

1. SHAFT POWER METER (軸馬力計)

1.1. General Description (概要)

KYMA社の軸馬力計はプロペラ回転軸のトルク、スラスト、回転数 (rpm) を連続的に測定するもので、基本的には船用機器として設計されています。

基本構成としては、軸出力センサー (SPS) 部、ディスプレイユニット (KDU) 部の2つのパーツから成り立っています。(Fig 1.1参照)

軸馬力センサー (SPS) は、ストレインゲージの技術を使い軸のトルクとスラストを測定します。システムの構成は、軸の上にクランプされているアルミニウム製の軸リング、その横にある信号受信ユニット、そして信号と電源を接続するターミナルユニットからなります。

軸リングには信号処理や送信用の電子成分が含まれており、又軸リング自体が軸上に貼付けられたストレインゲージの保護の役割をしています。

測定されたトルクやスラストの数値は周波数変調として非接触で軸リングから信号受信ユニットへ送信されます。

軸回転数は軸リング上に取付けられているマグネットと鉄ビスによって測定されます。

軸出力と積算エネルギー値は信号受信ユニットの中の演算処理機能で計算されます。

軸馬力センサーは単独の機器としてシリアルI/Oポートのあるシステムに接続することができます。

表示装置 (KDU) は軸出力と演算値とのやりとりをおこないます。表示装置 (KDU) は通常機関室のコンソールに組み込みますが、御要望に応じて他の場所にも追加の表示装置をリピーターとして接続することができます。表示装置はLCDモジュールと演算処理機とで構成されています。演算処理機はパネルの表示装置の裏側に取付けられます。

表示装置のスクリーンにはいくつかのプッシュボタンがあり、スクリーンのコントラスト、明るさの調整、又、様々なパラメーターや機能の調整に使用されます。インテグレーションタイムは4秒から数時間のあいだで選択することができます、システムの単位もMetricとSIを変更することができます。

下記のデータが本システムで得られる情報です。

Rpm	Power
Torque	Thrust (Optional)
Total Energy	Total Revolutions

表示装置の演算処理機は4つのアナログ出力チャンネルがあり、出力信号も4 - 20mA と 0-20mAを選択することができます。

シリアル信号RS232Cも選択することができます。

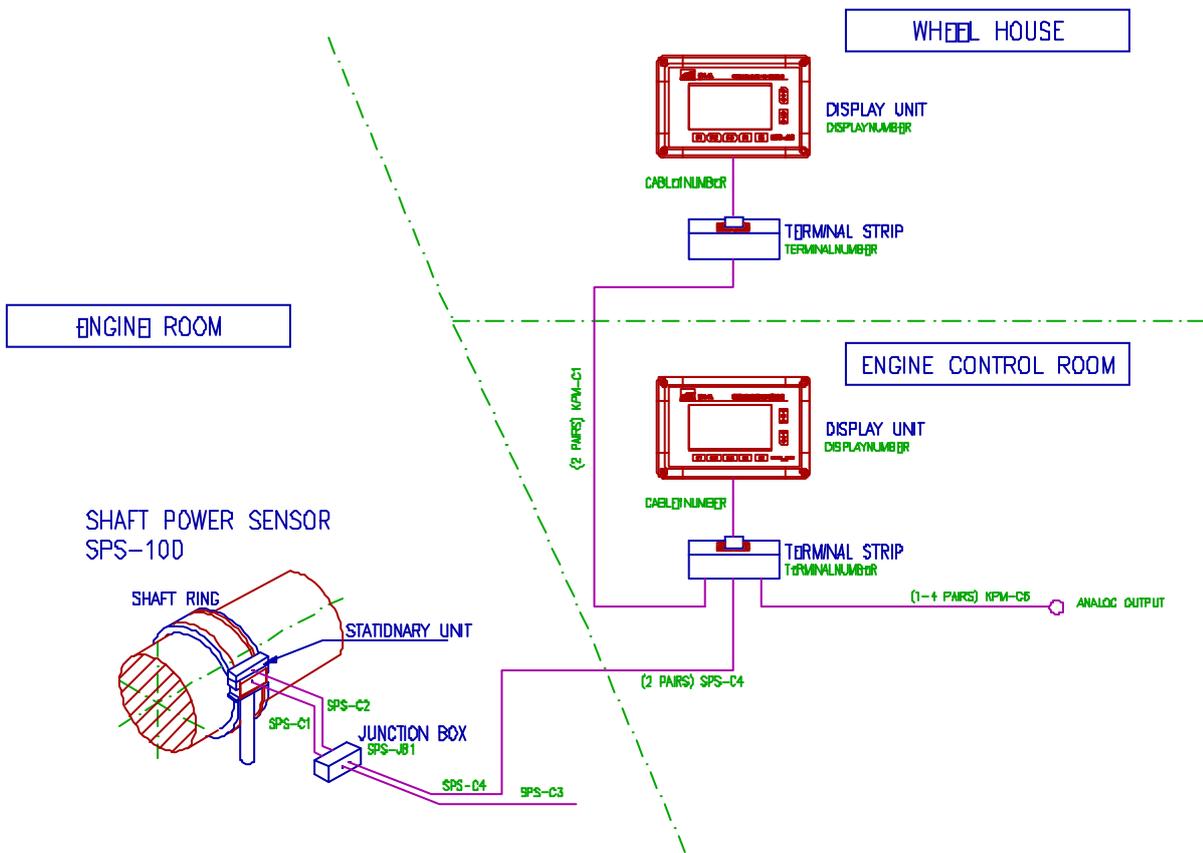
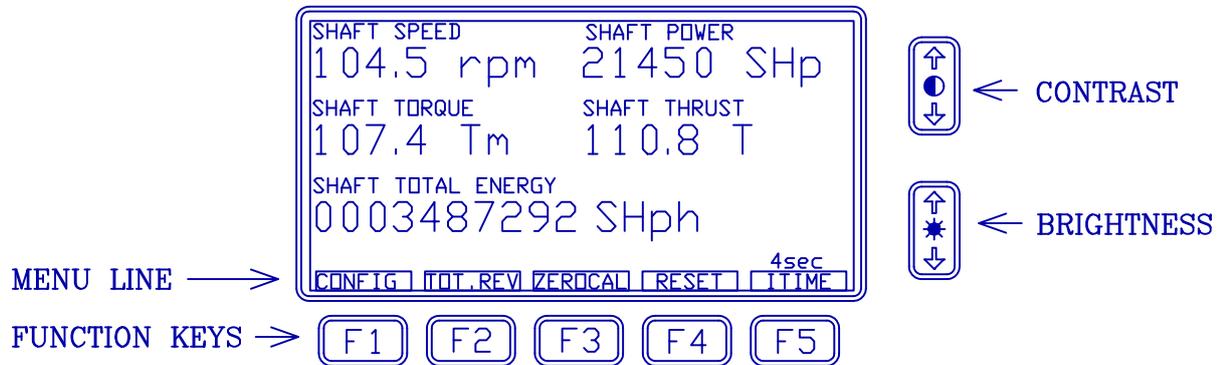


Fig. 1.1
Example of typical system arrangement.

