



台灣國際造船股份有限公司
CSBC CORPORATION, TAIWAN

船舶電機各基本計算書

- 設計處電機設計課
機能設計 張智凱





目錄：

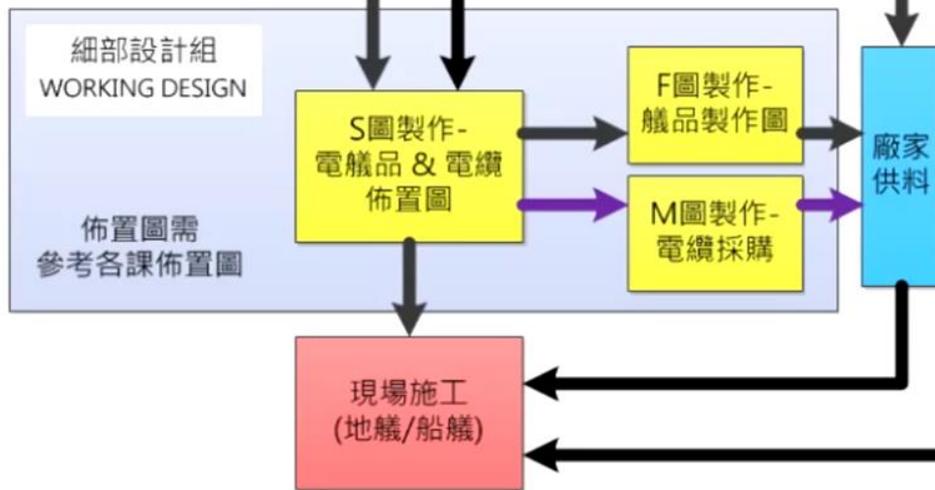
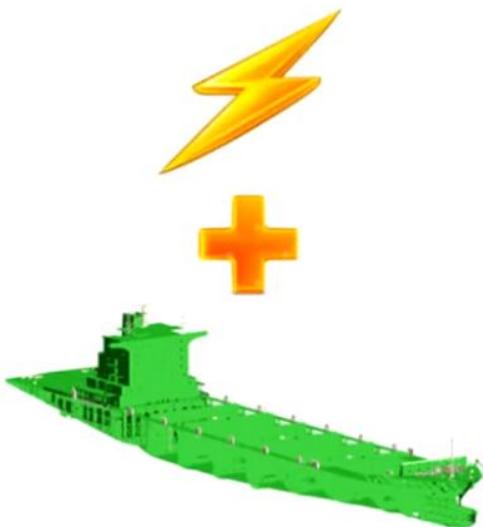
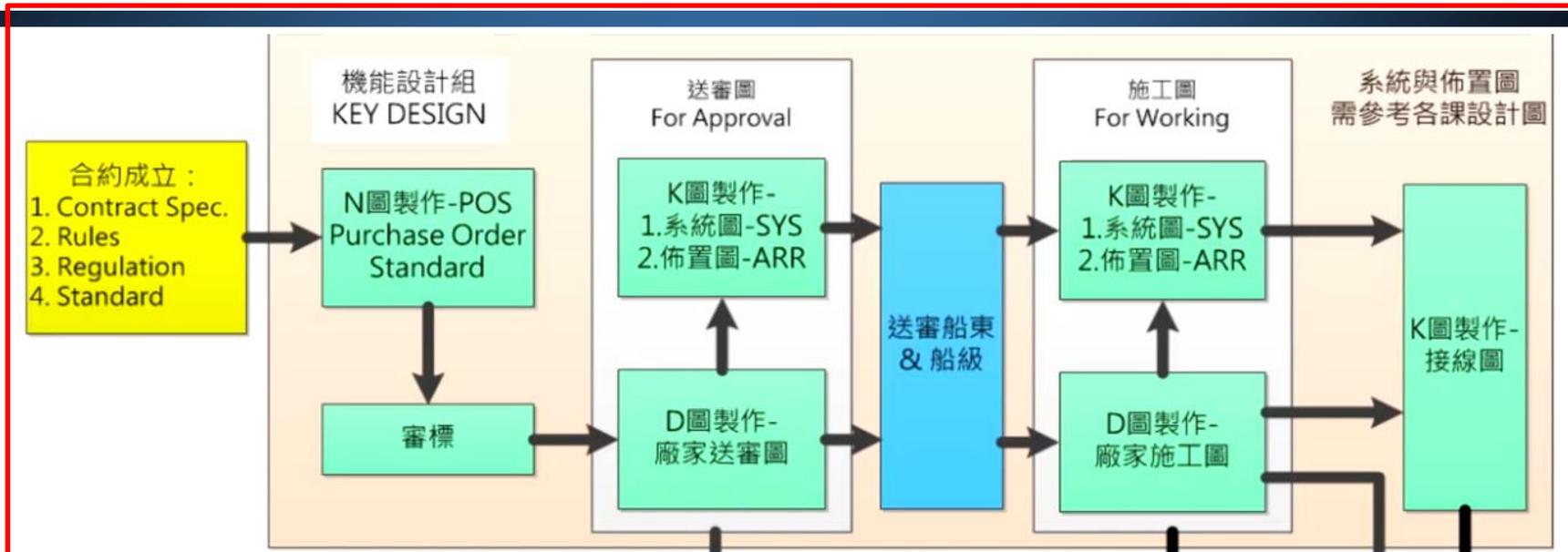
1. 機能設計簡介

