

省エネルギー／省力化機器・システム 調査書

<p><b>技術要素</b> 該当要素に○。複数回答可。省エネルギーかつ省力機器の場合は双方に○を付けてください。</p>	<p><b>省エネルギー機器</b>：①推進抵抗の低減 ②推進効率の向上 ③省エネ最適制御の採用 ④余熱(廃熱)利用 ⑤機関室システムの見直し ⑥その他 ( ) <b>省力化機器</b>：⑦運転操作時のシンプル化 ⑧メンテ時の省力化 ⑨メンテ回数低減 ⑩船上監視作業の陸上支援 ⑪その他 ( )</p>		
<p>機器・システムの名称</p>	<p>製品名 (一般的な名称) VPC／二相流サイクル(低温廃熱回収システム)</p>		
<p>製造会社名</p>	<p>三井造船株式会社</p>	<p>電話番号</p>	<p>0863-23-2487</p>

機器・システムの概要 (左に機器・システム等がわかる写真又は概略図、右に機器の概要をご記入下さい。)

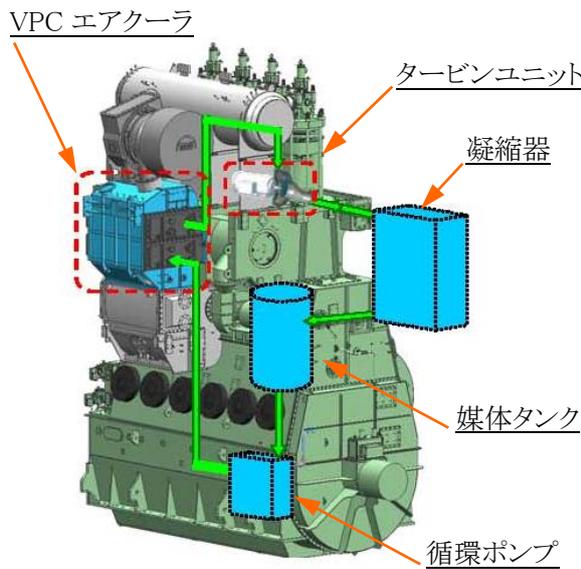


図-1 VPC 搭載主機関

VPC は低温廃熱回収システムの一つであり、これまで有効活用されていない主機掃気冷却器の廃熱、或いは船内のその他の低温熱源からの動力回収を可能とします。低温熱源からの動力回収を可能とするために、低沸点媒体を作動媒体としています。同様な低温廃熱回収設備としてオーガニックランキンサイクル(ORC)がありますが、一般的な ORC と比較して機器数が少ないなどの特長があります。これらを可能としているのが二相流ノズルと二相流タービンです。

省エネ／省力化原理の説明、効果 (概略図、流れ図等を左に、概要説明を右に記載してください。)

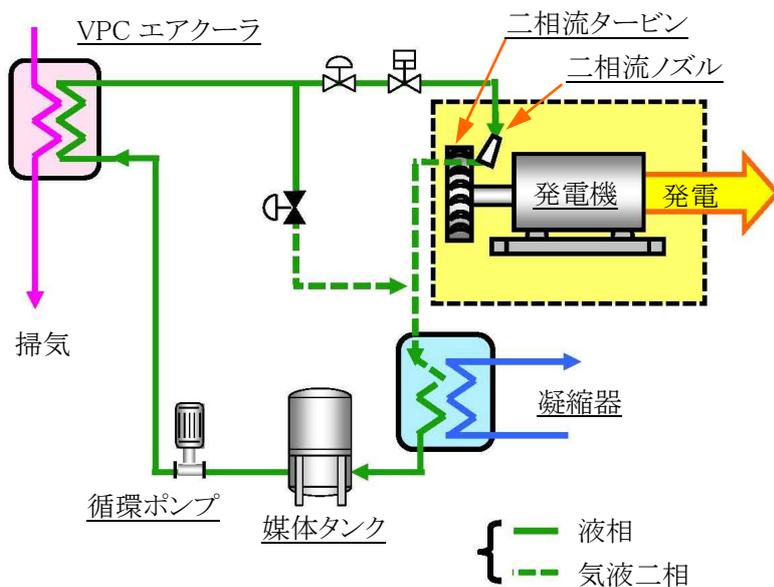


図-2 VPC 機器構成

従来型の ORC に対し VPC は液相による熱交換を特徴とします。作動媒体を熱交換器で蒸発することなくタービンに導入することが可能です。タービンのノズルを通過する際に作動媒体が二相流ジェットとなり、タービンを駆動し動力回収を行います。本システムの開発は、国土交通省、一般財団法人日本海事協会、及び独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の補助により実施しています。

備考) 機器・システムのカタログがありましたら添付願います。

<p>技術要素 該当要素に○。複数回答可。省エネルギーかつ省力機器の場合は双方に○を付けてください。</p>	<p>省エネルギー機器：①推進抵抗の低減 ②推進効率の向上 ③省エネ最適制御の採用 ④余熱(廃熱)利用 ⑤機関室システムの見直し ⑥その他 ( ) 省力化機器：⑦運転操作時のシンプル化 ⑧メンテ時の省力化 ⑨メンテ回数低減 ⑩船上監視作業の陸上支援 ⑪その他 ( )</p>		
<p>機器・システムの名称</p>	<p>製品名 (一般的な名称) ORC</p>		
<p>製造会社名</p>	<p>三菱重工船用機械エンジン株式会社</p>	<p>電話番号</p>	<p>03-6716-5341</p>

機器・システムの概要 (左に機器・システム等がわかる写真又は概略図、右に機器の概要をご記入下さい。)

未利用の低温エンジン冷却水から発電

船用ORC (Organic Rankine Cycle バイナリー発電システム)