2. SYSTEM OPERATION (システムオペレーション)

2.1. KDU-100 基本操作方法

表示器には9つのプッシュボタン (Key) があります。
機能の説明用に、例として通常の推力データスクリーンを下記に使用いたします。



Contrast

画面はグラフィックLCDスクリーンの複合により、見る角度によって見づらくなります。
一定の角度からの見たとき、スクリーンのテキストが読み難い場合は、このボタンによって調整することができます。

Brightness

LCDの中には蛍光チューブがありスクリーンをライトアップしています。
スクリーンの光の強さはこのBRIGHTNESSボタンによって調整できます。

Function Keys

F1, F2, F3, F4, F5 の5ヶのボタンはFUNCTION KEY と呼ばれます。
これらはMENU LINEの状態によって違う機能を持っています。

Menu Line

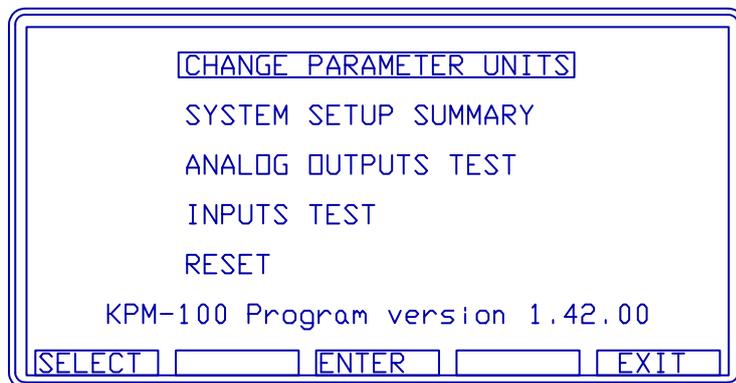
MENU LINEは5種類のフィールドから構成されスクリーンの中の下部に表示されています。
利用できる機能のメニューはスクリーンの下のFUNCTION KEYによって切り替えます。
それぞれのフィールドのテキストは各フィールド (MENU LINE) の下にあるFUNCTION KEYによって表示されます。
スクリーン画面が変わるとMENU LINEも変わりその結果FUNCTION KEYの機能も変わります。

上記スクリーンの MENU LINE は MAIN MENU LINE と呼ばれています。
MENU LINE にある CONFIG, TOT.REV, ZEROCAL, REST, ITIME の意味、機能及び使用方法は次のセクションで詳しく説明いたします。

2.2 Configuration Mode

オペレーターはパラメーター単位を変えることができます。それによりシステムを継続的にチェックしたり、アナログ出力をテストする事ができます。

Configuration mode を Enter すると下記のメニューがスクリーンにあらわれます。

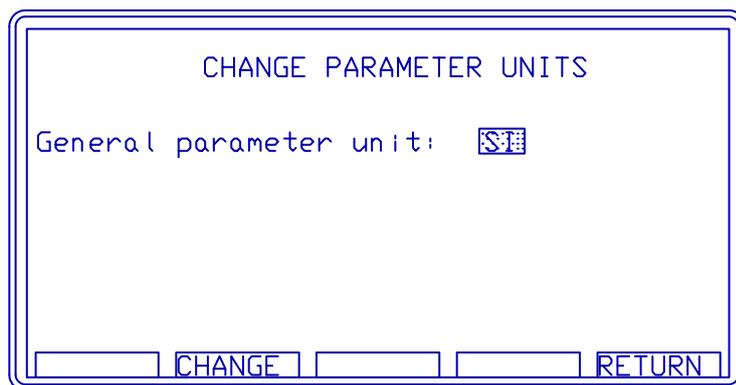


明るく光っている部分は F1 Key (SELECT) を押すことにより上下に動き変更することができます。

メニューの選択は F3 Key (ENTER) を押すとそのとき明るく光っているライン (MENU) が選択されます。通常のスクリーンに戻すには F5 (EXIT) Key を押さなければなりません。

Change Parameter Units (パラメーター単位の変更)

“CHANGE PARAMETER UNITS” ラインが光っているとき、F3 (ENTER) Key を押すと、下記のスクリーンが表示されます。



システムの単位のは、必要とする単位のタイプが表示されるまで F2 (CHANGE) Key を押し続けると選択することができます。

様々なシステムに適応される単位は 単位表の中にあります。Section 2.7. 使用できる単位は SI, Metric, US (british) です。

F5 (RETURN) KEY を押すと Configuration menu が再び現れます。

System Setup Summary (システムセットアップの概略)

System setup summary を入力すると、下記の画面があらわれます

```
SYSTEM SETUP SUMMARY
SYSTEM CONFIGURATION
SHAFT POWER SENSOR
ANALOG OUTPUTS
[SELECT] [ ] [ENTER] [ ] [RETURN]
```

System Configuration (システムの構成)

システム構成は船主殿の仕様に沿って設定されます。F3 を押すと下記の画面があらわれます。

```
SYSTEM CONFIGURATION
Display module number      : KDU/1
General parameter unit    : Metric
Fuel mass parameter unit  : kg
Ship main propulsion type  : Motor
Number of SPS units       : 1
RS232 transmission mode   : Request
RS232 baud rate           : 4800
Is thrust option included? : Yes
KPM program mode          : Normal
[ ] [ ] [ ] [ ] [RETURN]
```

- **Display module number** は現在どのKDU (ディスプレイユニット) が使用されているかを示しています。

KDU/1 はメインのKDU (ディスプレイユニット) で全てのKDUと信号受信ユニットとのデータの流を制御しています。

他のKDUディスプレイユニットはそれぞれ独自の番号を持っており、例えば操舵室やチーフエンジニア室に設置します。

- **General parameter unit** は既定値の単位で、この単位がリセットされる場合に使われます。使用可能な単位は SI とMetric です。セクション2.7.に説明があります。

