

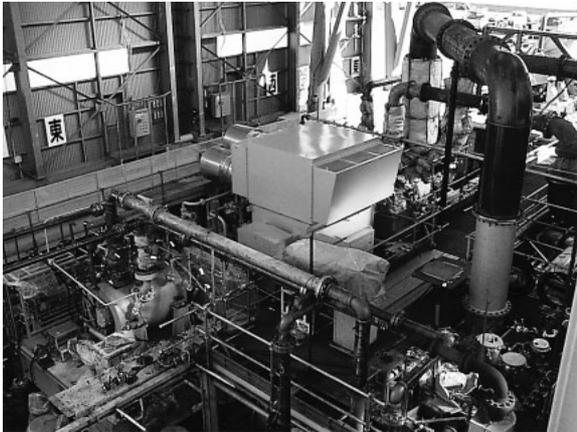
# 遠心圧縮機駆動用大型可変速モータ ドライブシステムの信頼性検証

## Verification of Reliability for Variable Speed Motor Drive System of Compressor

青井 辰史\*<sup>1</sup>  
Tatsufumi Aoi

堀 秀俊\*<sup>2</sup>  
Hidetoshi Hori

岡本 義行\*<sup>2</sup>  
Yoshiyuki Okamoto



遠心圧縮機の駆動機にモータを使用することは、ガスタービンに比べ“効率が高い”“環境にやさしい”等のメリットがある。近年、ガス分野においてモータの需要が高まっている。当社広島製作所では、より信頼性の高い大型可変速モータ駆動遠心圧縮機ユニットを提供するために、モータの運転専用の電源設備を導入し、顧客の要求がある場合、工場内でモータと遠心圧縮機を組み合わせ、実負荷試験を実施して顧客へ納入している。また、実際の工場試運転を実施するに当たり工場電源設備への影響度を解析するツールを開発し運用している。その結果、試験実施可否が事前に検討できトラブルの未然防止に貢献している。

### 1. はじめに

近年世界的に環境問題に関する意識が高まっており、それに伴い、エネルギーの分野でも主役が石油からよりクリーンな天然ガスに移り変わりつつある。世界的な天然ガス需要拡大によるLNGプラントの生産基地新設・増設計画が加速化している中で、従来ガスタービンが使用されてきた天然ガス液化用大型遠心圧縮機のような高出力が要求される駆動装置も、効率のよいコンバインドサイクル発電による集中発電を採用することで、CO<sub>2</sub>排出量が少なく取扱いが容易な大型モータ及びインバータに置き換わりつつある。また、天然ガス採取場から3000 km以下の距離では、LNG輸送よりもパイプライン供給の方が経済的なため世界各地でパイプラインの建設が活発化している。そのパイプラインにおいてもLNG同様モータ駆動へ移行しつつある。

### 2. 可変速モータ駆動遠心圧縮機の特徴

図1に大型可変速モータ駆動コンプレッサユニットの構成を示す。ガスタービンに比べて大型の可変速モータを使用する場合のメリットを以下に述べる。

#### (1) 高効率

単純に駆動機単体で比較すると、ガスタービンの効率は35%程度であるのに対し、モータの場合は95%程度であるが、実際にはモータ駆動の場合発

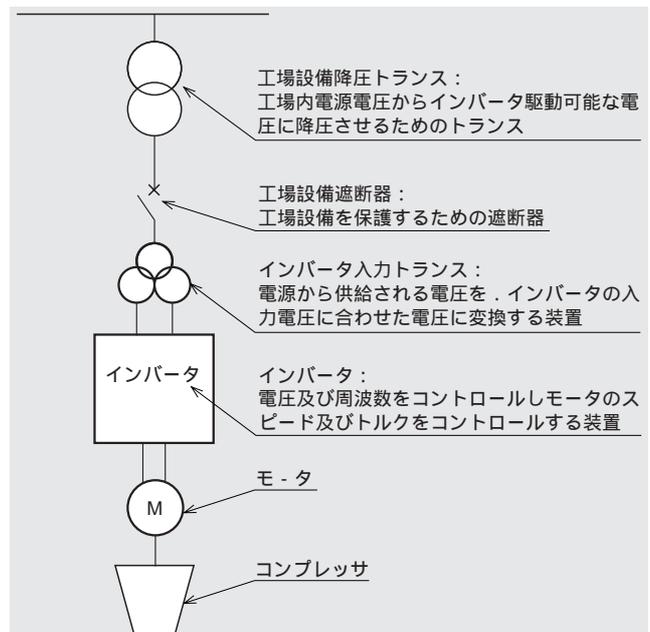


図1 大型可変速モータ駆動コンプレッサユニット構成  
大型可変速モータ駆動コンプレッサユニットのシステム構成を示す。

電コストもしくは電力購入コストを含めたトータルでの経済性評価が必要となる。モータ駆動の場合は、個別サービスごとにガスタービンを持つ分散型に比べて発電用ガスタービンの容量を大きくすることができるため、より効率の高いガスタービンを採用できる。