以前は海に捨てられていた100℃以下のエンジン冷却水。この温排水から、エアコンなどにも利用されている、水よりも沸点の低い有機性熱媒体を用いて発電するコンパクトな省エネシステムです。

Organicとは有機性熱媒体を意味し、Rankine Cycleとは熱媒体の蒸発、凝縮を利用して仕事をするシステムのことです。

またエンジン冷却水と有機性熱媒体の2種類の熱媒体を使い発電する方法をバイナリー発電システムといいます。

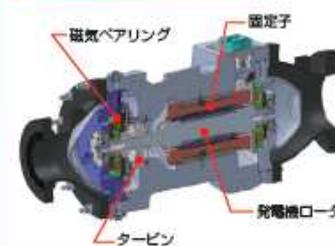
エンジン冷却水は高温ではないため今まで未利用でしたが、それより低い温度で蒸発する有機性熱媒体を選んでORCを構成すればバイナリー発電システムとして熱回収することが可能です。

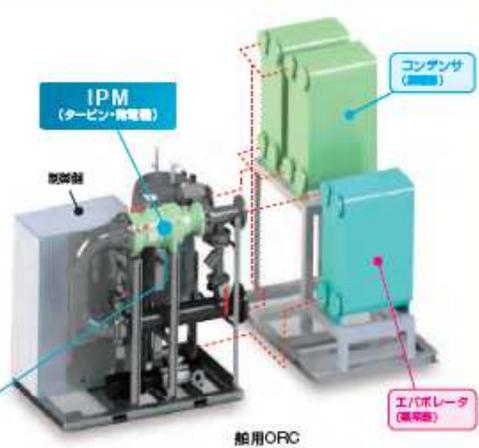
省エネ/省力化原理の説明、効果 (概略図、流れ図等を左に、概要説明を右に記載してください。)

特徴と構造

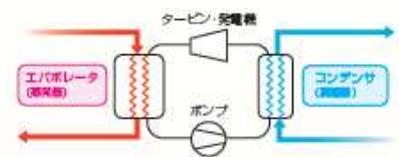
- 発電出力100kW (NET)
- 熱源は85℃主機関ジャケット冷却水
- 冷媒は無害な低沸点媒体 (R245fa)
- コンパクトな設計
- 完全密封されたモジュール
- 約16,000rpmの高速回転 (可変速)
- ギアボックス・潤滑システムが不要
- 非接触オイルレス磁気ベアリングの採用
- レトロフィットが容易

IPM (Integrated Power Module) の構造





船用ORC



バイナリー発電装置の原理

備考) 機器・システムのカタログがありましたら添付願います。

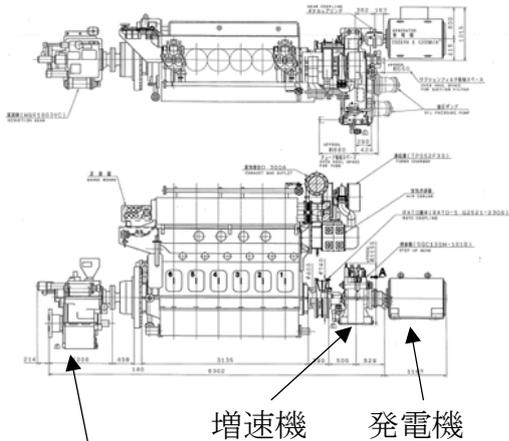
省エネルギー／省力化機器・システム 調査書

<p><b>技術要素</b> 該当要素に○。複数回答可。省エネルギーかつ省力機器の場合は双方に○を付けてください。</p>	<p><b>省エネルギー機器</b>：①推進抵抗の低減 ②推進効率の向上 ③省エネ最適制御の採用 ④余熱(廃熱)利用 ⑤機関室システムの見直し ⑥その他 ( ) <b>省力化機器</b>：⑦運転操作時のシンプル化 ⑧メンテ時の省力化 ⑨メンテ回数低減 ⑩船上監視作業の陸上支援 ⑪その他 ( )</p>		
<p>機器・システムの名称</p>	<p>製品名 (一般的な名称) 減速機軸発電システム</p>		
<p>製造会社名</p>	<p>新潟原動機株式会社</p>	<p>電話番号</p>	<p>03-4366-1224</p>
<p>機器・システムの概要 (左に機器・システム等がわかる写真又は概略図、右に機器の概要をご記入下さい。)</p> <p>内航タンカー等では大きな動力を必要とする荷役用のポンプを駆動するが、燃費効率の良い主機で発電機を駆動し、合わせて出入港時のスラストも駆動するシステムである。</p> <div data-bbox="331 779 1262 1126" data-label="Diagram"> </div> <p>※主機前から駆動する事も出来るが、新たに弾性継手、増速機が必要となり機関室スペース上の影響があるため、減速機駆動としている。</p>			
<p>省エネ／省力化原理の説明、効果 (概略図、流れ図等を左に、概要説明を右に記載してください。)</p> <p>減速機の発電機PTO軸の仕様は下記としている。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 荷役に大きな動力を必要とする時は、高いエンジン回転数で出力が出せるように設定。 この時は小さい増速比を使用し、クラッチは直結とする。</li> <li>② 出入港のスラスト駆動時は、主機はアイドル回転から比較的低い回転数の範囲での制御になる。 しかし、低いエンジン回転域でも発電機は所定の回転数にしなければならないため、大きな増速比を使用する。また、主機回転を制御しても発電機は常に一定回転数になる様、スリップ制御を使用する。</li> </ol> <p>※PTO 軸は 2 段増速クラッチを採用し、スラスト駆動時はスリップ制御により発電機は主機回転数の影響を受けないシステムとしている。</p>			

