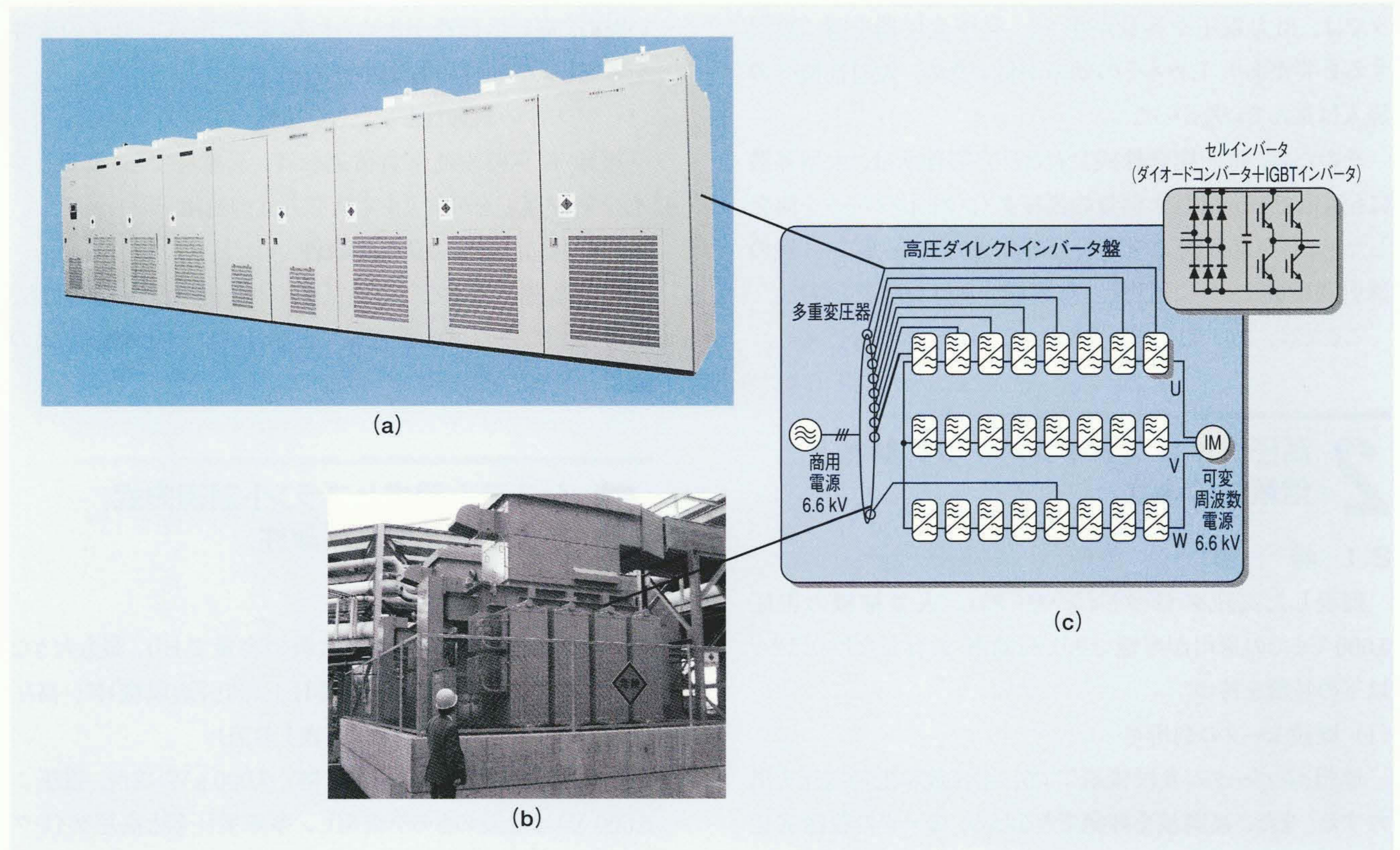


# 電源開発株式会社竹原火力発電所第3号機の誘引通風機モータに適用した高圧ダイレクトインバータ装置

## High-Voltage Direct Inverter Applied to the Induced Draft Fan Motor at Takehara Thermal Power Station No.3 of Electric Power Development Co., Ltd.