2. 電機基本計算

- 船用負載分析
- 短路電流計算書
- 順序啟動計算書
- 照度計算書



機能設計工作





船舶設計規劃

1. 基本規格

船型、尺寸、推進種類、特殊需求(DP)

2. 船速

任務型態(推進能力)

3. 發電引擎選型

依尺寸、燃料、動力需求選型

4. 電力負載計算

預估負載(推進、輔助設施與特殊裝備)，
決定發電機大小

5. 配電設施選型

6. 成本



船舶設計規劃

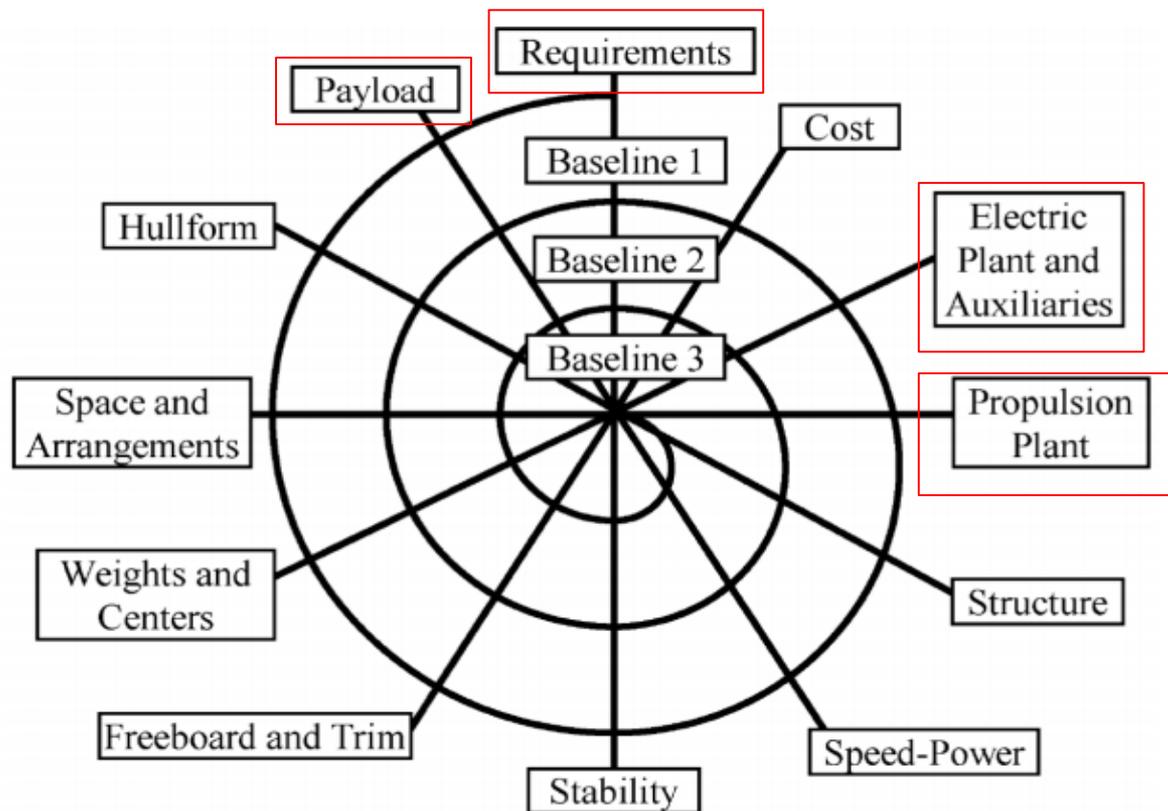
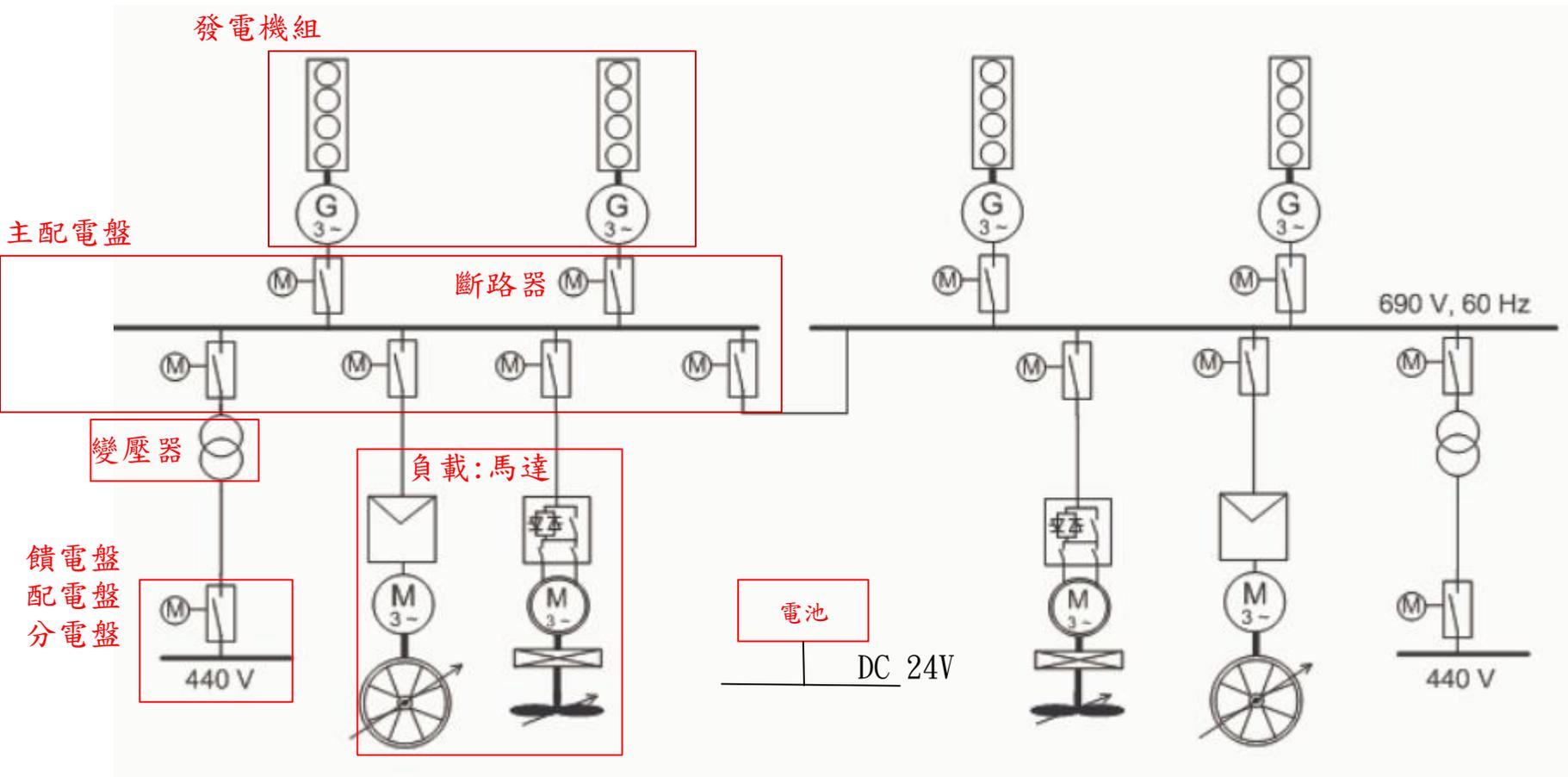


Fig. 5. Spiral ship design process [15].