備考) 機器・システムのカタログがありましたら添付願います。

<p><b>技術要素</b> 該当要素に○。複数回答可。省エネルギーかつ省力機器の場合は双方に○を付けてください。</p>	<p><b>省エネルギー機器</b>：①推進抵抗の低減 ②推進効率の向上 ③省エネ最適制御の採用 ④余熱(廃熱)利用 ⑤機関室システムの見直し ⑥その他 ( ) ) <b>省力化機器</b>：⑦運転操作時のシンプル化 ⑧メンテ時の省力化 ⑨メンテ回数低減 ⑩船上監視作業の陸上支援 ⑪その他 (独立発電機エンジンの保守メン費用の削減 ) )</p>		
<p>機器・システムの名称</p>	<p>製品名 (一般的な名称) PWM 軸発電システム</p>		
<p>製造会社名</p>	<p>新潟原動機株式会社</p>	<p>電話番号</p>	<p>03-4366-1224</p>

機器・システムの概要 (左に機器・システム等がわかる写真又は概略図、右に機器の概要をご記入下さい。)

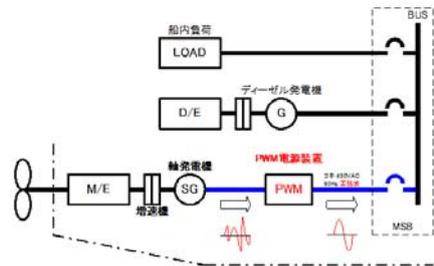


従来、主機関で常時軸発電機を駆動するシステムでは推進装置が CPP または FPP の場合はスリップ制御をする方法で有り、スリップ損失が大きかった。

PWM 軸発電システム(大洋電機)では、軸発電機は 45Hz～100Hz までの運転が可能であり、推進器が FPP で有っても軸発電機の使用が可能となる。

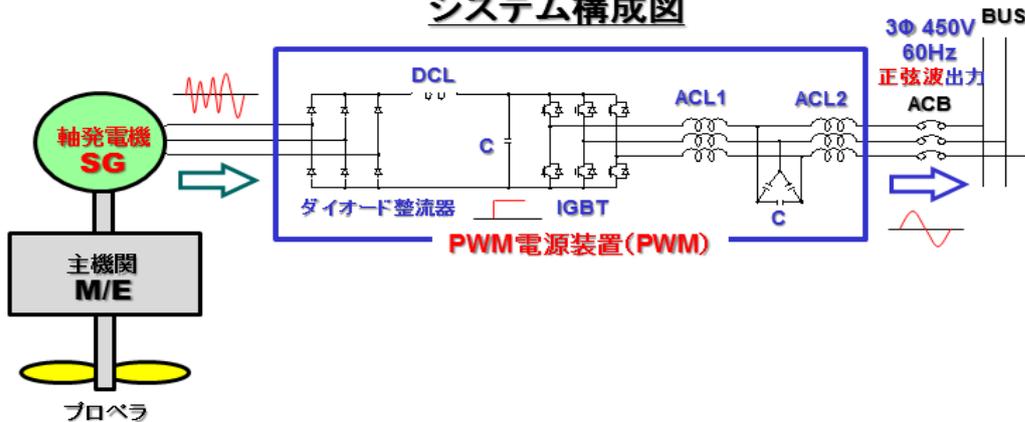
軸発電機で発生した電力は、PWM 制御盤を介して下記のように主配電盤に接続できるため、発電機機関に比べて燃費効率の良い主機関を使用して発電する事が可能となる。これにより、独立発電機 1 台を削減する事ができる。

船尾軸系は FPP でも OK で航海機器にも使用出来る安定した電源が得られる。CPP の場合は海象条件等の外乱の影響を受けず、航海機器にも使用出来る安定化電源になる。



省エネ／省力化原理の説明、効果 (概略図、流れ図等を左に、概要説明を右に記載してください。)

**システム構成図**



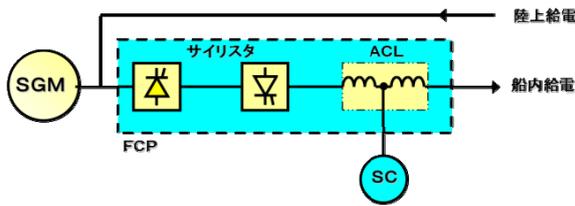
PWM 軸発電システムは、軸発電機(SG)と IGBT 素子を用いた PWM 電源装置だけで構成されている。軸発電機(SG)で発生した 45Hz～100Hz の交流電源は、PWM 電源装置で一定周波数の直流に変換され、その後 60Hz の交流に変換される。更にフィルタで波形整形を行って主配電盤に供給される。尚、独立発電機との並列運転も可能である。

備考) 機器・システムのカタログがありましたら添付願います。

省エネルギー／省力化機器・システム 調査書

<p><b>技術要素</b> 該当要素に○。複数回答可。省エネルギーかつ省力機器の場合は双方に○を付けてください。</p>	<p><b>省エネルギー機器</b>：①推進抵抗の低減 ②推進効率の向上 ③省エネ最適制御の採用 ④余熱(廃熱)利用 ⑤機関室システムの見直し ⑥その他 ( ) <b>省力化機器</b>：⑦運転操作時のシンプル化 ⑧メンテ時の省力化 ⑨メンテ回数低減 ⑩船上監視作業の陸上支援 ⑪その他 ( )</p>
<p>機器・システムの名称</p>	<p>製品名 (一般的な名称) 他励式インバータ装置 (1. 軸発電装置、2. 余剰電力の回収、3. 電気推進、4. 陸電給電)</p>
<p>製造会社名</p>	<p>西芝電機株式会社 電話番号 06-4797-2450</p>

機器・システムの概要 (左に機器・システム等がわかる写真又は概略図、右に機器の概要をご記入下さい。)