山田 宏彰 Hiroaki Yamada 岡松 茂俊 Shigetoshi Okamatsu  
荒山 清 Kiyoshi Arayama 永田 浩一郎 Kôichirô Nagata



注：略語説明 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), IM(Induction Motor), U(第1相), V(第2相), W(第3相)

### 高圧ダイレクトインバータ盤(a)と多重変圧器の外観(b), および回路構成(c)

高圧ダイレクトインバータ盤はIGBT素子を含んだ多数のセルインバータで構成し、多相電源から可変周波数電源に変換して出力する。多重変圧器では、商用電源を入力し、多相電源に変換する。

電力分野では、省エネルギーへの取り組みが急務となっている。その省エネルギー策の一つとして、発電所の大型補機モータの駆動電力を低減させることが求められている。これまではインバータで補機モータを可変速制御してきたが、従来のインバータでは出力電圧や容量が小さいので、事業用火力発電所の大型補機への適用は進んでいなかった。

このため、電源開発株式会社と日立製作所は共同で、高圧・大容量の大型補機にも適用できる

8,250kVA、高圧ダイレクトインバータを開発し、電源開発株式会社竹原火力発電所第3号機の7,000kW誘引通風機モータに適用し、実機試験を実施した。

実機適用にあたっては、電源系統からの外乱があってもプラントが安定して運転できるシステム構成と制御方式を構築し、高いシステム信頼性を実現した。また、発電出力50%運転時で、従来に比べて約70%のモータ消費電力の低減が認められるなど、大きな省エネルギー効果も得ることができた。

# 1 はじめに

火力発電所では、電力需要の変動に応じて、大型ファン・ポンプの調整用ダンパや弁を絞ることで発電出力を調整している。これを行う駆動モータは、発電出力に関係なく一定の速度で運転されている。このため、発電出力が低いときには、ダンパや弁絞りによるエネルギー損失が大きかった。

モータの消費電力は回転数の三乗に比例することから、この駆動モータをインバータで可変速制御すれば、消費電力の低減を図ることができる(図1参照)。しかし、従来のインバータでは、出力電圧や容量が小さく、昇圧変圧器を別に設置する必要があり、しかもその効率が低いため、大型補機への導入は進んでいなかった。

そのため、電源開発株式会社と日立製作所は、大型補機にも適用できる高圧・大容量の高圧ダイレクトインバータを開発した。これを電源開発株式会社竹原火力発電所第3号機の誘引通風機モータに適用し、試運転で良好な結果を得た。

ここでは、この高圧ダイレクトインバータについて述べる。

## 2 高圧ダイレクトインバータの特徴と信頼性の確立

### 2.1 特徴

開発した高圧ダイレクトインバータは、大型補機の電圧6,600 Vまでの適用が可能であり、高効率・大容量などのほか、以下の特徴を持つ。

#### (1) 既設モータの利用可

単相インバータの多段接続により、正弦波に近い電圧を出力する。また、高調波を抑制できるため、モータの絶縁劣化の心配がなく、既設モータをそのまま駆動することができる。

