

ドライブリユーションによる プラント設備の省エネルギー技術

Inverter Drive Solutions Enhancing Plant Facilities' Energy Efficiency

松本 久幸 Hisayuki Matsumoto
 藪谷 隆 Takashi Yabutani

杉浦 厚 Atsushi Sugiura
 嶋田 恵三 Keizo Shimada

昆明鋼鉄集団



発電用ボイラ 誘引ファン, 押込ファン

雲天化集団



化学プラント, 排ガスファン/工水取水ポンプ場



大型ファン, ポンプ,
高圧モータ

日立省エネルギー用
高圧インバータ

- (1)省エネルギー診断(ソフトウェア)
「省エネルギー計画量」を明確にする。
- + (2)モニタリング
「省エネルギー実績量」を逐次把握できる。
(ハードウェア + ソフトウェア)

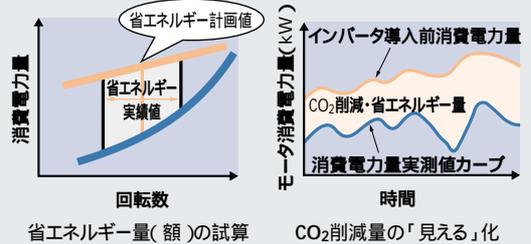


図1 中国雲南省における電機システムの省エネルギー・余熱予圧利用モデルプロジェクトにおける対象企業と設備

日中省エネルギー・環境ビジネス推進モデルプロジェクトの一つである、中国雲南省でのプロジェクトにおける設備を示す。日立グループは、雲南省の鉄鋼メーカーの昆明鋼鉄集団有限公司と化学メーカーの雲天化集団有限公司にインバータを納入し、両社合計でエネルギー消費量を年間平均20%以上削減できる見込みを得た。この設備の特徴は、導入前(省エネルギー前)の消費電力量の解析と、導入後の省エネルギー量モニタリングをシステム化していることである。

地球温暖化対策の観点から、電動機などの電氣的動力が大きなエネルギーの消費源となっているプラント設備の運転効率化技術が注目されている。それによって、プラント設備の省エネルギーを実現し、結果としてCO₂の排出を抑えることができるからである。

日立グループは、電動機の動力削減技術の一つとして、長年にわたりインバータドライブシステムを開発・製品化してきた。

それらを、各産業のプラント設備に適用し実績とするとともに、省エネルギー量・CO₂の削減量の可視化技術を持った省エネルギーサービス事業を確立し、その技術を日中友好のテーマである環境・省エネルギー技術支援として中国雲南省でも貢献している。今後、新たな技術開発を通じて、さらなる省エネルギーとCO₂削減に寄与する。

1.はじめに

世界的に地球温暖化対策が緊急の課題となっており、各業界においてもCO₂削減目標が設定され、その達成は必須となっている。

プラント設備では電動機などの電氣的動力が大きなエネルギーの消費源となっており、これを効率的に運転することで省エネルギーを実現し、結果としてCO₂の排出を抑えることができる。

日立グループは、電動機の動力削減技術の一つとして、長年にわたりインバータドライブシステムを開発・製品化してきたおり、省エネルギーを実現し、CO₂の削減を具現化している。

ここでは、その幅広い実績の中から、省エネルギー量・CO₂削減量の可視化技術を持つ省エネルギーサービス事業「HDRIVE(エイチドライブ)」と、雲南省日中協力省エネ

ギー・環境保全事業での貢献，蒸気タービン駆動遠心圧縮機のインバータ化によるCO₂削減技術の事例，および火力発電プラント・鉄鋼圧延プラントでの省エネルギーサービスソリューションの適用について述べる（図1参照）。

2. インバータドライブによる省エネルギーのニーズ

ファン・ポンプ・ブローなどの風水力機器の省エネルギーには，機械特性の変更によるものと省エネルギー制御の二つの方法が存在する（図2参照）。

機械特性の変更による省エネルギーは，費用効果は大きいですが制御範囲が限定される。そのため，市場の状況に応じて柔軟な操業を要求されるプラント設備では，相対的に高価ではあるが，回転数制御による省エネルギーのニーズが高まっている。