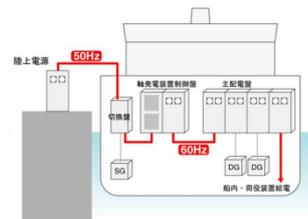
他励インバータ装置は、主機(軸)に直結された同期機(発電機:SG、電動機:SM)、周波数制御盤(FCP)及び同期調相機(SC)で構成されます。FCPには、サイリスタで構成された2組の三相全波整流のスタックを備え、サイリスタの点弧角を制御し、双方向への電力変換が行えます。上記動作原理から、本装置を使用した次の用途に使用できます。

1. 主機に直結のSGで、主機トルクを電力に変換し、FCPで60Hzの定電圧/定周波数の電力を船内母線に給電する“軸発電装置”運転。

2. 排ガス等の余剰エネルギーで駆動する発電機の電力で、主機に直結されたSMを駆動して主機軸を加勢する“推進加勢”運転。
3. 船内電源で主機と切り離されたSMを駆動する“電気推進”運転。
4. 50Hzの陸上電源をFCPで60Hzに変換し、船内母線に給電する“陸電供給”運転。

省エネ／省力化原理の説明、効果(概略図、流れ図等を左に、概要説明を右に記載してください。)

1. 軸発電装置: 補機よりも低燃費、高効率な主機による発電で、省エネルギー化に寄与します。補機の運転時間短縮によるメンテナンスの低減に寄与します。
2. 推進加勢: 余剰電力回収による省エネルギーと、推進加勢による主機の省エネルギーに寄与します。
3. 電気推進: 低速運航時には主機を停止させることにより、主機の低速運転回避による省エネルギーとメンテナンスの低減に寄与します。
4. 陸電供給: 50Hz地域でも停泊中にクリーンな陸上電源が使用できます。



接岸中(陸電周波数変換用にインバータを使用)

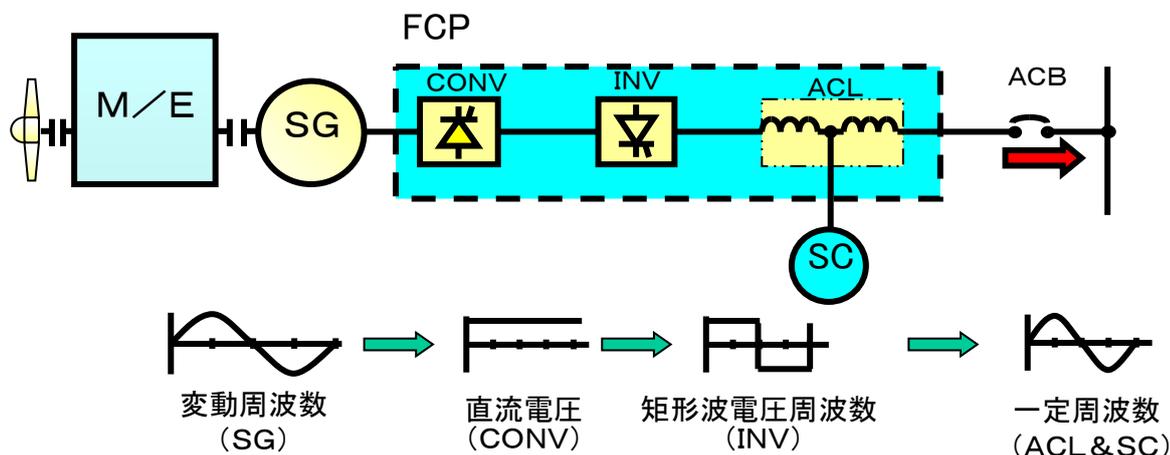
備考) 機器・システムのカタログがありましたら添付願います。

# 軸駆動発電装置

Shaft Generating System

## 軸駆動発電装置の構成

他励インバータ式軸駆動発電装置は軸発電機(SG)、周波数変換装置(FCP)及び同期調相機(SC)で構成されます。



### 1. 軸発電機(SG)

回転数が変動する主機関で駆動され、主機関の回転エネルギーを電力に変換します。

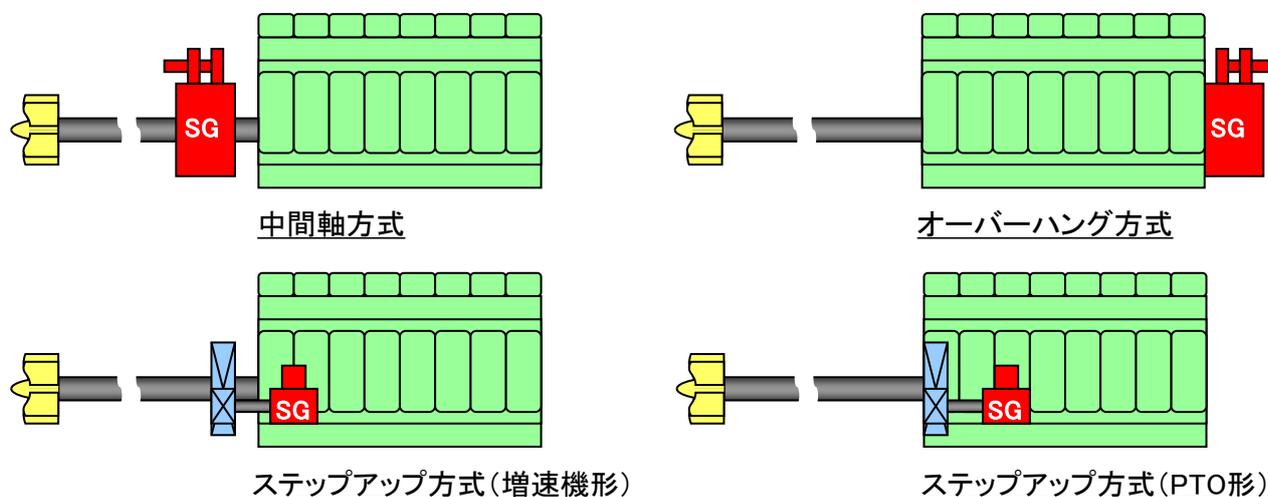
### 2. 周波数変換装置(FCP)