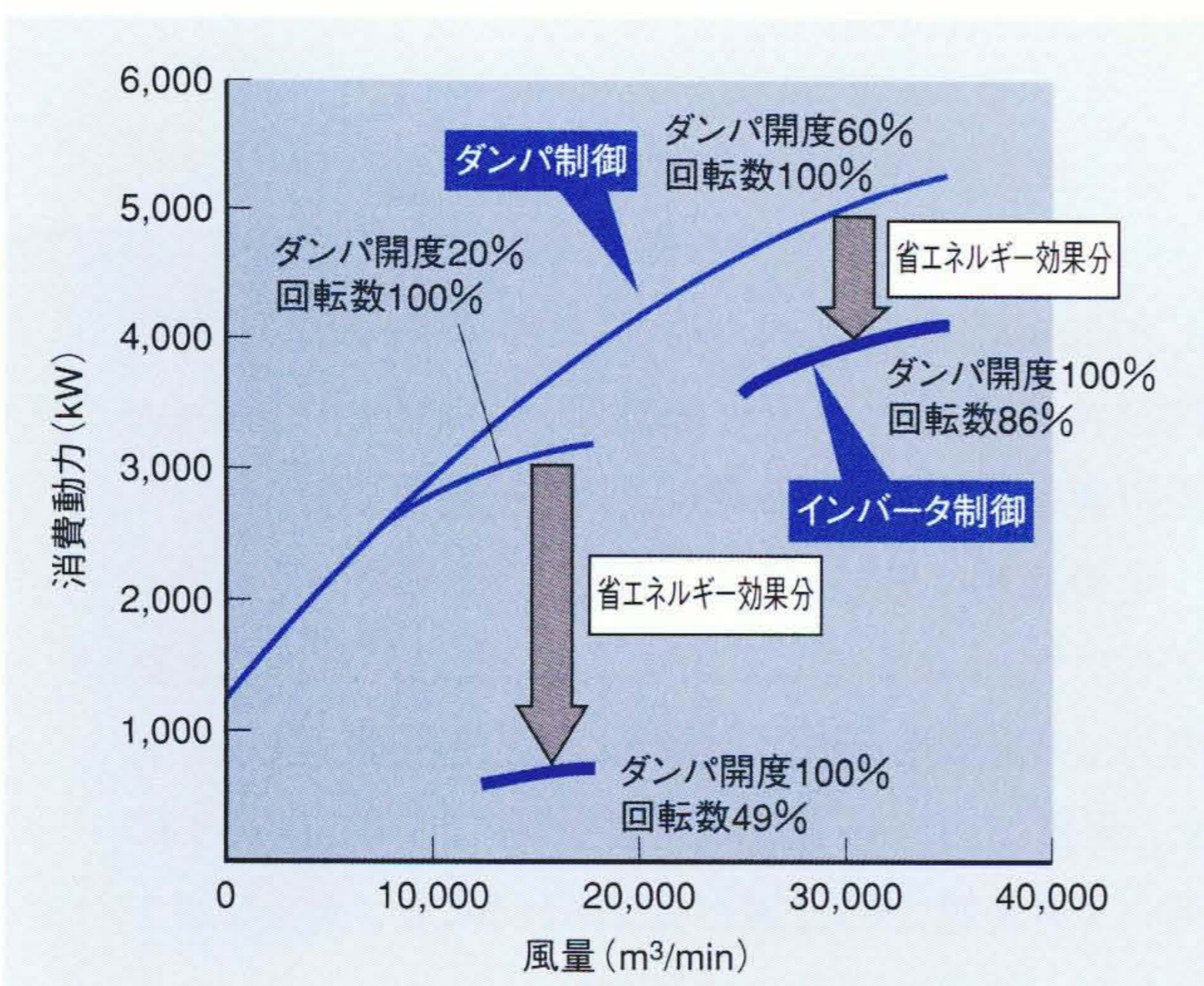


図1 インバータ制御による消費電力低減効果

インバータ制御では、回転数を低下させることで、ダンパ制御よりも消費電力を低く抑えることができる。

#### (2) 電源系統への影響を極力抑制

多重変圧器を採用することにより、入力電流に含まれる高調波成分を抑制している。このため、電源系統への影響が少ない。

#### (3) インバータ効率の向上

出力側の昇圧変圧器が不要であることから、インバータ効率は98%と高効率である。

## 2.2 火力発電所大型補機への適用にあたっての信頼性の確立

火力発電所では、設備に異常があった場合の影響が大きいため、高い信頼性が求められる。したがって、以下の条件を考慮し、信頼性のあるシステムとした。

#### (1) プラントの制御性と安定した運転

起動・停止時や通常負荷運転時、異常時でも、安定してインバータ運転を可能とする制御方式の適用

#### (2) 外乱に対応する運転継続性

電源系統で停電などの外乱やインバータ故障があっても、瞬時にプラントの運転が継続できるインタロックと制御方式の適用

## 3 システム構成とプラント制御方式、およびシステム信頼性

### 3.1 システム構成

(1) 発電所補機の中でも最大級の容量であり、最も大きな省エネルギー効果が期待できるIDF(誘引通風機)に、高圧ダイレクトインバータを適用した(表1参照)。

(2) 発電設備とIDF(モータ定格：7,000 kW×2台、電圧：6,600 V)は既設のものを流用し、多重変圧器と高圧ダイレクトインバータ盤で構成するインバータシステムを、IDFの近くに追設した。