図2に、ガスタービン駆動の場合とモータ駆動の

\*1 技術本部広島研究所応物・振動研究室

\*2 広島製作所ターボ機械技術部プラント設計課

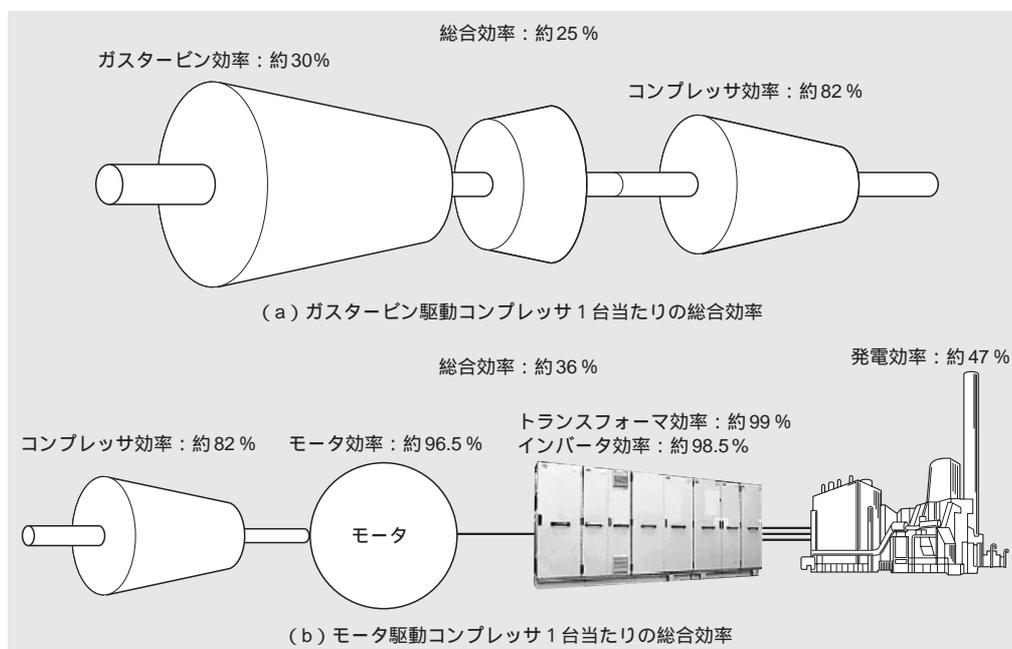


図2 モータとガスタービンの遠心圧縮機1台当たりの効率 モータとガスタービンのそれぞれの総合効率を示す。

場合の遠心圧縮機1台当たりの効率を比較した。ガスタービン駆動の場合、約25%であるのに対してモータ駆動では約36%を達成している。

#### (2) CO<sub>2</sub>排出削減

モータ駆動の場合、発電用に大型ガスタービンを一箇所に集中して設置することができるため、排気ガス等の環境対策を行いやすい。また、モータは動力が電気なので、CO<sub>2</sub>が発生しない。

#### (3) メンテナンス時間の短縮

ガスタービンはホットパーツを定期的に交換する必要があるのに対しモータはメンテナンスがほとんど必要ない。したがってモータ駆動にすることによりメンテナンス費用を下げるができる。

#### (4) プラントの構成を単純化できる

必要なユーティリティは、電力やパージ用の空気程度であり大掛かりな付帯設備を必要としない。

#### (5) リモートコントロールしやすい

インバータがモータをコントロールしているため、起動、停止及びトリップ時のコントロールが単純である。また、ガスタービンに比べ可変速運転範囲が大きい。

スピードコントロール時の応答速度がガスタービンに比べ速い。

そのほかには、詳細な説明は省略するが、下記が挙げられる。

#### (6) 初期投資が少ない

#### (7) 建設設置時間を短縮できる

#### (8) 低騒音である

#### (9) 環境条件による運転条件への影響が少ない

### 3. 遠心圧縮機とモータの組合せ試験の実施

プラントが砂漠等のサービス体制の確立が困難な地域にあり、それだけ現地での問題発生がプラント全体工程に与える影響は大きい。そのため、遠心圧縮機との組合せ運転試験により問題のないこと確認した上で客先へ納入することが要求される。

