレイ付きタッチパネルを備えており、容易に運転や監視、保守の操作を行うことができる。

サポートツールとしては、チャート用アナログ出力機能、パソコンロード、高速データ収集システムなどを備えている。

(2) 3 レベル IGBT インバータ「FRENIC4400VM5R」

AC800 V 系の共通電源方式インバータであり、3 レベル PWM 制御により高調波やトルク脈動を抑え、電動機や機械側への影響を低減させている。本件の特殊仕様を次に示す。

(a) パラメータ切替機能

本件では、一つの圧延スタンドで 2 種類の電動機を切り替えて使うコンビネーションスタンドが設置されている。これまでは主機電動機 1 台に対してインバータ 1 台

の構成としてきたが、本件ではシステムのスリム化および保全作業の省力化のため、異なる仕様の電動機2台を1台のインバータで切り替えて駆動させる構成を採用した。これを実現するため、2種類の電動機の制御パラメータをインバータ内に設定できるように設定領域を拡張し、パラメータを切り替えて運用できるようにした。

(b) 「FRENIC4400VM5R」によるシャアの駆動

従来、補機電動機は一般的に AC400V 系インバータで駆動していたが、電動機出力が比較的大きい鋼材の先端と後端を切断するクロップシャアならびに鋼材を定尺に切断するディバイディングシャアを AC800V 系インバータで駆動し、圧延機駆動用直流中間共通電源に接続する構成とした。これにより、出力電流の低減とともに、全体としてのコンバータの数および容量を低減でき、ケーブルの低減や盤の省スペース化が可能となった。また、クロップシャアおよびディバイディングシャアには、新しく開発した小容量（650kVA）のインバータを適用し、容量選択の最適化を図った。

(3) 多段積み低圧 IGBT インバータ「FRENIC4000VM5R」

AC400V 系の共通電源方式インバータであり、300kVA 以下のインバータはプラグインのユニット方式であるため、盤1面当たり最大12台のユニットを収納できる。異なる容量のユニット同士や、ベクトル制御と V/F 制御の混在も可能であり、プラント用に多くの小容量インバータを用いる場合において有用な省スペース化を実現している。

また、ユニットごとに冷却ファンを設けるのではなく、盤ごとに天井の共通ファンを用いて冷却する設計としている。これにより、消耗交換部品であるファンの台数を減らすことができ、保守作業の削減に貢献している。

(4) 高周波漏えい電流対策

IGBT 素子のスイッチングによる高周波電流漏えいの抑制、ならびに電動機軸受や電動機に結合される機械軸受の電食を防止するため、JIS 規格に基づいた次に示す対策を行った。

- (a) 可変速駆動システムの構成として、入力に高圧・低圧変圧器が用いられ、かつ系統が対地から絶縁される IT システムを採用した。
- (b) 伝送系統も同様に IT システムを採用した。
- (c) インバータと電動機を接続する動力ケーブルは、シールドの両端を接地し、さらに電動機のフレーム接地もインバータ側で行うことで、高圧・低圧変圧器の二次側の機器間を星形等電位ボンディングにする構成とした。

3.3 駆動制御システム

(1) システム構成

図5に、本件のシステム構成を示す。このシステムでは、高速な動作が要求される圧延設備を精度良く制御するために、高速ネットワーク「SX-Net」と高速・大容量制御ネットワーク「E-SXバス」を搭載した富士電機の最新のコントローラである「MICREX-SX SPH3000MG」を採