周波数変動のある軸発電機の交流電力をサイリスタコンバータ(CONV)で周波数に無関係な直流電力に変換し、この直流電力をサイリスタインバータ(INV)で一定周波数の交流電力に変換して同期調相機及び船内負荷へ供給します。一定周波数を確保するためにサイリスタインバータの位相角を制御して同期調相機の回転数を一定に保ちます。

### 3. 同期調相機(SC)

同期調相機は、定格周波数の同期速度で運転され、出力電力及び電力周波数を形成すると共に、船内負荷及びインバータへの無効電力を供給、短絡時に持続短絡電流を供給、高調波成分を吸収します。

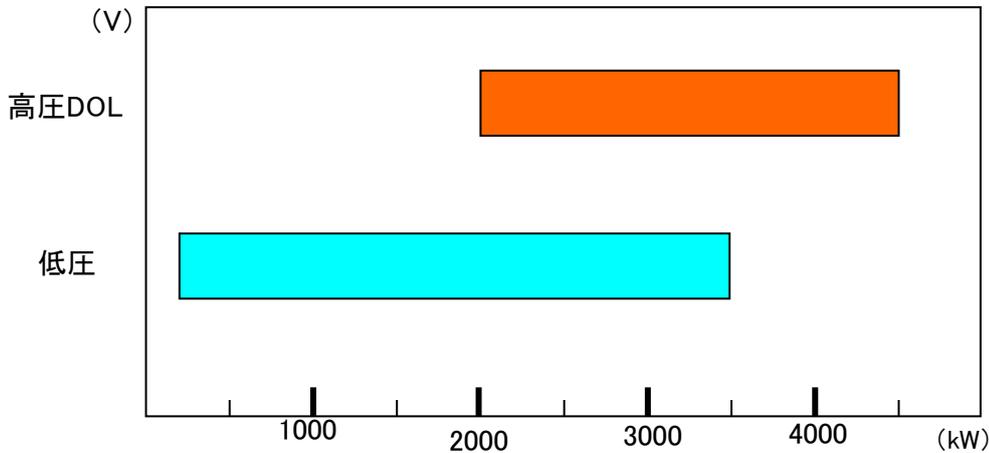
## 駆動方式



# 軸駆動発電装置

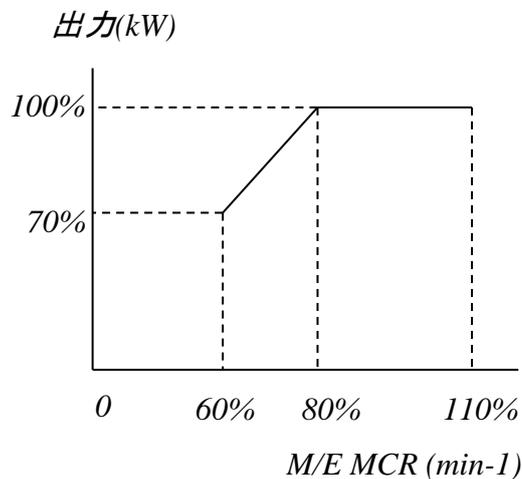
Shaft Generating System

## ラインナップ



## 標準仕様

1. 運転範囲(100%回転数 : MCR)
  - 定格出力領域 : 80%~110%
  - 低減出力領域 : 60%~80%
2. 電圧波形ひずみ率 : 5%以下
3. シミュレーションテスト : 軸発電装置の動作確認の模擬運転ができます。
4. 故障診断 : 故障箇所の特特定、乗組員への故障ガイダンスをカラーグラフィックで表示します。
5. トレースバック機能 : 自動的にメモ리카ードに記憶できます。



## メリット

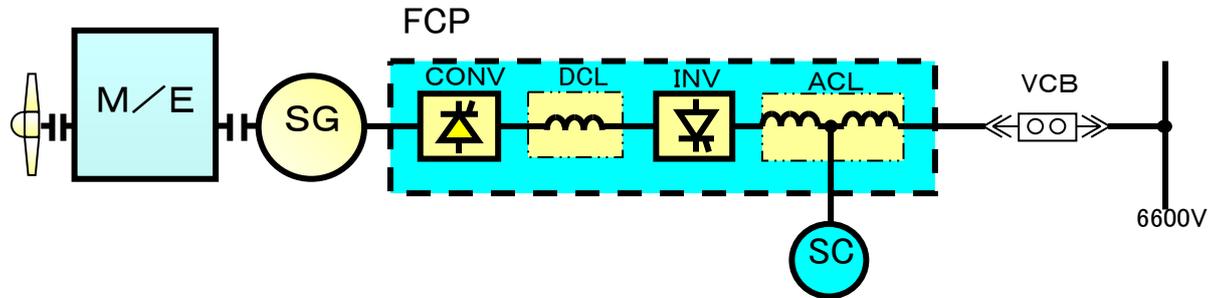
1. 省エネルギー
  - 高効率な主機関で駆動される軸駆動発電装置は省エネルギーになります。
2. DG運転時間の大幅な減少
  - 1) 燃料、潤滑油の消費量を削減できます。
  - 2) メンテナンスインターバルの延長によるメンテナンス費用を削減できます。
3. 冬季航海中の補助ボイラの追い炊きが不要
  - 軸駆動発電機により主機の排気温度が上昇し、排ガスボイラの追い炊きが不要です。
4. 定期ドック前の主機トルクリッチの回避
  - 定期ドックイン直前の航海においては軸発を停止することによりトルクリッチを回避でき、通常航海スピードを確保できます。