さらに、INJECTION等の分野では、高圧・高密度のガスを使用するため客先納入前に実ガスを使用して全負荷試験を実施し、機械的特性の設計妥当性を確認することが要求される。

そこで当社では、これら要求にこたえるため、また製品の信頼性向上のため、モータ専用の電源設備を導入し、モータ及び遠心圧縮機の組合せ運転を実施している。

### 4. 当社で組合せ運転を実施するメリット

当社で組合せ運転を実施することによる顧客へのメリットは以下のとおりである。

(1) 遠心圧縮機とモータを組み合わせで運転し、機械的及び電氣的な性能を検証することにより製品の信頼性が向上する。

(2) 遠心圧縮機に実ガスが使用できるため、現地に近い条件でモータ及び遠心圧縮機の運転試験を実施することができる。

(3) モータメーカーの出荷時の試験よりも大きな電氣的負荷及び時間がかけられるため、電気素子のより信

頼性の高いエージングを行うことができる。

また、設備導入に当たっては下記を考慮し、様々な顧客の要求にこたえるようにした。

- (1) 世界各国に輸出するため各国の様々な電圧に対応する必要があり電源トランスに広範囲のタップを設けた。
- (2) 電流型インバータを高調波フィルタ無しで運転が可能である。
- (3) 電源周波数 50 Hz 及び 60 Hz 仕様のモータの試運転が可能である。

当社工場内の高調波総合電圧ひずみを 3% 以下に抑えており高調波フィルタを設置することなく試運転が可能である。

(3) 電源周波数 50 Hz 及び 60 Hz 仕様のモータの試運転が可能である。

### 5. モータ起動及び運転時の特性解析

モータ起動及び運転時には電源系統に電圧降下が発生し、遠心圧縮機を駆動するために必要なトルクを得ることができず起動できない可能性がある。また、インバータを用いているので、インバータから発生する高調波ノイズが工場内の各電源設備を焼損させる可能性がある。これらを検証するため、モータ起動及び運

転時の特性解析を行うツールを開発した。

また、インバータから発生する高調波に対し工場試験にて、実際に高調波を測定し、顧客指定の規定値と比較することによって高調波の影響がないことを事前検証することができる。

下記に示すモータ起動及び運転時の特性解析を実施している。

#### (1) 高調波電圧ひずみ計算

試運転で使用する設備に合わせて高調波電圧ひずみ計算を実施することができ、試運転時のリスク予測をすることができる。

#### (2) 電圧降下計算

負荷増大による電圧降下を予測することができ、電源設備の電圧タップの調整を事前に予測することができる。モータの調整のためにトライ & エラーを実施する回数を軽減することができる。

### 6. 組合せ試験事例

当社では、ガスインジェクションプロジェクトにおいて、計算ツールを使用して事前検証し、組合せ試験を実施した。以下にその具体的な内容を紹介する。

図 3 に試験系統図、図 4 に試験状況を示す。顧客にて使用する場合は、インバータは起動時のみ使用するソフトスタータとして機能する。なお、インバータの定格は 5 000 kW である。試験時は、定格運転でも使