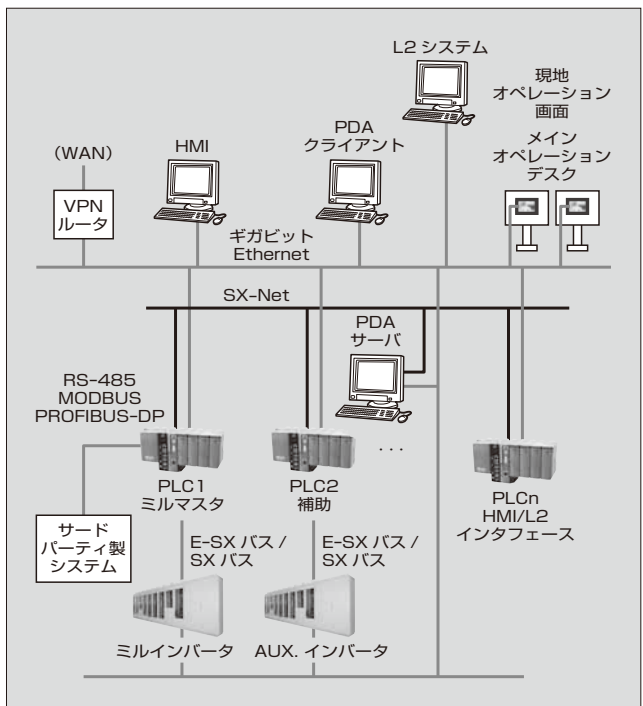


図5 システム構成

用している。複数のコントローラを同期させることで、機械制御システムから圧延制御システムまでのさまざまな規模や要求に対応したシステムを構築し、生産性を向上させた。また、操業・制御データを高速収集するPDAシステムである f (s) NISDAS を組み込み、操業・制御の状態を監視できるようにした。さらに、日本の拠点から迅速なサポートを提供するため、遠隔でデータ閲覧や制御プログラム閲覧を可能とするリモートメンテナンスサポートシステムを組み込んでいる。

(2) 制御機器

(a) 高速・大容量フィールドバス「E-SXバス」

E-SXバスは、従来のSXバスの性能を大幅に向上させた高速・大容量のフィールドバスである。E-SXバス内のデータ出力タイミングを同期できるため、高精度な制御が可能となる。表2にE-SXバスとSXバスとの性能の比較を示す。

(b) 高速・大容量制御ネットワーク「SX-Net」

SX-Netはギガビット Ethernet^(注3)をベースとする高速・大容量の制御ネットワークであり、E-SXバスと±80μs

表2 SXバスとE-SXバスの性能比較

項目	SXバス	E-SXバス	従来比
入出力点数	8,192点	65,536点	8倍
伝送速度	25 Mbits/s	100 Mbits/s	4倍
リフレッシュ周期	500 μs ~	250 μs ~	2倍
タクト精度	100 μs	1 μs以下	100倍速
バス内同期	なし	あり (±1 μs以下)	—

〈注3〉 Ethernet：富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標

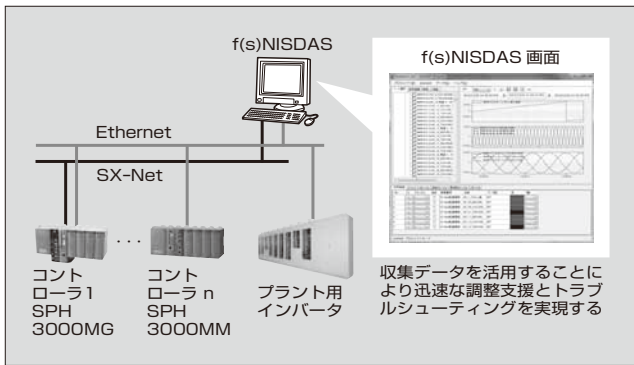


図6 「f(s)NISDAS」の適用例

で同期することが可能である。これにより、これまで困難であったコントローラ間の同期制御が可能となり、プラント制御の高精度化を実現した。主な仕様を次に示す。

- ① 最大接続局数：126 台
- ② 伝送方式：コモンメモリ，メッセージ
- ③ 最小ネットワーク周期：500 μ s
- ④ コモンメモリデータ領域：128 K ワード

(c) 高速データ収集・解析支援システム「f(s)NISDAS」

f(s)NISDAS は、コントローラやインバータの内部データを高速で収集するデータ収集システムである。1 K ワード/ms で高速収集し、大規模かつ複雑なシステムに対する操業の可視化に貢献する。図6 に f(s)NISDAS の適用例を示す。