# 軸駆動発電装置

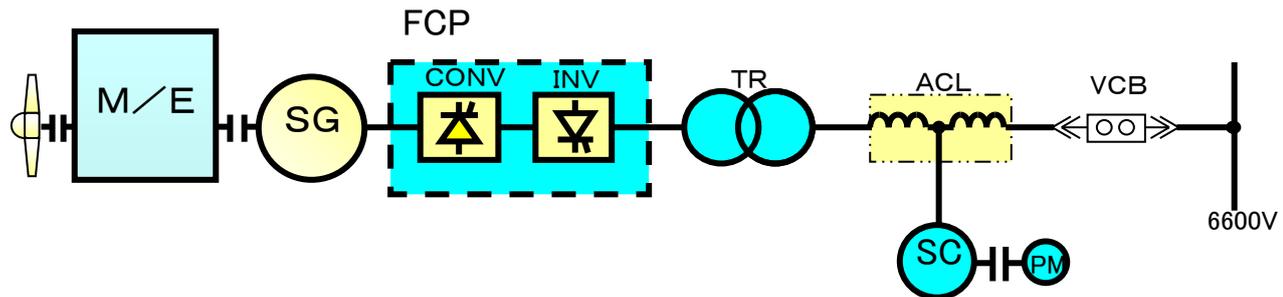
Shaft Generating System

## 高圧軸駆動発電装置のシステム比較

ダイレクトオンライン(DOL)



従来のステップアップトランス付



### ダイレクトオンラインの特徴

1. 高圧軸駆動発電装置：ステップアップトランス無しで、6600Vに対応できます。
2. 高効率運転：主回路損失が低減、高効率運転ができます。
3. 配置スペースの低減：従来のステップアップトランス付に比べ、設置スペースが縮小できます。

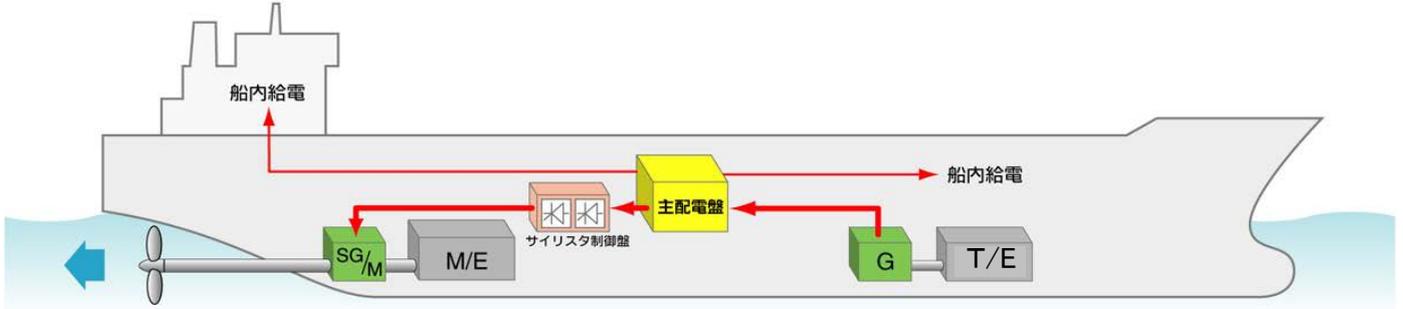
# 軸駆動発電装置

Shaft Generating System

## 特徴

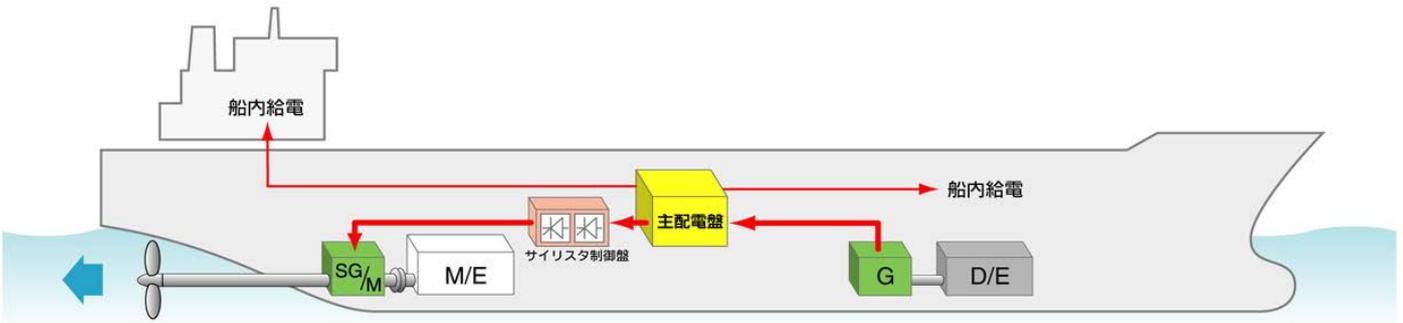
### 1. 推進加勢モード

排ガスタービン発電機などで船内へ給電中に電力が余剰になった時、軸駆動発電装置を推進加勢モードで運転し余剰エネルギーを主機にトルク還元することで省エネルギーができます。