回転数制御は，絞り制御と比較して，大幅な省エネルギー効果が期待できる。中でもインバータドライブによる電動機の回転数制御は省エネルギー効果が最も高い（図3参照）。また，インバータドライブは制御範囲，速度変化率，保守性などの点でも優れている¹⁾。

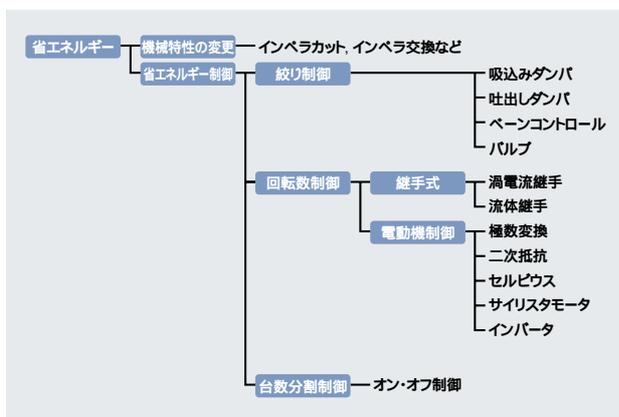


図2 風水力機器の省エネルギー方法の分類

風水力機器の省エネルギー方法には，機械特性の変更と省エネルギー制御がある。

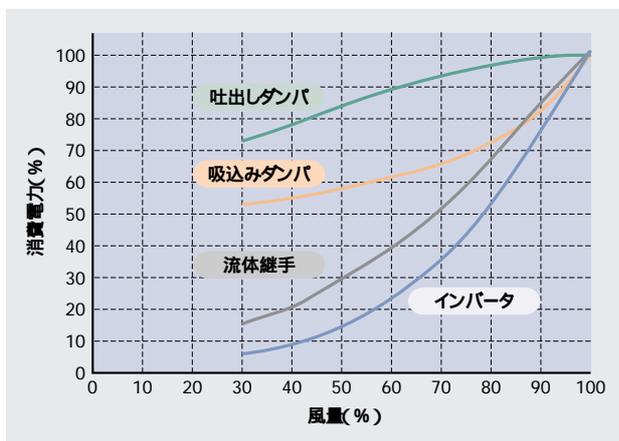


図3 各制御方式の消費電力比（ファンでの事例）

省エネルギー制御の中でもインバータによる省エネルギー効果が最も高い。

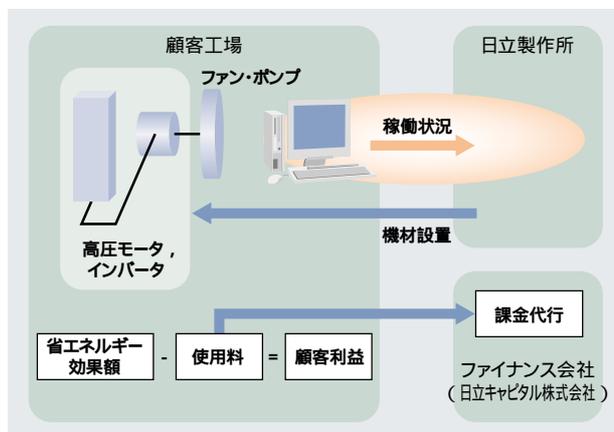


図4 「HDRIVE」サービスの概要

イニシャルコスト（初期投資費用）不要でモータとインバータを設置し，毎月実現する省エネルギー量（額）の中から日立グループへ使用料を支払い，残額がユーザーの利益となる。

3. インバータドライブを核とした産業への省エネルギー・CO₂削減への貢献

3.1 「HDRIVE」による産業への新しい取り組み

各種の省エネルギー制御の中でも，最も効率のよいインバータドライブと，日立製作所が他社に先駆けて事業化している高圧モータ省エネルギーサービス「HDRIVE」が国内外から注目を集めている（図4参照）。