- **Fuel mass parameter unit** はここでは使用されません。

これは流量計やスピードログからの入力をディスプレイユニットがセットされるときに使用されません。このシステム

はKPM-PFS (パフォーマンスモニター、上級のシステム) と呼ばれています。

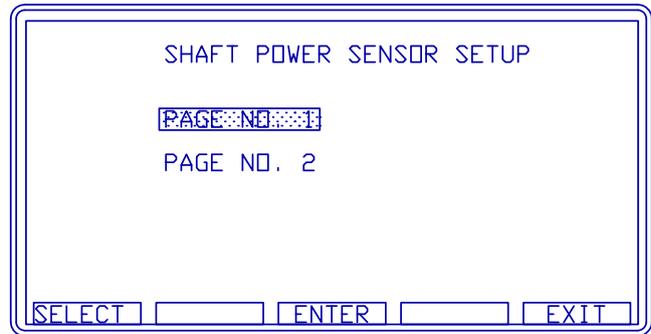
- **Ship main propulsion type** は Motor, Steam, LNG 等に切り替えられます。他のスクリーンの中のディスプレイモードを見て決めてください。

- **Number of SPS units** は1か2に設定してください。

- **KPM program mode** はnormal(ノーマル)とdemo(デモンストレーション)に切り替えることが出来ます。その都度切り替えてください。

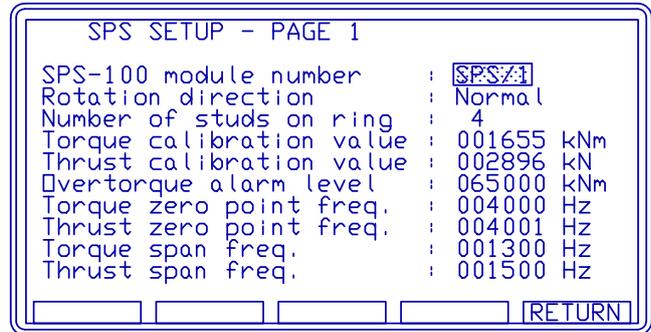
Shaft Power Sensor Setup

軸馬力センサーのセットアップモードは2つのページがあります。先ずNo.1 を選択して**F3 Key (Enter)** を押してください。The SPS setup consists of two pages. Select one and press ENTER (F3):



Page 1:

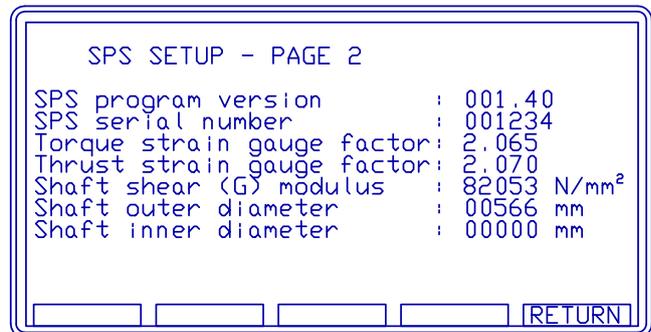
- **SPS-100 module number:** 通常は 1 にセットします。 .
- **Rotation direction:** Normal or inverted (正転又は逆転) .
- **Number of studs on ring:** Normally 4. Can be 1, 4 or 30. New rings have 4 magnets. Earlier rings 30 studs.



- **Torque and thrust calibration values:** Set during production. Ref. section 3.3.
- **Overtorque alarm level:** Set according to customer's specification. In case no overtorque level has been specified, the value 65000 kNm will be entered.
- **Zero point frequencies:** Results of the last zero point calibration, explained in section 2.2.
- **Span frequencies:** Set during installation of the system.

Page 2:

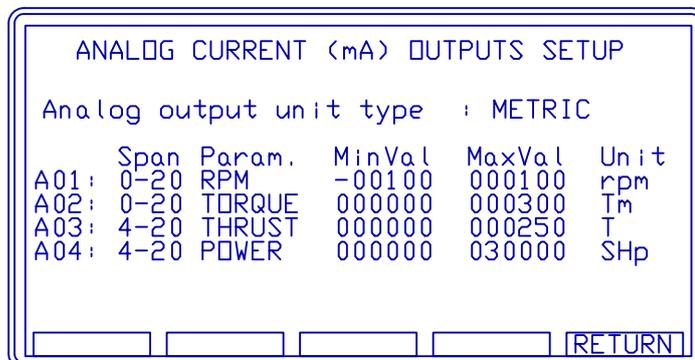
- **SPS program version:** Program in pickup.
- **SPS serial number:** Serial no. of pickup.
- **Strain gauge factors:** From production.



For pickups older than version 1.40, the version number is the only thing displayed.

Analogue Outputs Setup (アナログ出力の設定)

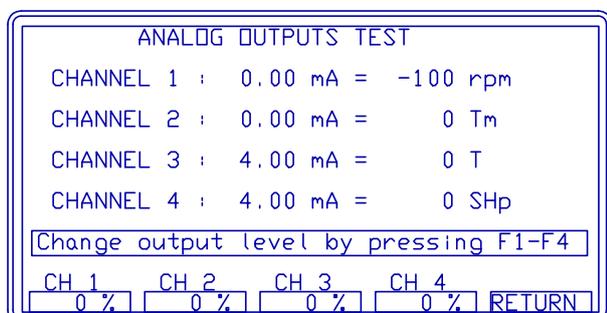
下記のSystem setup Screen が表示されているとき、オプションのアナログ出力は“Analogue Outputs” のラインが光っている時に F1 (SELECT) を押すと選択できます。そして次に F3 (ENTER) を押します。



- **Analogue Output Unit** はMetricと SIに対応することが出来ます。セクション2.7.の単位テーブルに詳しく記載されています。
- **A01…A04** はどの出力がそのラインに表示されているかを表しています。
- **Span** は出力電流をあらわしています。0-20 mA と 4-20 mA が選択できます。
- **Parameter** はどのパラメーターが各チャンネルにあるかを示しています。トルク、スラスト、RPM、出力の4種類があります。
- **Min Val** は各パラメーターの最小出力電流値を表示しています。A01のRPMチャンネルだと100rpmで0mAの電流値となります。
- **Max Val** は各パラメーターの最大出力電流値20mAを示しています。20mAは常に最大の出力電流値になります。
- **単位** はこのスクリーンで最初に選択されます。

Analog Outputs Test (アナログ出力テスト)