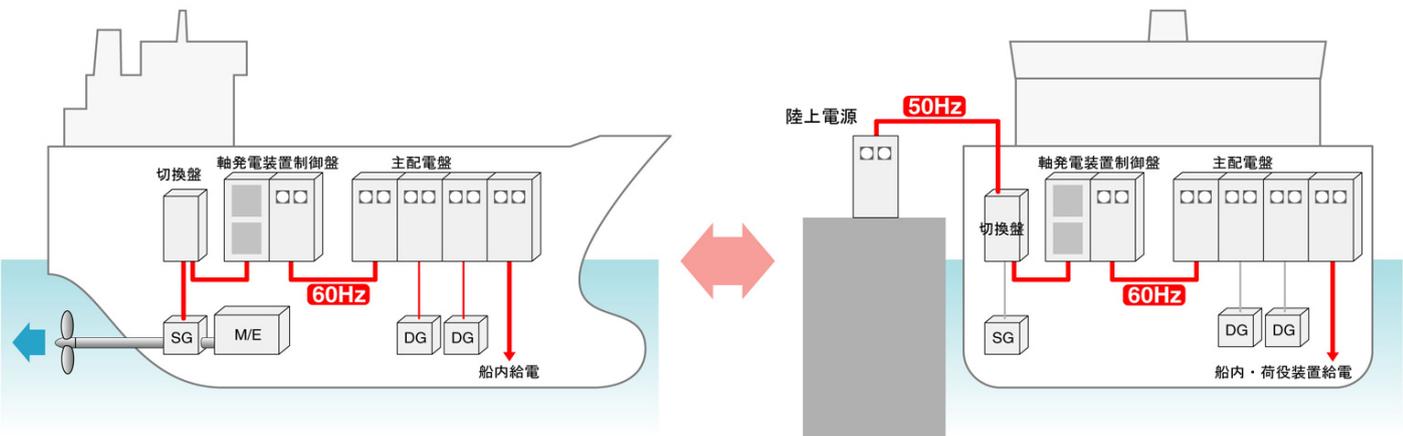
### 2. 電気推進モード(オプション)

軸駆動発電装置にサイリスタモータ制御機能を追加装備し、零回転から始動する電気推進ができます。



### 3. 周波数変換装置(オプション)

軸駆動発電装置に陸上電源から電力を給電し、船内周波数に変換して給電できます。



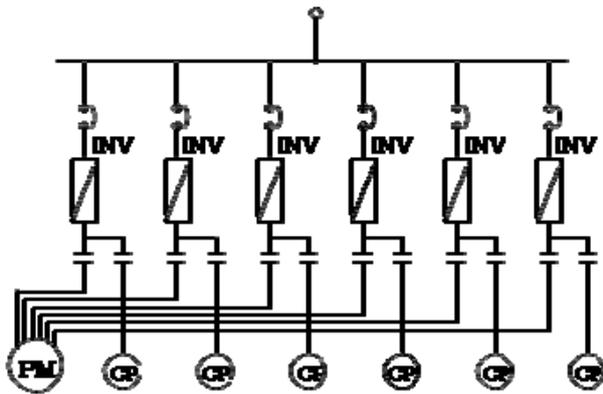
航海中（軸発電機周波数変換用にインバータを使用）

接岸中（陸電周波数変換用にインバータを使用）

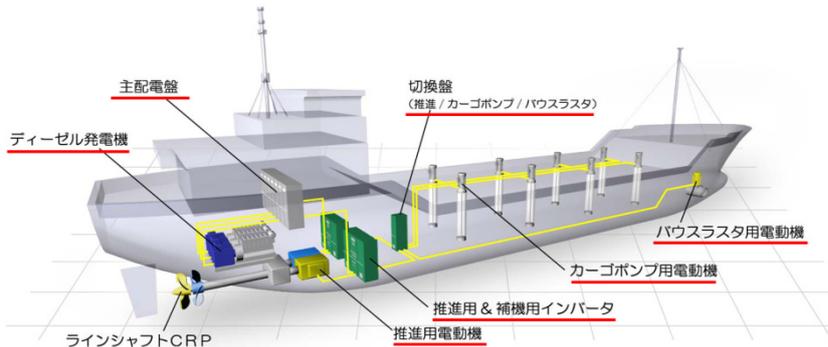
省エネルギー／省力化機器・システム 調査書

<p><b>技術要素</b> 該当要素に○。複数回答可。省エネルギーかつ省力機器の場合は双方に○を付けてください。</p>	<p><b>省エネルギー機器</b>：①推進抵抗の低減 ○ ②推進効率の向上 ○ ③省エネ最適制御の採用 ○ ④余熱(廃熱)利用 ○ ⑤機関室システムの見直し ○ ⑥その他 ( ) <b>省力化機器</b>：⑦運転操作時のシンプル化 ○ ⑧メンテ時の省力化 ○ ⑨メンテ回数低減 ○ ⑩船上監視作業の陸上支援 ○ ⑪その他 ( )</p>		
<p>機器・システムの名称</p>	<p>製品名 (一般的な名称) 多重インバータ統合制御システム</p>		
<p>製造会社名</p>	<p>西芝電機株式会社</p>	<p>電話番号</p>	<p>06-4797-2450</p>

機器・システムの概要 (左に機器・システム等がわかる写真又は概略図、右に機器の概要をご記入下さい。)



複数のカーゴポンプ (CP) 用小型インバータ (INV) を統合制御し、大容量の推進電動機(PM)を運転します。これにより PM 用大容量 INV を削減できます。各々の INV は PM 運転中に任意に切離し/投入が可能で、推進中の CP 運転 (タンククリーニング等) 及び INV の保守点検を可能としています。



省エネ／省力化原理の説明、効果 (概略図、流れ図等を左に、概要説明を右に記載してください。)

PM 用と CP 用の INV の兼用で、小型分散配置と INV 盤の設置面積の大幅削減ができ、最適な船型計画と貨物槽の増加で船舶の推進効率及び運航効率などが向上します。  
保守が容易な電動化と任意な切離し運転で、船内の省力化及び運航効率が向上します。  
高効率な電動ポンプで、荷役時の省エネルギーとなります。