(3) インバータ故障時でも、インバータをバイパスしてIDF運転が継続できるように、商用回路を残した(図2参照)。

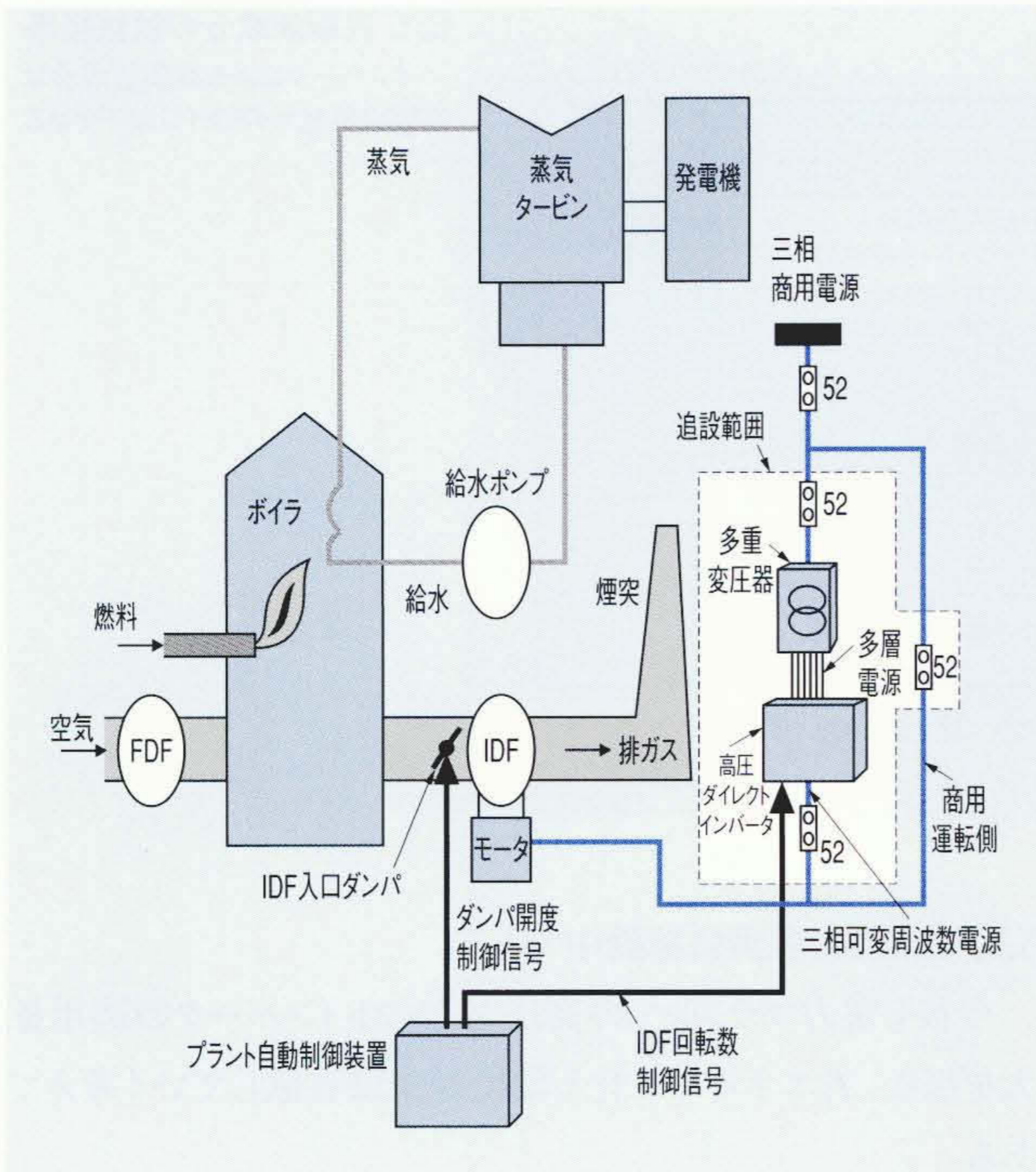
### 3.2 プラント制御方式

従来のIDFでは、一定回転数で運転し、APC(プラント自動制御装置)からの指令で入口ダンパを操作し、ボイラ負荷に変化があっても火焔ドラフトが安定するように制御していた。

表1 適用した高圧ダイレクトインバータの主な仕様

高電圧、大容量仕様で、発電所大型補機への速度制御に適用できる。

型式	HIVECTOL-HVI
制御方式	ロバスト速度センサレスベクトル制御
定格容量	8,250 kVA
定格電圧	6,600 V, 60 Hz
速度制御範囲	20~100%
インバータ効率	98%
入力側変圧器	24相(8段×3相)変圧器、別置



注：略語説明 FDF (Forced Draft Fan；押込通風機)、IDF (Induced Draft Fan；誘引通風機)、52 (交流遮断器)