このアナログ出力テストはディスプレイが下記の表示をされているときにおこないます。F5(RETURN)を押すと通常運転時のアナログ出力チャンネルが起動します。



Analogue Output Channel の数字はマニュアルのセクション2.2にあるConfiguration Mode と関係しています。

このアナログ出力テストはシステムにアナログ出力があるときだけに関係いたします。

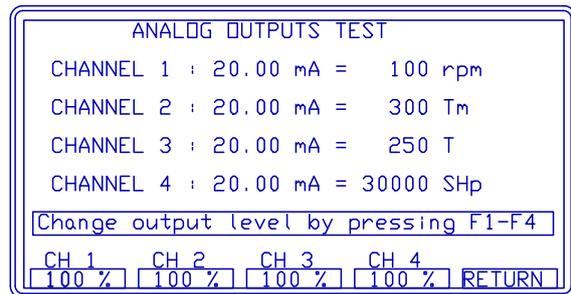
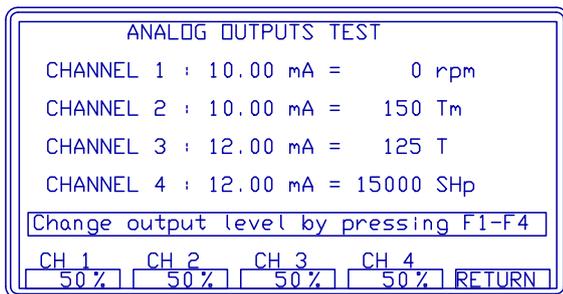
上記ディスプレイのテストスクリーン図はいちばん最初に入力をするときの状態です。全てのチャンネルはミニマムの0%に設定されています。

アナログ出力チャンネルのレベルは0%,50%,100%の間で調整することができます。

F1 Key を押すとChannel1, F2 Key はChannel 2, F3 Key はChannel 3, F4 KeyはChannel 4を調整します。

Pressing **F1 - F4** once gives 50% output :
100%:

Pressing **F1 - F4** again gives



TEST 1 : KDUディスプレイの右側にあるパラメーターのバリュー（rpm, power etc）を比べてください。これはKDUと接続されている機器（ここではエンジンシャフト）の各バリューを示しており、モニタリングシステムとよばれています。

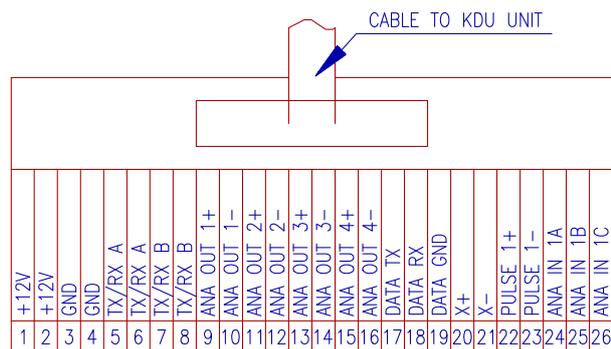
TEST 2 : 出力電流を測定してください。スクリーンの中央に出力電流値（mA）が表示されます。この数値は±0.1mA(フルスケールの0.5%)以内でなければなりません。

注) 測定の前には、外部の機器は取り外しておかなくてはなりません。

アナログ出力電流を測定するには、メーターはターミナルストリップ（端子）のどのチャンネルとも接続されていなければなりません。

接続

Channel No. : 1 2 3 4
 Terminal No. : 9. 10 11. 12 13. 14 15. 16

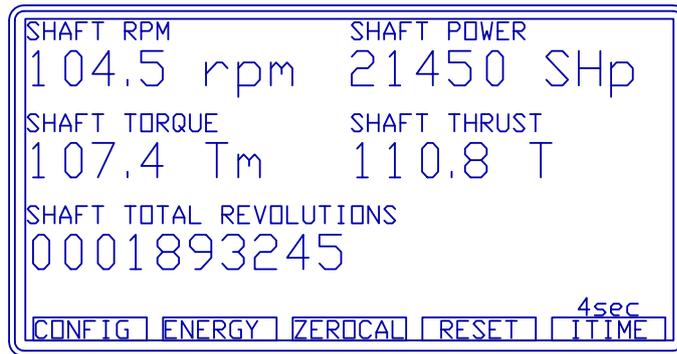


2.3. Totalizers(counters)

軸馬力計には2つの計算機能がついています。ひとつはエネルギー用、もうひとつは軸の回転数用です。

システムの電源を入れると通常のデータスクリーンが現れます。その項目の中のひとつにトータルエネルギーがあります。

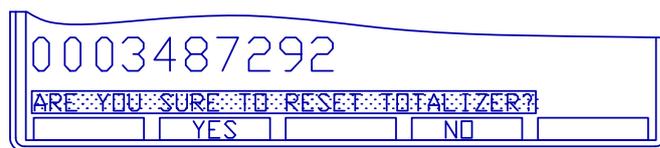
F2 Key (TOT.REV) を押すとトータルの軸回転数（SHAFT TOTAL REVOLUTIONS）が表示されます。



F2 Key (ENERGY) をもう一度押すと再びトータルエネルギーが表示されます。

2.4. Resetting Totalizers

F4 Key (RESET)を押すと表示されているトータル数値はリセットされゼロ(0)になり、それまでの積算された数値は消えてしまいます。間違ってもトータル数値を消してしまうことを避けるため、F4 Keyを押したとき最初に下記のスクリーンがあらわれます。



トータル数値をリセットすることを再度確認したらF2 Key (YES)を押してください。数値はゼロにリセットされノーマルメニュー画面が現れます。

リセットをしたくない場合はF4 Key (NO)を押してください。リセットされない状態でノーマル画面が現れます。

2.5. Zero Point Calibration

出力の読み取りの精度を確保するために、機器のゼロ点調整（補正）は1年に1回か2回実施しなければなりません。

補正は船が停泊中か海流の少ない場所にアンカーを下ろしているときにおこなってください。

有利点としてはシャフトが止まってから時間をおかなくて、シャフトやトランスデューサーが通常温度の状態でも補正作業をおこなうことができます。

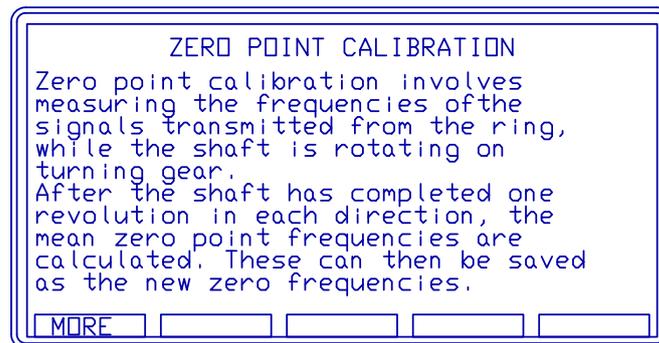
ゼロ点補正はシャフトを正転、逆転各一回転する間におこなえます。

シャフトにかかる曲げの力や軸受けの摩擦からくる負荷の変化を消すためにこの作業はおこなわれます。

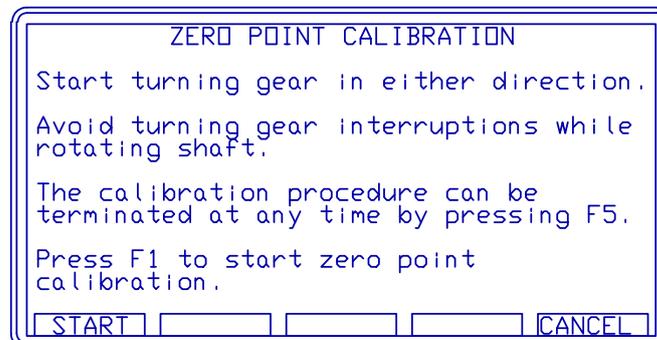
メインメニューが下記の画面のとき、**F3 Key (ZEROCAL)** を押すと手順が表示されます。