HDRIVEは，（1）インバータ導入前の電動機消費電力量の挙動解析を通じて，「省エネルギー量（額）を試算」するエンジニアリングノウハウと，（2）インバータ導入後の電動機消費電力量をモニタリングして実現可能な省エネルギー量（額）を把握し，CO₂削減量を「見える化」というコア技術を生かし，毎月変動する省エネルギー実績額の中からサービス使用料を得るビジネスモデルであり，すでに多数の設備でCO₂削減実績を上げている。

3.2 雲南省日中協力省エネルギー・環境保全事業での貢献

上述した二つのコア技術は，中国に対する環境・省エネルギー技術支援を日中友好のテーマに挙げている日本政府（経済産業省）に注目され，日中間の省エネルギー・環境ビジネス推進モデルプロジェクトの候補に上がった。同時に，中国国家発展改革委員会中小企業対外合作協調中心と「省エネルギー・環境保全分野での協力促進で合意，提携の覚書」を締結している日立（中国）有限公司との連携により，雲南省政府および雲南省の代表企業に日立製インバータの高信頼性と上述した二つのコア技術が評価された。

その結果，2007年9月21日に北京（人民大会堂）で行われた「第2回日中省エネルギー・環境総合フォーラム」にて，10件のモデルプロジェクトの1件として調印が行われた。雲南省の鉄鋼メーカーである昆明鋼鉄集团有限公司と化学メーカーの雲天化集团有限公司向けのインバータは，平均20%以上の

省エネルギー・CO₂削減が見込まれ、昆明鋼鉄集団は今春に運転を開始した。

今後は雲南省の他企業および他省への水平展開を図ると同時に、CO₂削減量の「見える化」技術を応用して、中国における省エネルギー・CO₂削減に貢献していく。

4. ドライブソリューションでの省エネルギー・CO₂削減技術

蒸気タービン駆動遠心圧縮機のインバータ化レトロフィット事例

4.1 Oil & Gas(石油・ガス)市場へのレトロフィット効果

レトロフィット(Retrofit)とは、「既存の機器を改良し、新しい部品(機器)を取り付ける。」という意味である。

現在、国内のOil & Gasプラントにおいては、1960年代に納入された蒸気タービン駆動の遠心圧縮機設備が多数稼働中である。既存の遠心圧縮機を流用し、蒸気タービン設備を電動機+インバータ駆動化により、大幅な省エネルギー・CO₂削減の実現が見込まれている。レトロフィット化の長所は以下のとおりである。

- (1) 電動機+インバータ駆動化による運用効率の向上による省エネルギー効果
- (2) ボイラ設備の停止、または適正運転によるCO₂削減効果
- (3) メンテナンス時間の短縮

電動機およびインバータは、蒸気タービン設備と比べると、メンテナンスを低減できる。したがって、設備停止時間の短縮、メンテナンス費用の削減が可能になる。

(4) 制御性の向上

蒸気タービン設備は、ボイラ設備で蒸気発生をしなければ運用が不可能である。また、通常は排圧タービンであるため、プロセス蒸気を分散して複数の蒸気タービンを駆動させている。そのため、単体での制御を行うと、蒸気システムのバランスがとれないことから、バイパス弁による制御を行うこととなり、エネルギー損失が増加する。電動機+インバータ駆動であれば比較的容易に運転・停止ができ、個別運転のため、可変速制御も自由に行える。

4.2 適用事例

(1) 効率向上

蒸気と電気の効率を直接的に比較するのは容易ではないため、ここでは適用事例のレトロフィット前の蒸気タービン(排圧タービン)と発電用の蒸気タービン(復水タービン)で比較考察する。

レトロフィット前の設備データを以下に示す。

- (a) 駆動機出力:2,155 kW
- (b) 主蒸気圧力:1.9 Mpa
- (c) 排気圧力:0.51 Mpa

(d) 主蒸気流量:48 t/h(4万8,000 kg/h)