備考) 機器・システムのカタログがありましたら添付願います。

## 多重インバータ統合制御システム

西芝電機株式会社

電気推進船は、環境負荷、経済性、操船性、安全性、低振動性、低騒音性、省力化の面において優れていることがよく知られている。北欧では、環境保全のために、多数の電気推進船が就航しており、国内においても国土交通省及び運輸業界によって電気推進船の次世代内航船スーパーエコシップの普及促進支援が図られている。

西芝電機は、内航電気推進船建造の促進を図るために、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 殿との共同で「多重インバータ統合制御システム」を開発した。

本システムは、小形の補機（カーゴポンプ等）駆動用インバータ装置を複数台統合制御し、推進電動機駆動用インバータ装置として使用する方式で、従来の推進電動機駆動専用のインバータ装置が不要になり、電動機駆動用制御装置の省スペース化、経済性、信頼性および操船性の大幅な向上を実現した。

### 1. システムの構成

多重インバータ統合制御システムの電気推進装置は、次の機器で構成される。

- 1) 多重巻線電動機
- 2) 多重インバータ統合制御盤（切換回路組込み）
- 3) 制動抵抗器



- 1) 600kW 多重巻線電動機
- 2) 多重インバータ統合制御盤
- 3) 制動抵抗器

### 2. 特長

多重インバータ統合制御システムには次の特長がある。

- 1) 補機との兼用で設備を有効に利用できる。
- 2) 船内システムの設置スペースが大幅に縮小できる。
- 3) 各インバータの切離し、統合運転が任意に行える。
- 4) インバータの運転台数に見合う減機運転ができる。
- 5) 推進電動機と補機電動機の同時運転ができる。
- 6) 減機（出力低減）運転制御でインバータの過負荷を防止する。
- 7) 各インバータの同期運転及び定電流制御で、電動機巻線の電流バランスが取れる。
- 8) 異常機の切離し運転で冗長性・安全性が確保できる。

### 3. システムの概要

多重インバータ統合制御システムの系統図を図1に示す。

小形インバータ (INV) を複数台並列に使用し、各 INV は多重巻線の推進電動機 (PM) の夫々の巻線に接続する。複数の INV は各巻線の電流バランスをとるために、同期運転を行いながら各巻線の定電流制御を行う。

航海中には複数台の INV で PM を運転し、停泊時の荷役運転では各 INV を補機電動機 (CP) に接続を切替えて夫々単独運転を行う。

並列運転中の INV は任意に切離しを可能にしている。INV が切離された場合には、各 INV の電流制限の設定は自動的に変更され、PM は減機運転 (出力低減) されるので、各 INV は過電流になることなく安定な運転が保たれる。

運転中の任意な切離しは、航海中の保守点検及びタンク洗浄なども可能にする。

また、出入港時の推進負荷が低い場合にはバウスラストなど他の補機の運転も可能になる。切替使用は推進電動機の他の補機 1 用途に制限している。

INV に異常が発生した場合には、異常機を切離し、減機運転を行う。

#### 4. 開発した新たな技術

多重インバータの統合制御システムで、新たに開発した技術には次のものがある。

- 1) **各インバータ間のパルス位相制御** PWM (plus width modulation) 制御する INV で、パルス位相がずれた場合には過電圧が電動機の巻線間に印加される。この過電圧を防止するために各 INV は同位相のパルスを発生する制御を開発した。  
一方、電動機はパルス位相がずれても支障なく運転できる絶縁耐力の絶縁を施した。
- 2) **各インバータの定電流制御** 多重巻線電動機では、電流アンバランスを防止するために、位相の同期をとりながら定電流制御する技術を開発した。
- 3) **インバータ間の情報交換** キャリア周波数が高い PWM 制御では、各インバータ間を高速で情報交換する制御が不可欠となる。高速な情報交換を行う通信システムの構築と検証を確認した。
- 4) **多重巻線電動機** 通常の多重巻線電動機は複数台中の一部のインバータが切離されると、回転磁界が形成出来ず運転不能となるが、インバータの減機運転が可能な多重巻線構成を構築、検証した。
- 5) **多重・個別切替制御** PM と CP の同時運転及び PM 運転中に INV の保守点検を可能にするため、任意な INV の切離し及び接続機能を構築・検証した。
- 6) **異常機の離し** INV の異常機を自動的に検出し、迅速な減機運転再開への回路を構築・検証した。

#### 5. むすび

小形 INV を使用する多重インバータ統合制御システムは、船内の大容量電動機 (バウスラスト、カーゴポンプ、バラストポンプなど) への応用も可能なもので、この技術の採用によって高効率で設備を有効に利用できる電動化が図れる。

当社は、電気推進システムと補機駆動システムの統合化を進める本システムを含め、今後も船舶のあらゆる機器の電動化を強く推進して行く所存である。

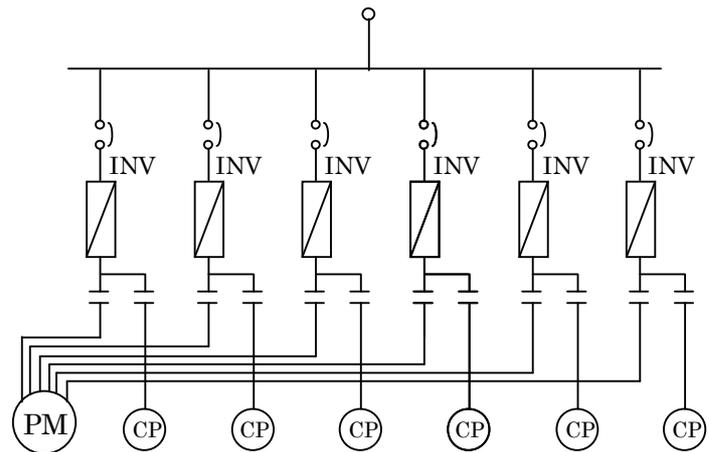


図1 系統図