オペレーターは各段階で何をおこなうのかわかるようになっています。

最初のスクリーンは補正作業の手順について表示します。



作業手順において、**F1 Key (MORE)** を押すと、詳しい情報が表示されます。



ターニングギアをスタートさせてください。回転方向はどちらでも構いません。
シャフトが回転しているあいだは、**F1 Key (START)** は押されなければなりません。

警告！

ターニングギアによるシャフトの回転は両方向とも完全に一回転するまでは、止めないようにしてください。いちど止めてからスタートをすると一時的に音波が変かしてしまいゼロ点調整の精度が悪くなってしまいます。

F1Key を押すと下記の画面があらわれます。

```
ZERO POINT CALIBRATION
Old zero point freq. [Hz] : TORQUE THRUST
                             4012 3999
1st dir. mean freq. [Hz] :
2nd dir. mean freq. [Hz] :
Current measured f. [Hz] : 4015 3983

First direction : nn% completed
Second direction: 0% completed

[ ] [ ] [ ] [ ] [CANCEL]
```

スラストが仕様に入っていない場合、スラスト関係の
数値はブランクになっています。

ディスプレイの周波数の数値は左側の数値がトルク用、右側の数値はスラスト用になります。

最初にある “Old zero point freq” の数値は現在使用されているシステムのゼロ点の数値です。

“1st direction mean freq” の数値はシャフトが回転している間に取られた周波数を計算してだされた数値で、最初の回転が終了するまでディスプレイにはあらわれません。

“2nd direction mean freq” も同様に2回目の回転が終了されるまで数値はディスプレイにあらわれません。

“Current measured freq” は数値が毎秒更新されます。これは回転角度によるゼロ点周波数の変化を確認することができます。通常誤差は±2%以内になります。

“% completed” の数値は補正がどの程度すすんでいるかを現しており数値は徐々に増えていきます。

このシステムは自身で補正を完了したかを検知し、終了すると下記の画面があらわれます。

```
ZERO POINT CALIBRATION
Old zero point freq. [Hz] : TORQUE THRUST
                             4012 3999
1st dir. mean freq. [Hz] : 4013 3981

Start turning gear in opposite
direction, then press F1 to resume
the calibration procedure.

First direction : 100% completed
Second direction: 0% completed

[RESUME] [ ] [ ] [ ] [CANCEL]
```

ターニングギアのローテーションが1回転終了したら、今度は反対方向に1回転させてください。そして同様に F1Key を押してください。

F1 Key を押すと下記の画面が再びあらわれます。

ZERO POINT CALIBRATION			
	TORQUE	THRUST	
Old zero point freq. [Hz] :	4012	3999	
1st dir. mean freq. [Hz] :	4013	3981	
2nd dir. mean freq. [Hz] :			
Current measured f. [Hz] :	4029	4007	
First direction :	100% completed		
Second direction :	0% completed		
			CANCEL

この画面では " First direction " が100% 完了しています。

" Second direction nn% completed " の数値はシャフトが回転しrpmペグ?が検知されるとともに増えていきます。

" 1st dir. mean freq " のラインは計算された数値が表示されています。

2回目の回転(逆転)が終了すると下記のが表示されます。

ZERO POINT CALIBRATION			
	TORQUE	THRUST	
Old zero point freq. [Hz] :	4012	3999	
1st dir. mean freq. [Hz] :	4013	3981	
2nd dir. mean freq. [Hz] :	4026	4006	
New zero point freq. [Hz] :	4020	3994	
Zero point calibration is now finished. To save the new zero point frequencies and return to the normal screen, press F1. To return without saving, press F5.			
SAVE			CANCEL

" New zero point freq " は両方向の回転で計算された数値の平均値を画面の中央に表示しています。数値は通常3500Hz から4500Hz の間になります。

このマニュアルの最後 (chapter 6) にある補正表に時間毎のゼロ点数値の傾向を記録していくことをおすすめします。

新しいゼロ点数値を保管するにはF1 Key を押してください。

新しい数値がノイズや他の要因によって、明らかにダメになった場合F5 Key (CANCEL) を押していちどその数値を破棄してください。

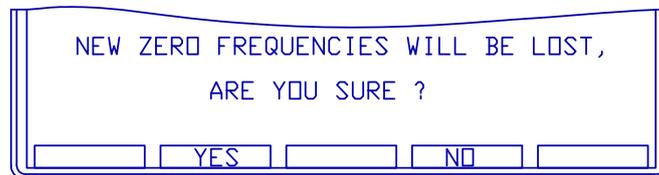
補正の時間がかかってしまい、間違ってSAVE や CANCEL Key を押してしまった場合、数値の消失を防ぐため保護機能が付いています。

F1 Key (SAVE) を押すと下記のメッセージが画面にあらわれます。



オペレーターはF2 Key (YES) を押すと新しい数値はセーブされ通常のTTM画面に戻ります。間違ったKey を押してしまった場合、F4 Key (NO) を押すと前画面に戻ります。

F5 Key (CANCEL) を押すと、下記の画面があらわれます。



F2 Key (YES) を押すと新しい数値は消失され通常のTTM画面に戻ります。間違ったKey を押してしまった場合、F4 Key (NO) を押すと前画面に戻ります。

2.6. Integration time

パラメーターの数値は一定時間で集めた数値の平均値を画面に表示しています。この時間を” Integration Time” といいます。パラメーターの数値は再計算され画面は毎秒更新されます。従って、Integration Time が15分にセットされると画面の数値はもっと頻繁に変化します。Integration Time はご希望の時間が画面のメニューの上部に現れるまで、F5 Key (ITIME) を繰り返し押すことにより設定することができます。

最小設定時間は4秒です。

Table of Units

この一覧表はそれぞれのパラメーターにどの単位が表示されるか、又どの単位を選択できるかをあらわしています。

PARAMETER UNIT			
PARAMETER NAME	SI	METRIC	US (British)
SHAFT SPEED	rpm	rpm	rpm
SHAFT POWER	kW	SHp	SHp
SHAFT TORQUE	kN m	Tm	ftlb
SHAFT THRUST	kN	T	lb
SHAFT TOTAL ENERGY	kW h	SHp h	SHph
SHAFT TOTAL REVOLUTIONS			