3.4 プラント制御

(1) 「MICREX-SX SPH3000MG」による高速・高精度制御
プラント制御システムでは、生産の効率化や操業の可視化に伴ってプラントデータが大容量化しているため、制御ネットワークはこれまで以上に高速かつ大容量であることが要求される。また、製造品質を向上するためには分散配置されたコントローラを同期して制御することが望ましい。

本プラントの制御システムは、7 台の MICREX-SX SPH3000MG と 3 台の HMI 端末で構成されている。これらの装置が制御ネットワークで接続され、数十から数百台のインバータやセンサなどがフィールドバスで各コントローラに接続される。MICREX-SX SPH3000MG と SX-Net を使用することで、高速・大容量のコントローラ間通信が可能となるだけでなく、これまで困難であったコントローラ間の同期制御も可能となった。さらに、SX-Net はコモンメモリ方式を採用しているため、各コントローラはネットワーク上のメモリを容易に参照できる。このように、MICREX-SX SPH3000MG と SX-Net を使用することで、制御ネットワークの高速・大容量化と、コントローラ間同期によるプラント制御システムの高精度化が実現できる。

MICREX-SX SPH3000MG、ならびに SX バス対応の高速 I/O モジュールとインバータを用いて、圧延される鋼材の検出からインバータに指令を出すまでのスループットを高速化した。これにより、インパクトドロップ抑制や最

小張力制御など、以前から提供してきた圧延品質を向上するための制御に関する精度を高めることに成功した。

(2) リモートメンテナンスサポート

海外の新設案件では、“プラントを網羅する制御情報の一元管理”と“日本からの迅速なサポート提供”というリモートメンテナンスサポートが、生産性向上のためには欠かせない要素となっている。そこで本プラントでは、データ収集の対象をコントローラや HMI 端末だけではなく、f(s)NISDAS とドライブ装置用のデータ通信モジュール「plusFSITE」を連係させることで、ドライブ装置のデータも f(s)NISDAS で収集できるようにした。これにより、f(s)NISDAS の端末にプラントの制御情報を集約し、プラントを網羅する制御情報の一元管理を実現した。また、クライアントサーバ方式を採用したことにより、日本からインドネシアのプラントに対してアクセスしても制御ネットワークに影響を与えないようにするなど、リモートメンテナンスによるサポートの効率化を実現した。

3.5 その他機器

(1) 変圧器

主機変圧器は、電源側の高調波を低減するために一次側巻線に千鳥結線を採用し、ダイオードコンバータによる整流と合わせて 24 相整流とした。これにより、発生する電源側への高調波を低減させている。

補機変圧器は、タイの FUJI TUSCO 社製の油入変圧器（容量合計 12,300 kVA）を納入した。

(2) 各種制御盤

機側操作盤、群駆動電動機保護用の各個保護盤、分電盤、MCC（モータコントロールセンター）は、日本から十分な品質管理を行い、東南アジアで設計製作を行った。これにより国内製作拠点と同等の品質を確保することが可能となり、富士電機の東南アジア向け鉄鋼エンジニアリングにおいて新たな選択肢としての実績を作った。

4 あとがき

最新の海外棒鋼・形鋼圧延設備用電気品および駆動制御システムについて述べた。本稿で述べた以外にも、富士電機が提供する機器や設備の技術は日々開発が行われ、急速に進化している。加えて、今後も海外に圧延設備用電気品を納入していく機会はますます増加すると考えられるため、リモートメンテナンスサポートの充実をさらに検討し、追求していく所存である。



小粥 史一

主に鉄鋼プラント用駆動制御システムのエンジニアリングならびに企画に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部プロセスオートメーション事業部技術第一部。



川口 鉄平

産業プラント用電動力応用システムの企画・設計およびエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部エンジニアリング統括部システム技術センターオートメーション技術部。





*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。