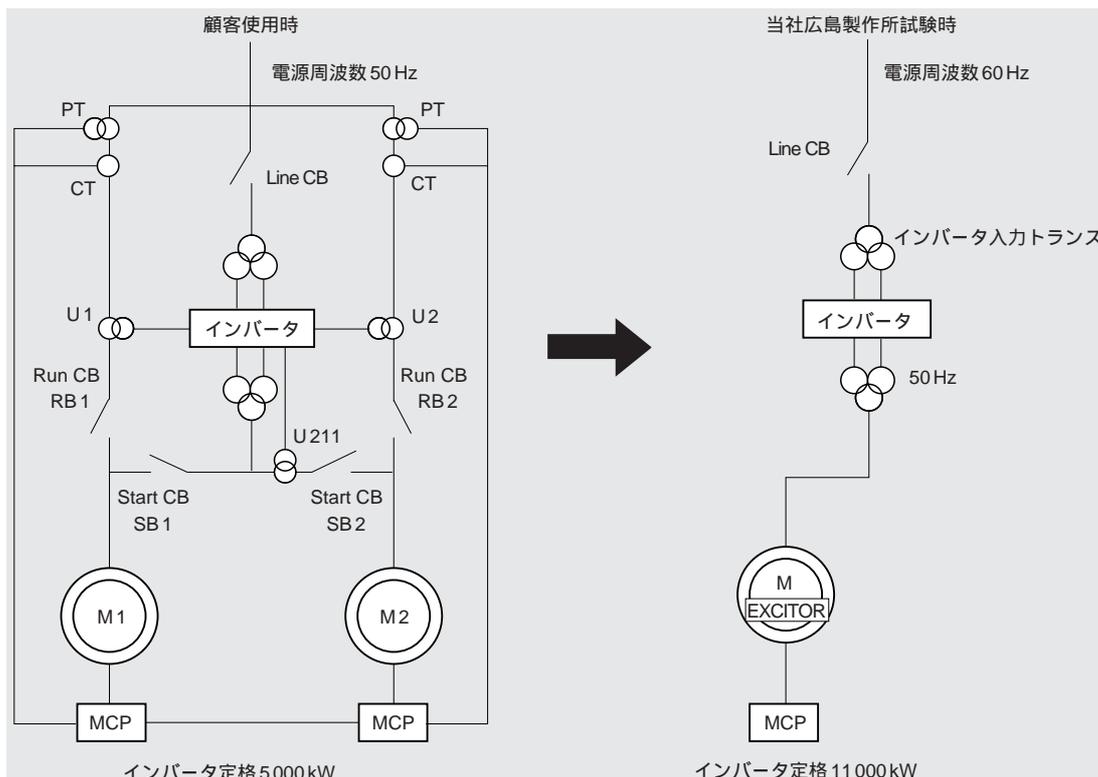


図 3 ガスインジェクションプロジェクト系統図  
系統図を示す。

客先での電源系統図及び当社広島製作所での電源

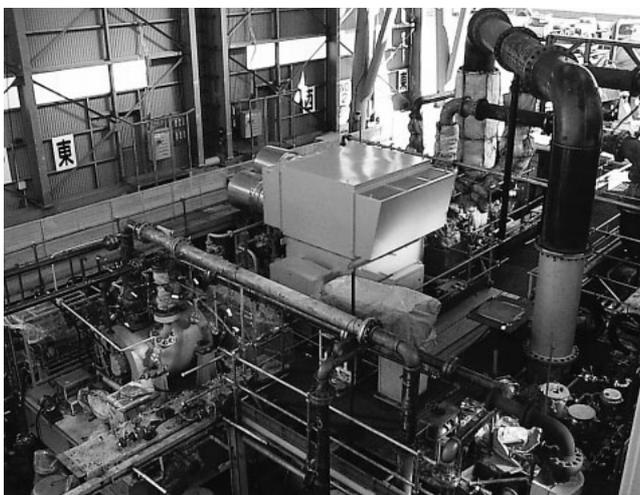


図4 ガスインジェクションプロジェクト組合せ試験状況 ガスインジェクションプロジェクトの当社広島製作所での試験状況を示す。

用できる仕様とし、客先所掌範囲であるスイッチギアを省略した。さらに、インバータの定格を短時間にて11 000 kWで運転できる仕様とした。

その結果、試験設備が簡素化でき、さらに、電源周波数50 Hz仕様のモータを60 Hz電源で運転可能とした。表1に試験結果を示す。計算結果及び実測値とも許容範囲以内であり計算方法の妥当性を検証することができた。

表1 ガスインジェクションプロジェクト組合せ試験結果

項目	事前検証結果	計測結果
高調波電圧歪 (THD) (当社広島製作所受電点)	3% 以下	3% 以下
最大電圧降下 (インバータ入力トランス1次側)	20% 未満	20% 未満

## 7. ま と め

本技報においてモータ駆動遠心圧縮機のメリット及び当社の取組みについて紹介した。本取組みにおいて客先へ多大な付加価値をもたらすだけでなく、製品の競争力の強化にも貢献している。

さらに、製品の競争力強化のため、電源設備を拡張工事中である。今後、更に多くのプロジェクトに対応できると考える。



青井辰史



堀秀俊



岡本義行