注意)

画面でパラメーターの数値や単位を全て現すにはスペースに限界があります。従ってトルク値は 14470000 ftlb は 1447 E4 ftlb , スラスト値は 38560000 lb は 3856 E3 lb と表記されます。

2.8.Conversion Factors

Power	: 1 kW	= 1.3596 SHp (Metric)	= 1.3412 SHp (US)
Torque	: 1 Tm	= 9.81 kNm	= 7.233E3 ftlb
Thrust	: 1 T	= 9.81 kN	= 2.2046E3 lb

3. SHAFT POWER SENSOR, SPS-100

3.1. Parts

シャフトパワーセンサーは主に3つの部品から構成されています。

- 軸リング
- 信号受信検出器 : これは受信器と電源とからなります。
- 端子箱

Rotating Unit (軸リング)

軸リングはアルミニウムでできており、トルクトランスデューサー、スラストトランスデューサー（オプション）、電源、回転用の信号発生用スタッドが中にはいっています。軸リングはシャフトにクランプします。

シャフトの歪みを測定するために、4つのストレインゲージがシャフトの上に貼られ、それらは電気抵抗測定器に接続されています。電気抵抗測定器はトランスデューサーから直接くる電源をもっておりません。 電気抵抗測定器からの信号はDCVでトランスデューサーへ入力されます。

トランスデューサーからの出力は周波数変調でゼロ点では約4000Hzでそれは2000Hzまで増えていきます。周波数変調は軸リングの溝に取り付けられているアンテナに導かれます。溝に組み込まれているアンテナはトルク用のアンテナで回転数計測用ベグのいちばん近いところにあります。スラスト用のアンテナはリング反対側の溝の中にあります。

トルク用とスラスト用のトランスデューサーは同じものを使用しています。しかしながらスラストからくる歪みの大きさはトルクからくる歪みの大きさよりも小さいので、スラスト用のトランスデューサーはトルク用のものよりも感度がよくつくられています。それはトランスデューサープラグの中にシールされている抵抗の違いによるものです。

トランスデューサーの電子部品は絶縁体のエポキシ樹脂でできたカプセルで保護されています。

Receiver Unit (信号受信検出器)

Stationary receiver unit (信号受信検出器又はクアアップユニット)はトルクとスラスト信号の受信機と回転計測用のベグ用の近接スイッチからなります。

リングからの信号はマイクロプロセッサによって解析されます。そして読みやすい数値に変換されません。そしてこの数値は軸馬力やエネルギー値に計算されます。エネルギーとトータル回転数のカウンタ値は継続的に更新されます。

データの送信についてはセクション3.2を参照してください。

電子部品はアルミウム箱の中に防水用の絶縁体で保護された状態ではいっています。

アルミウム箱はリングの横にあるスタンドに埋め込まれています。

基本的には信号受信検出器と軸リングの間のクリアランスは約2~3mmに調整されていなければなりません。

信号受信検出器は端子箱 (JB1) の中にあるAC/DC供給モジュールから12VDCが供給されます。

Power Supply

電源 (Power Supply, トランス) は100~240VACです。 ???????

ピックアップユニットと同じスタンドの上の防水用絶縁体内部を保護されたアルミニウムボックスの中にあります。電圧の損失、オーバーヒートを防ぐためSection 3.5.の通りにリングとの間のクリアランスは必ず設けてください。

Junction Box

ピックアップユニット及び電源からのケーブルは保護用ホースで保護されておりJunction Box(接続箱)に接続されています。シリアル通信は通常KDU (ディスプレイユニット) に送られます。AC/DCコンバーターは12VDCに変換し受信器とKDUに供給します。

3.2. Data Transmission Format

算出されたデータ - の数値はテキストデータとして外部機器 (通常はKDUディスプレイユニット) 送られる前に、ASCIIに変換されます。又、外部機器はKDUでなくてもシリアルポートを持つマイクロプロセッサであれば可能です。

データのフォーマットは以下の通りです。

```
SA#1#2,torque,thrust,rpm,power,energy,tot.rev<CR><LF>
```

Parameter #1 is the module number of the pick-up.

Parameter #2 is a code : A - normal, B - overtorque.

Torque, thrust, rpm, power, energy and tot.rev are ascii strings of the corresponding values.

<CR> is hex code OD_H for Carriage Return.

<LF> is hex code OA_H for line feed.

A typical example of a data string will be:

```
SA8A,1074,1108,1045,21450,0003456789,0000343434
```

which means that the parameters have the following values:

torque = 107.4 Tm

thrust = 110.8 T

engine speed = 104.5 rpm

power = 21450 SHp

energy = 3456789 SHph

total revolutions = 343434

注意)

トルク、スラスト、rpmの数値は十進法ですが、小数点は送られません。

上記パラメーターの単位は METRIC ですがデータの単位を SI にすることもできます。

詳細は Section 2.7. Table of Unit と Section 2.8. Conversion Factors をご覧ください。

外部機器に接続する場合も受信器は仕様されたインターバルでデータを送信するようセットすることができます。

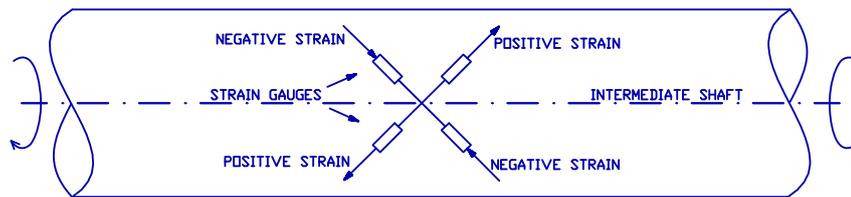
3.3. Principles of operation

Torque measurement.