### 図2 システム構成

多重変圧器と高圧ダイレクトインバータを、商用電源と既設モータの間に設置した。プラント自動制御装置からの制御信号でIDF回転数を可変速制御する。

しかし、インバータ適用後は、火炉ドラフトの変動をIDF入口ダンパによって吸収し、IDF回転数をボイラ負荷に応じたプログラム制御方式とした。

また、IDF回転数のプログラムでは、省エネルギー効果を最大限に発揮できるように、インバータ運転時にはIDF回転数を下げるようにつくふうした。

### 3.3 高いシステム信頼性

インバータ装置には、各種の故障検出回路と保護インタロック回路を組み込むことにより、電源システムからの外乱があっても (Strikethrough：不要動作がなく)、安定したプラント運転ができる高信頼性のシステムとした。

#### (1) 運転監視と故障検出

発電所の中央操作室でも現場のインバータ装置の運転状態を監視できるように、表示や警報を考慮した。また、インバータ装置内部に各種の故障検出回路 [瞬時停電検出、過電流、ヒューズ断、過負荷、冷却ファン異常、停電検出、CPU (Central Processing Unit) 異常など] を組み込み、異常の早期検出を可能とした。

#### (2) インバータ信頼性機能

電圧変動や地絡、部品に故障があった場合でもプラントの運転を継続できるように、保護インタロックと制御機能の強化を図り、高信頼性を実現した。このために適用した主な機能に、電源電圧変動補償機能、過負荷抑制機能、速度変化率制限機能、モータ故障判別機能などがある。