Source: All-Electric Ship Design: From Electrical Propulsion to Integrated Electrical and Electronic Power Systems



配電架構





船舶電機各基本計算書

船用負載分析 (LOAD ANALYSIS)

1. 負載分析(交流)
2. 電池負載(直流)分析
3. 變壓器負載分析
4. UPS不斷電負載分析



負載分析 (Load Analysis)

計算**主要**目的：

1. 計算電源供應是否充足， $P_{\text{供電量}} > P_{\text{設備使用量}}$ 。
2. 估算配電系統總容量。
3. 確保配電設備在正確的設定下運行。

考量的參數

1. 電源來源，如：交直流發電機、電池、變壓器。
2. 供電的組態(船況)，針對大型負載。
3. 基本負載需求(一般設備)，如：航儀、生活設施。
4. 負載使用率與狀態。



負載分析 (Load Analysis)

特殊考量，如：

1. 實際規劃，會考量多部發電機供應 $P_{\text{供電量}} = \sum P_{\text{generator}}$
2. 安全係數，安全係數依據：
協會規定、**設計冗餘**，使用率限制在一定比例以下。
3. 客戶需求。

負載分析結果：

通常以使用率呈現，方便作為判斷依據

$$\text{使用率}(\%) = \sum P_{\text{load}} \div \sum P_{\text{generator}} \times 100\%$$





負載分析 (Load Analysis)

以下是完成初步設計所產出的規範書

初步設計會**估算**負載需求，並設定出各個船況下，所使用的發電機數量。

12) Service

In general, the main generators shall serve as follows:

	<u>Generator</u>
At normal sea going without reefer container	One (1)
At normal sea going with reefer container	Two (2)
At leaving & arriving with bow thruster without reefer container	Two (2)
At leaving & arriving with reefer container and bow thruster	Three (3)
At cargo handling with reefer container	Two (2)
At port without reefer container	One (1)

Notes:

1. Required power of reefer containers shall be assumed as follows:

$$11.0 \text{ KW} \times 300 \text{ (FEU)} \times 0.6 \text{ (LF)} = 1,980 \text{ KW}$$

Additional 53 sets of reefer container socket to be provided for flexibility without increase of existing generator's capacity.

2. Each generator capacity to be designed not over 85% of rated load in any service condition.

3. Load factor of bow thruster shall be assumed 85%.

發電機的數量，不是隨意設定的，會影響到燃油消耗，進而影響續航力

發電機引擎使用率若過低，燃油效率就低，會多浪費油料

所以必須依負載的總量，調整發電機運作的數量，但又不能導致過載。

左邊的規範書要求，發電機使用率不得高於85%，是依據客戶需求設定。

設定值越高，發電機將處於長期高負荷運轉，依照特性可能導致維修頻率高

設定值低，燃油效率低
耗油、燃油花費高



負載分析 (Load Analysis)