ねじりの力がかかったとき、軸の表面には45° の方向に引っ張る力がかかります。このねじりによりひずみはストレインゲージにより測定することができます。

ストレインゲージは細いワイヤーがプラスチック片に平行に固定されて構成されています。ストレインゲージの原理はゲージに機械的な力が加わったとき、その力による伸張と比例してゲージの抵抗が変化することを利用してしています。

4個のストレインゲージを軸の上にブリッジ状に取り付けます。(下図参照) 2個はPositive Strain (外側にかかる力)と平行に、もう2個はNegative Strain (内側にかかる力)と平行に取り付けます。これはホイートストンブリッジ (Wheatstone bridge) と呼ばれます。



このトルクの数値を計算式であらわすと・・・。

$$M = \varepsilon G W / 2 \quad \text{kNm}$$

where $W = \pi D^3 / 16$ (Modulus of resistance)

D = shaft diameter m

G = shear modulus (typ. $8.18 \cdot 10^7$) kN/m^2

ε = relative elongation m/m

ひずみの方向による伸縮の関係は・・・。

$$\varepsilon = \Delta l / l = 8 M / (\pi G D^3) \quad \text{m/m}$$

トルク、出力 (kW) 、回転数 (rpm) の関係は下記の方程式であらわされます。

$$M = 9.552 P / n \quad \text{kNm}$$

ひずみ、抵抗値、電圧の関係は下記の通りとなります。

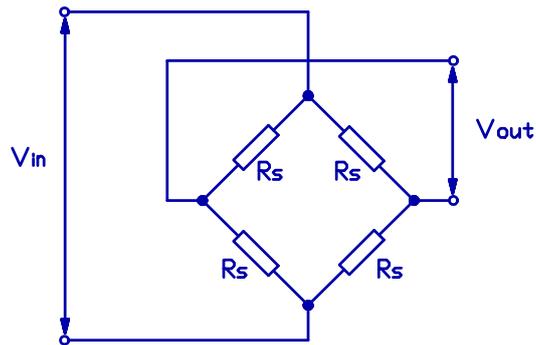
$$\varepsilon = \Delta l / l = \Delta R_s / (R_s e k) = 4 V_{\text{out}} / (V_{\text{in}} e k)$$

where e = bridge factor (= 4 for torque measurement)

ΔR_s = resistance variation caused by strain

R_s = 350 Ω , strain gauge resistance.

k = strain gauge factor (2.00 - 2.10)

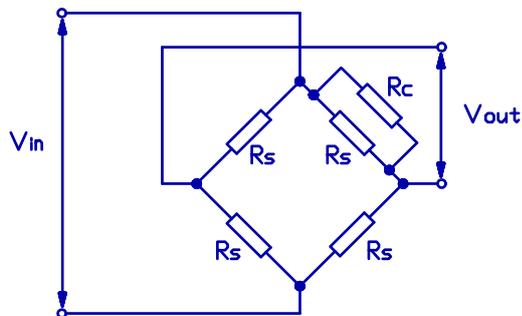


ゼロトルクの場合全てのストレインゲージの抵抗は同じでバランスがとれており出力電圧はゼロになり、その出力は軸の横にあるピックアップユニット（受信機）に送られます。コンタクトレス送信をするために、信号は先ず音波に変換（周波数）されます。ゼロ出力電圧、いわゆるゼロ点での周波数は3500~4500Hz になります。Positive 方向の出力電圧に対して周波数は比例して増加していきます。

$$V_{out1} = c (f_1 - f_0)$$

回路ブリッジのゼロ調整はターニングギアで軸を両方向に1回転ずつ回すことにより行われます。記録された平均周波数値がゼロ点とされます。ゼロ点調整方法はSection 2.5. を参照ください。

スパン調整はインストレーションの時に行われます。これは回路ブリッジの抵抗のひとつに平行に追加抵抗を設け出力最高値を模擬しておこなわれます。



この抵抗は補正抵抗 R_c (Calibration resistance) と呼ばれており、仕様は通常 $150k\Omega \pm 0.1\%$ です。この R_c は回路抵抗ブリッジに下記の計算でバランスの不均衡を生じさせます。

$$\Delta R_s = R_s - \frac{R_s R_c}{R_s + R_c}$$

抵抗、張力、トルクの関係は全章で説明しましたが、補正抵抗 R_c のトルクは下記の2つの計算式であらわされます。

$$\varepsilon = \Delta R_s / (4k R_s)$$

$$\varepsilon = M / (\pi G D^3)$$

$$\text{giving } M = \frac{R_s}{R_s + R_c} \frac{\pi G D^3}{32k} \quad \text{kNm}$$

補正抵抗のトルク M は軸データーから計算されます。
この数値は機器の中に変化しないようにメモリーされておりトルク M と一致します。

機器のスパン調整は一回だけで完了します。
ゼロ点周波数はばらつく場合があるので、定期的に補正しなければなりません。

トルク測定用のブリッジは下記の利点があります。

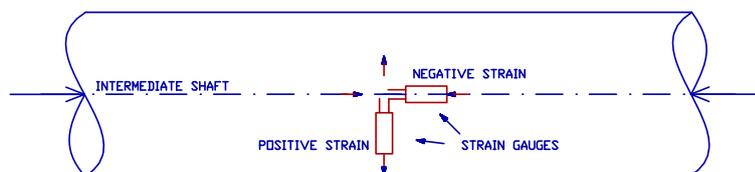
- 温度の影響を受けない
- 曲げ力の影響を受けない
- 通常の外力の影響を受けない

トルク測定の基本的な精度は

- 絶対精度 : 測定トルク値の $\pm 0.5\%$
- 相対精度 : 測定トルク値の $\pm 0.5\%$ (ゼロ点調整の状態によります。)

Thrust measurement.

スラストの測定は4ヶのストレインゲージが2枚ずつペアで軸上で正反対の位置に貼り付けます。
ペアのストレインゲージの1つは軸に沿って、もう1つは軸に対して 90° の方向に貼りつけます。
図を参照ください。



縦方向の圧縮量は下記の計算で求められます。

$$\varepsilon = T / (E A)$$

where $T = \text{thrust} \quad \text{kN}$
 $E = \text{elasticity modulus} \quad (\text{typical value} : 2.06 \cdot 10^8 \text{ kN/m}^2)$
 $A = \text{shaft cross sectional area} \quad \text{m}^2$

ε とストレインゲージブリッジの抵抗関係は・・・。

$$\varepsilon = \Delta R_s / (2.5 k R_s)$$

The number 2.5 is the bridge factor, saying that 2 gauges are 100% active and 2 gauges are 25% active. That is $1+1+0.25+0.25 = 2.50$.

The number 0.25 is in fact the Poisson number, giving the relation between longitudinal compression and radial expansion of a steel shaft.

k is the strain gauge factor, (= 2.1).