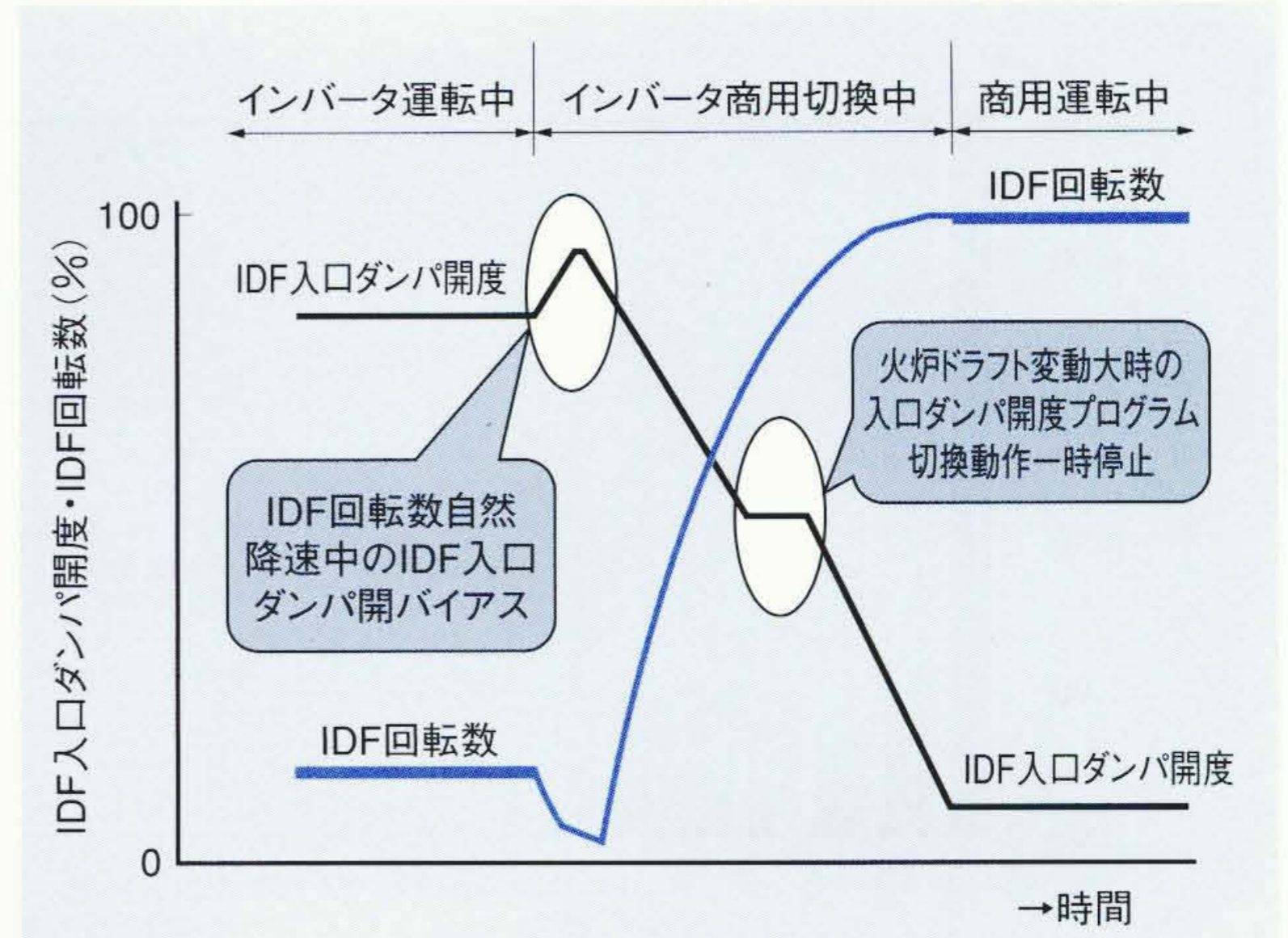


図3 インバータ・商用切換制御の概要

切換制御時には、IDFの回転数の上昇とは逆にIDF入口ダンパ開度を閉じることにより、火炉ドラフトの変動を抑制する。

#### (3) 瞬時停電時での再始動

電源システムに瞬時停電があった場合には、フリーラン中のモータの回転速度を推定する手法により、短時間に、スムーズなモータの再始動ができるようにした。

#### (4) インバータ・商用切換制御

商用切換時には、回転数が急上昇し、大きな火炉ドラフトの変動がある。このため、火炉ドラフトの変動を最小限に抑制できるような制御方式を確立した (図3参照)。

## 4 試験結果と適用効果

### 4.1 試験結果

2001年5月にインバータ装置を発電所に設置し、IDFモータと組み合わせてインバータ実機試験を行い、良好な結果を得た。主な実機試験の項目は以下のとおりである。

- (1) 性能確認試験 (電源電圧変動, 温度上昇)
- (2) 運用性・制御性確認試験 (起動・停止, 負荷変化, 瞬時停電再始動, 高調波測定)
- (3) 異常時動作試験 (インバータ・商用切換, 片系運転)
- (4) その他の効果を確認 (騒音確認, 回転数低減効果)