上記から、蒸気消費率は主蒸気流量/駆動機出力=48,000/2,155 22.3 kg/kWhとなる。

一方、発電用蒸気タービン(復水タービン)については、3.8~4.85 kg/kWhであり、排圧タービン蒸気消費率/復水タービン蒸気消費率=22.3/4.85 4.60となり、排圧タービンは復水タービンの4.6倍の蒸気が必要である。

排圧タービンはプロセス蒸気を他の排圧タービンへ分散するため、一概には対比できないが、同容量の蒸気量を使用するのであれば、復水タービンを発電に使用したほうが効率はよく、遠心圧縮機駆動は電動化(電動機+インバータ駆動化)が最も効率がよいと考えられる。

(2) 適用上の課題

レトロフィット効果には以上のような特徴があるが、適用事例にあたって検討すべき課題も幾つかある。

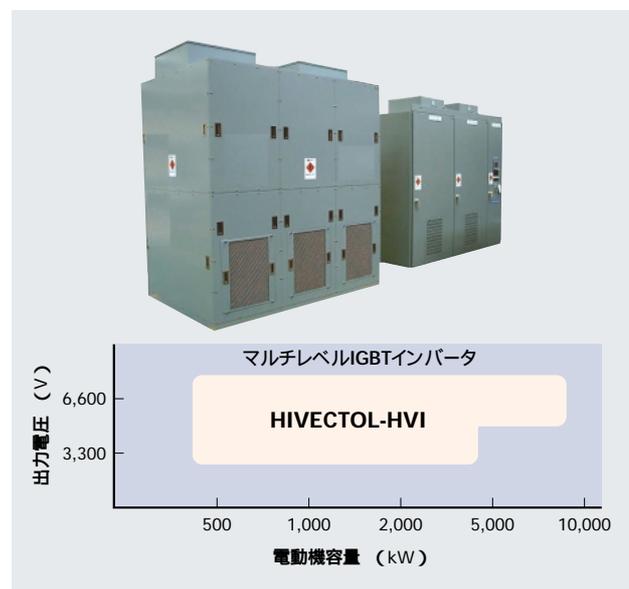
- (a) 高調波による軸電圧対策
- (b) 脈動トルク 軸振動 対策など

日立グループは、圧縮機、モータ、インバータすべてを自社で生産しており、全体としての解析、シミュレーション技術とともに、プラント制御技術などの総合力を生かし国内外の案件に対応していく。

4.3 インバータドライブ

レトロフィットに採用したドライブ装置は、3.3 kV 3,000 kVAの「HIVECTOL-HVI」である。この製品は定格電圧3.3 kVと6.6 kVをシリーズ製品化している。適用電動機の容量範囲を図5に示す。

HIVECTOL-HVIは、汎用IGBT(Insulated Gate Bipolar



注:略語説明 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)

図5 日立高圧ダイレクトインバータの外観と適用電動機の容量範囲 3.3 kV 400-4,000 kW,および6.6 kV 400-8,000 kW電動機に対応する。

Transistor を適用したマルチレベルインバータであり、入力高調波が少なく、出力電圧波形が正弦波に近いため、電源と電動機のいずれにも配慮した理想的なインバータと言える。

5. 他のプラント設備での省エネルギーソリューションサービス適用事例

5.1 火力発電プラント

火力発電プラントには、ボイラの押込ファンや誘引ファン、ボイラとタービン間の水/蒸気の循環系にある給水ポンプ、循環水ポンプなど、数千キロワットクラスの大容量電動機で駆動されるファンやポンプがある。プラントの発電出力量に応じて、これらの機器は出力を変動させる必要がある。

東京電力株式会社姉崎火力発電所第3号機(定格出力600 MW、最低出力90 MWのガス・油焚(だき)プラント)の押込ファン(6.6 kV 5,500 kW 2台)にインバータを適用し、2007年2月から実運用中である。各出力時ともに省エネルギー効果があるが、特に低出力時に大きな省エネルギー効果が得られることが確認されている(図6参照)。