Combining these two expressions for ϵ , and inserting the expression for R_s with a calibration resistance R_c , the span setting for thrust can be calculated from:

$$T = \frac{R_s}{R_s + R_c} \frac{AE}{2.5k4} \text{ kN}$$

ゼロ点調整とスパン調整はトルクのとおりと同じ方法でおこなわれます。

このブリッジによるスラスト測定は以下の利点があります。

- 温度の影響を受けない。
- 曲げモーメントの影響を受けない。
- ゲージが正確に貼られていればトルクの影響を受けない。

スラスト測定の基本的な精度は :

- 絶対精度 : $\pm 5\%$ (軸の特性による)
- 相対精度 : $\pm 2\%$ (ゼロ点調整の状態による)

3.4. Disassembling the Stationary Unit (信号受信ユニットの取外し)

図面番号 SPS-201, SPS-202, SPS-208 を参照ください。

中間軸を取り外す場合、機器を保護する為、下記の手順を守ってください。

- a) 先ず、機器の電源を切ります。もし信号受信ユニットとリングのクリアランスが規定値 (Max,2.5mm) よりも広がっている場合、オーバーヒートが起こっている可能性があります。注意してください。
- b) 止めてある4つのねじを緩めて信号受信ユニットを取り外してください。
- c) 信号受信ユニットは落としたりしないよう安全に取り扱ってください。又、信号受信ユニットは作業スペースから離れた場所に保管してください。
- d) 受信ユニットのスタンドがリングを傷つけないように取外してください。
- e) 受送信ユニットのスタンドがリングと干渉する場合はスタンドは先に取り外してください。

3.5 Reassembling the Stationary Unit (信号受信ユニットと取り付け)

- a) シャフトを入れ替えたら再び信号受信ユニットを組み付けます。
- b) ?????
- c) リングを取り付けるときは信号受信ユニットを取り外してください。
信号受信ユニットを取付け金具のいちばん上に取り付けてください。そしてリングとの隙間を2.5mmになるよう調整してください。信号受信ユニットのいちばん上にアルミニウムの小さな溝があるますが、それは横からの調整をおこないやすくする為のものです。
- d) 信号受信ユニットは、溝がリングの右端と一直線上になるよう、横から調整をおこないます。
リングの中にあるマグネットはリングの表面と同じ高さにあり、塗装をすると非常に見づらいので、

リングの端と小さな溝が一直線上にすることによって判りやすくしています。

e) 主電源をいれてください。

METHOD OF CALCULATIONS

Shaft Power Meter Data

Shaft power is calculated from measured torque and revolutions from the equation:

$$P = Mn / 9.552 \text{ kW}$$

where M = Torque in kNm
 n = revolutions in rpm

Total energy output is calculated from integrating shaft power over time:

$$E = \int_0^t P dt \text{ kW}$$

where t = time since last reset.

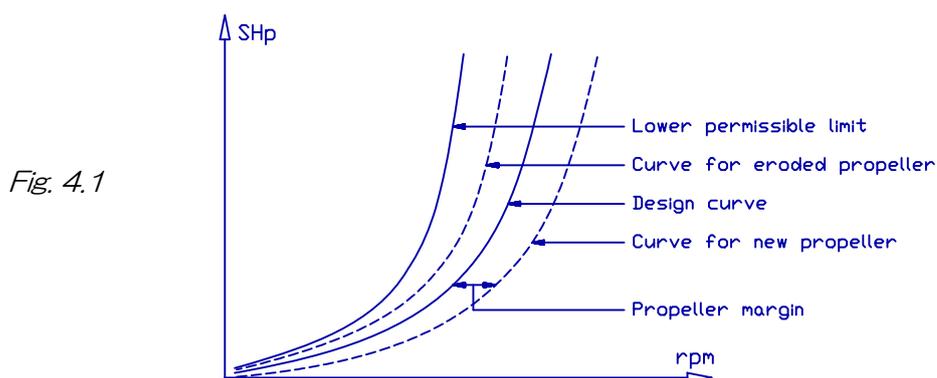
For a fixed propeller (constant pitch) there is one useful relation to be noticed:

$$P = cn^3$$

ie. shaft power is proportional to shaft revolutions cubed.

The proportionality factor c is constant for a vessel at a certain draft. This means that for each level of power delivered to the propeller shaft, the response will be a definite level of propeller speed.

This relation between power and revolutions for a fixed propeller is called the propeller curve. See fig. 4.1.



プロペラのカタが増えていくと、出力は同じでも回転数は下がっていきます。
 このことは増加したトルクがプロペラ（エンジン）に高い負荷を与えることとなります。
 船体の汚れはプロペラの対水速度を下げてしまい、プロペラのスピードを落としてしまいます。同じこ
 とは荒天の場合も考えられます。
 特に重いプロペラの場合は、エンジンに過負荷を与えないように注意してください。

下限の出力と回転数の関係は4.1に表されています。

前ページの出力と回転数の関係図はある程度のマージン（安全率）が含まれています。それは船が新しい場合出力と回転数の関係が図（カーブ）の右側になるようになっていきます。

If power and revolutions are known for one point (1) on the propeller curve, an other point (2) on the curve can be found from the relations:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

SYSTEM SPECIFICATIONS

Shaft Power Sensor, SPS

Power supply: 100-240 Volt AC, 48-62 Hz.
 Power consumption: 70-100W depending on ring size and system configuration.
 Fuses: Two fuses inside Junction box, 1.6 A, 20 mm.

Data interface: Serial RS-485 signal, ASCII coded output data, 4800 Baud
 Consult Kyma for more detailed specifications if necessary.

Dimensions:

Stationary unit:	250 x 180 x 120 mm (W x H x D) Weight: 8 Kg
Junction box:	180 x 120 x 100 mm (W x H x D) Weight: 2 Kg
Rotating unit:	Diam. x 190 x 30 mm (Dia x W x H) Weight: 20-40 Kg

Kyma Display Unit, KDU

Power supply: 12V DC, 0.2-0.5Amp. (Delivered from SPS-100 power supply)

Dimensions:
 For bracket mounting, front- and rear part as one: 240 x 161 x 118 mm (W x H x D)
 Weight: 3.4 kg

For flush/panel mounting, front and rear separated:
 Front part : 240 x 161 x 49 mm (W x H x D)
 Rear part : 240 x 161 x 69 mm (W x H x D)

Optional Analog Outputs

Up to 4 channels of 0-20 or 4-20 mA current loop outputs. The channels are non-isolated and have common ground potential. Max. load resistance is 300Ω for each

channel. For systems requiring 0-5 Volt input, use 0-20 mA option and connect a 250 Ω resistor across the input terminals of the datalogging equipment.

The output channels are programmed for Torque, Thrust, RPM, Power, SFR_{actual}, SFR_{corrected}, Ship Efficiency and Propulsion Efficiency signal output.

Optional Serial I/O

One RS-232 I/O channel is available for transmission of data to other computer equipment with serial communication capability. The Rx, Tx and Ground terminals on this output channel is electrically isolated from the rest of the KDU system. The possibility of ground fault loops when connecting to another computer system is therefore eliminated. Consult Kyma for specific details of transmission protocol and data format.