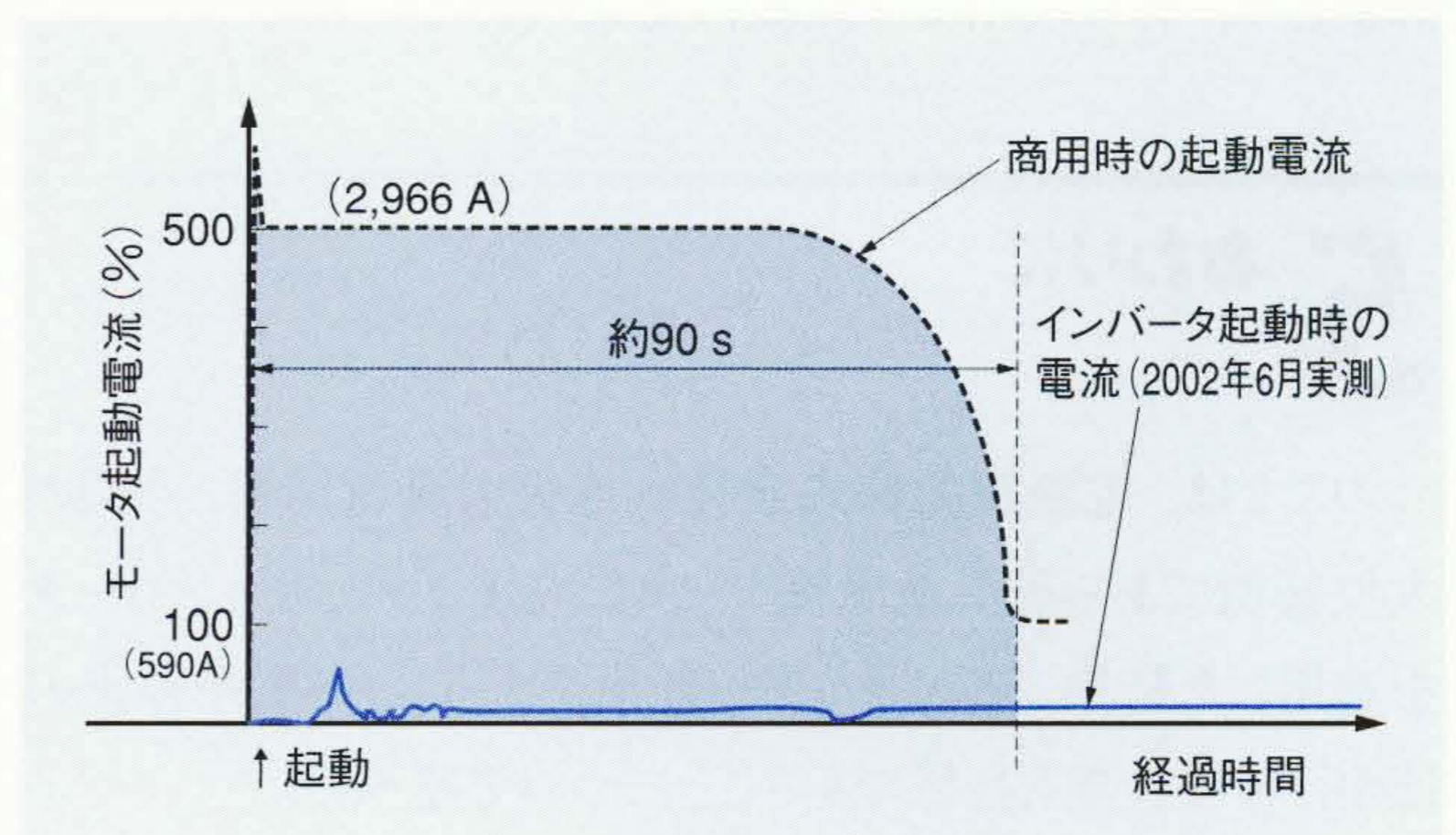


図4 インバータによるIDF起動電流試験結果

インバータでは、商用時に比べてモータ起動電流が少ない。

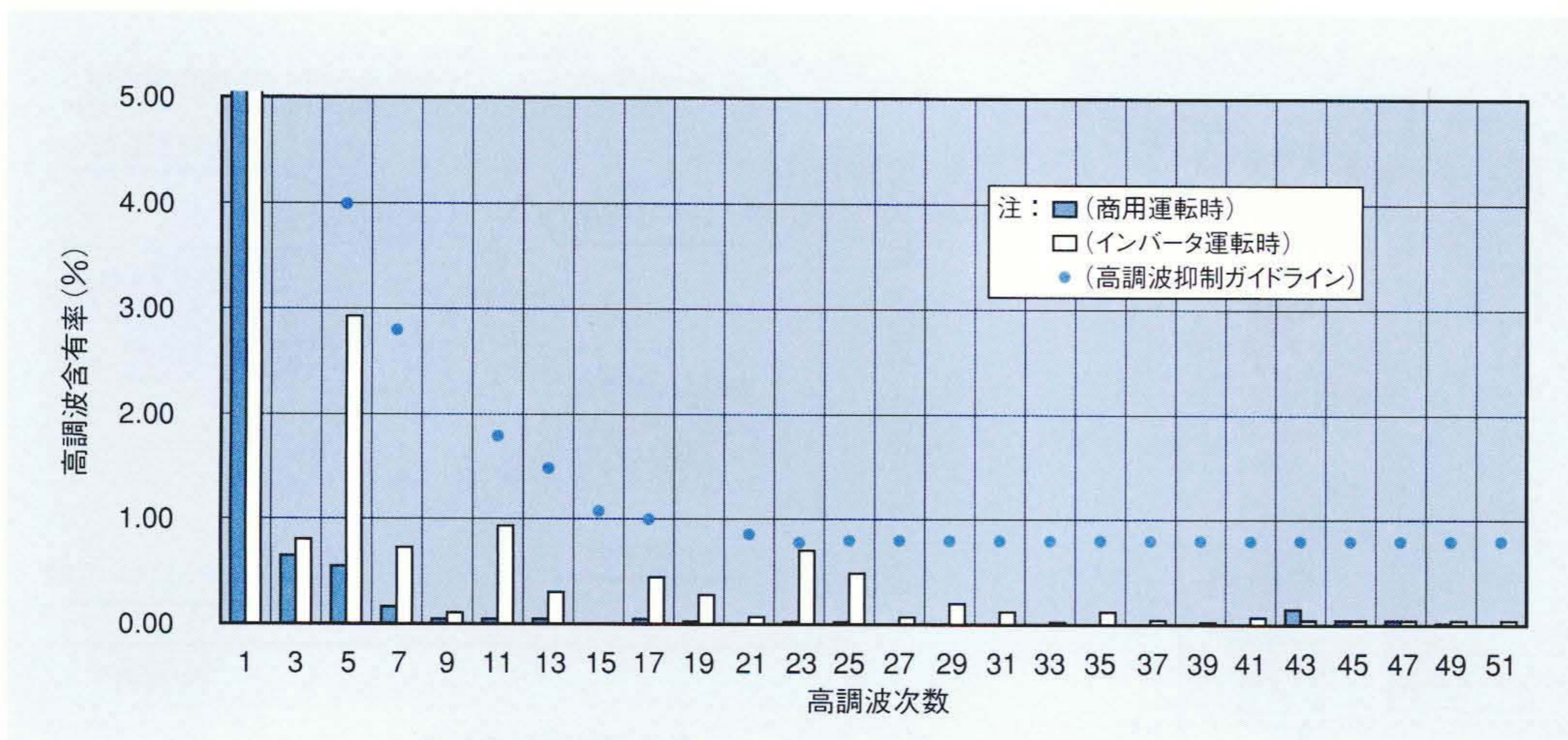


図5 高調波成分の試験結果

インバータによる高調波成分は、高調波抑制ガイドライン以下である。

インバータ起動時の電流測定も行った。その結果、モータ起動時と商用時には定格電流の約5倍という大きな起動電流が流れたが、インバータでは起動電流は少なく、スムーズに起動することを確認した(図4参照)。

また、出力に含まれる電源高調波の含有量を実測した結果、経済産業省の高調波抑制ガイドライン以下に抑制されていることを確認した(図5参照)。

#### 4.2 省エネルギー効果

インバータ運転では商用運転に比べて、50%発電出力運転時に約70%、100%発電出力運転時に約20%それぞれ消費電力を低減できたことを確認した。

また、季節や炭種によっては、IDFガス量やIDF入口のダンパ開度も変化することから、できるだけIDFの回転数を下げて運転する制御方式を採用したことにより、省エネルギー効果を向上させることができた。

#### 4.3 インバータ適用によるその他の効果

上記の省エネルギー効果以外にも、以下のような波及効果を確認した。

- (1) 動力低減によるCO<sub>2</sub>削減と環境規制への効果
- (2) モータ回転数の低下による騒音低減の効果
- (3) モータ起動電流が小さいことによる、電源系統への外乱抑制とモータへのストレス低減の効果

完了し、現在順調に稼動中である。

今後も電力プラントへの高圧ダイレクトインバータの適用拡大を図り、省エネルギー化と環境対策に貢献していく考えである。