発電プラントは、昼夜、季節によって出力変動が大きいことから、大きな省エネルギー効果が見込まれ、CO₂削減の観点からも、今後、インバータ化が加速されることが期待される。

5.2 鉄鋼圧延プラント

鉄鋼圧延プラントでは、高品質の鋼板を作るために圧延機を駆動する多数の電動機があり、それらは高精度・高応答な速度制御が要求される。一時代前は、サイリスタ変換器と直流電動機が主流であった。現在は、パワーエレクトロニクス技術の発達によって、デジタル制御を適用したIGBTインバータと交流電動機の組み合わせが主流になっている。直流システムから交流システムにすることで、保守性や制御性能がアップするだけでなく、エネルギー効率もアップする。直流電動機に比べて交流電動機は効率が高いだけでなく、電源力率を1にするIGBTコンバータの技術で電源設備の効率がアップするといった効果も重なり、古い直流システムを最新の交流システム

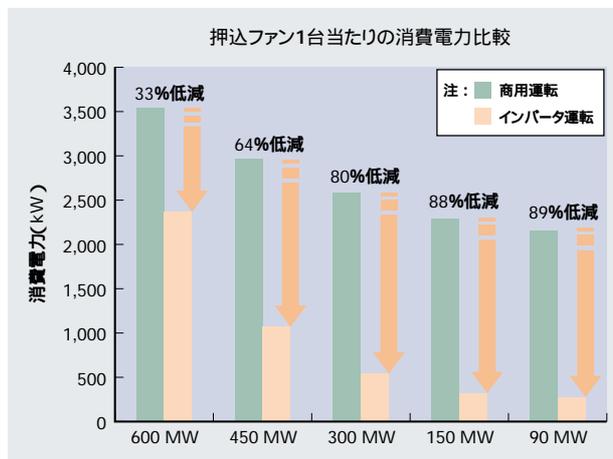


図6 省エネルギー効果の実測結果

東京電力株式会社姉崎火力発電所第3号機の押込ファンについて、商用運転時とインバータ運転時の消費電力の比較を示す。

にリニューアルすることで、システム全体の効率の5~8%向上を実現している。

6. おわりに

ここでは、日立グループの幅広い実績の中から省エネルギー量・CO₂削減量の可視化技術を持つ省エネルギーサービス事業「HDRIVE」と、雲南省日中協力省エネルギー・環境保全事業での貢献、蒸気タービン駆動遠心圧縮機のインバータ化によるCO₂削減技術の事例、および火力発電プラント・鉄鋼圧延プラントでの省エネルギーサービスソリューションの適用について述べた。

インバータドライブは、省エネルギー・CO₂削減の社会ニーズに対して、さまざまな産業・プラントにおいて期待されている。

日立グループは、ドライブ製品の信頼性向上を図るとともに、システム的な観点から省エネルギー・CO₂削減へのドライブソリューションを提案していく考えである。

参考文献

- 1) 藪谷:ニュービジネスモデルHDRIVEによる高圧モータの省エネルギー, 紙パルプ技術協会誌, 第60巻, 第6号(2006.6)
- 2) 堀, 外: 姉崎火力発電所3号機 押込通風機への高圧ダイレクトインバータ適用による省エネ, 火力原子力発電技術協会, 全国発表論文(2007.11)

執筆者紹介



松本 久幸
1981年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 制御システムエンジニアリング部 所属
現在, 国内外の産業電機品事業の取りまとめ・拡販に従事



藪谷 隆
1980年日立製作所入社, 電機グループ CO₂削減・省エネ事業推進センター 中国省エネ事業推進部 所属
現在, 中国における省エネルギービジネス拡販プロモートに従事



杉浦 厚
1991年日立製作所入社, 電機グループ 社会・産業システム事業部 産業電機制御システム本部 海外事業推進室 所属
現在, 蒸気タービンのインバータ駆動企画・拡販に従事



嶋田 恵三
1984年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 制御システムエンジニアリング部 所属
現在, 国内外の産業インバータ事業企画・拡販業務に従事