#### 参考文献

- 1) 清水, 外: Energy Saving by Application of High-Voltage Direct Inverter to the Thermal Power Plant, 14th Conference of the Electric Power Supply Industry 大会資料(2002.11)
- 2) 梶山, 外: 省エネルギー追求型の可変速ドライブシステム, 日立評論, 82, 4, 273~278(2000.4)

#### 執筆者紹介



山田 宏 彰

1992年電源開発株式会社入社、火力事業部 技術グループ所属  
現在、火力発電技術の調査・研究開発に従事  
E-mail: Hiroaki\_Yamada @ jpower. co. jp



荒山 清

1978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 発電制御システム設計部 所属  
現在、火力制御システム設計の取りまとめに従事  
E-mail: kiyoshi\_arayama @ pis. hitachi. co. jp



岡松 茂 俊

1974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 電機制御システム設計部 所属  
現在、ドライブシステムの設計・開発に従事  
電気学会会員  
E-mail: shigetoshi\_okamoto @ pis. hitachi. co. jp



永田 浩 一郎

1995年日立製作所入社、日立研究所 情報制御第五研究部 所属  
現在、ドライブシステムの研究に従事  
電気学会会員  
E-mail: knagata @ gm. hrl. hitachi. co. jp

## 5 おわりに

ここでは、電源開発株式会社竹原火力発電所第3号機の大型補機である誘引通風機モータに高圧ダイレクトインバータを適用した結果、省エネルギー効果が大きく、起動や停止のほか、各種性能も良好であることについて述べた。

電源開発株式会社と日立製作所の共同研究によって開発したこの装置は、2003年10月に実機の長期信頼性試験を