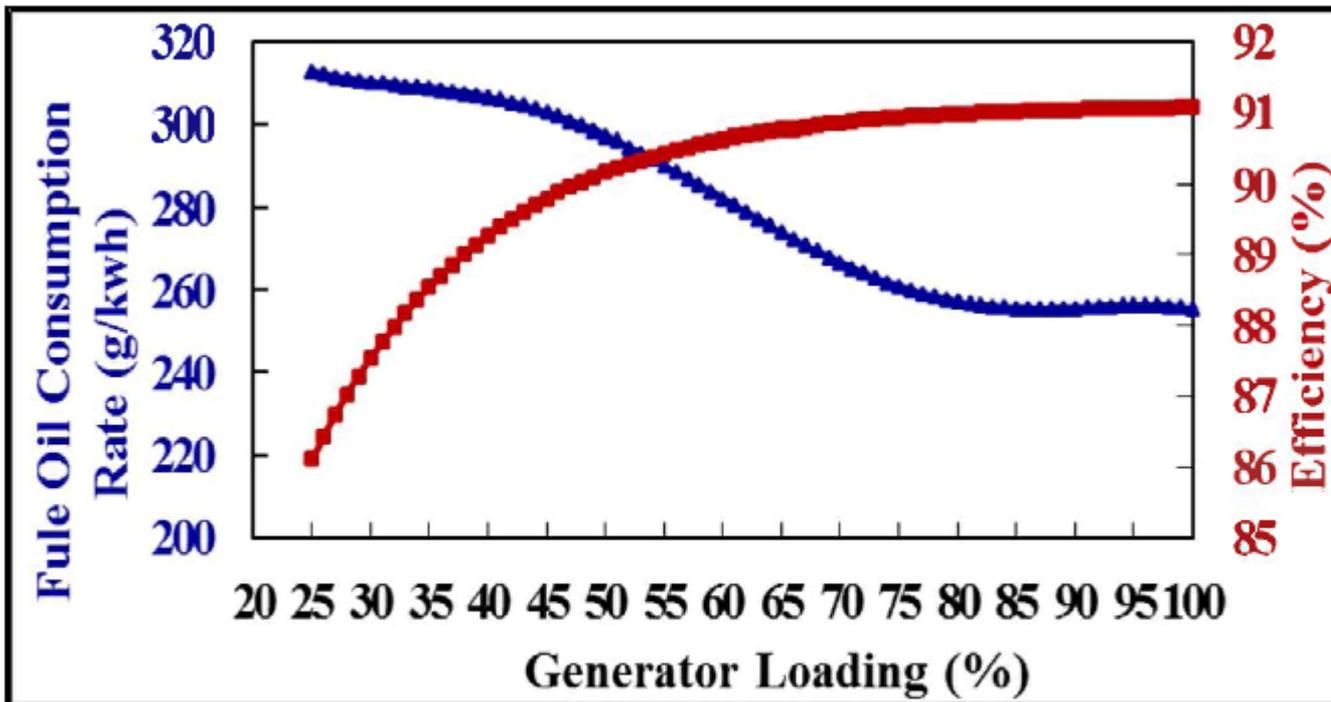


Fig. 1 Curves for relation of diesel generator loading to efficiency and fuel oil consumption rate

Su, C., & Liao, C. (2015). Ship electrical load analysis considering power generation efficiency. 2015 IEEE/IAS 51st Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS), 1-11.



負載分析 (Load Analysis)



[Troubleshooter: How Long Will My Engine Last? - PassageMaker](#)

STEVE ZIMMERMAN





負載分析(交流)

首先，蒐集負載資料，(估)算出設備電力需求(實際電力消耗kW)。實務上，各個設備所給出的資料，可能是電流、泵補馬力、熱量輸出，不能直接用，在此時就會進行換算。

簡化範例：5.5kW輸出馬達，運轉所需電源需求 = $5.5\text{kW} / 85.7\% = 6.42\text{kW}$ 表示，設備運轉，電源須提供6.42kW，滿足設備功率需求。

馬達輸出

馬達效率

RUNDEOS®		EFF 2	
40333060	PART NO. 83315217		
5.5 kW	MB. 40 °C	INS. F	CONN. Δ
ENCL. IP55	EFF.(100%FL) 85.7%	EFF.(75%FL) 86%	
HZ 50	HZ 60	DUTY S1	TP111
VOLT. 380-415Δ/660-690Y	VOLT. 380-480Δ/660-690Y	WGT. 66	kg
AMP. 11 / 6.4	AMP. 10.5-8.6/6.1-5.0		
R.P.M. 2900-2920	R.P.M. 3470-3525		
COSφ 0.89-0.86	COSφ 0.92-088		
BRG.D.E. 6208ZZ	N.D.E. 6208ZZ		
YEAR 2001 WEEK 28	SER.NO. 0001		
MADE IN CHINA		6314	



負載分析(交流)

蒐集到的資料，會彙整到算表中

數量

輸入功耗

使用率

預估功耗

使用設備 APPARATUS	NO.	OUT PUT	EFF.	IN PUT	NORMAL AT SEA		
	SET	KW	%	KW	DF%	CONT.	INT.
*** S.W. CENT. PUMP ***							
日用海水泵 DAILY S.W.PUMP	3	11	92.4	11.9	80	19.0	--
消防/泌水/通用泵 FIRE/ BILGE/G.S. PUMP	2	75	95.4	78.6	77	--	60.5
淡水製造機 F.W. GENERATOR	3	4.7	82.5	5.7	80	13.7	--

剛剛的馬達

1 5.5 85.7%





負載分析(交流)

依據船況不同，設備的使用情況會不同。
計算時考量的使用率就會有差異。

船況

MOTOR	LOAD ANALYSIS AT EACH CONDITION																	
	NORMAL AT SEA			NORMAL AT SEA (PERFORMING TASKS)			DEPARTURE			IN PORT			EMERGENCY (DEAD SHIP)			EMERG (AT F)		
	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	
跑步機	60	--	1.2	60	--	1.2	60	--	1.2	60	--	1.2	--	--	--	--	--	
一般照明 GENERAL LIGHTING	70	32.8	--	70	32.8	--	70	32.8	--	70	32.8	--	24	11.2	--	24	11.2	
內部通訊、航儀、無線電裝備 AC (INNER COMM. SYS.、NAV.、RADIO)	70	5.6	--	70	5.6	--	70	5.6	--	70	5.6	--	60	4.8	--	60	4.8	

負載差異，例如：
緊急情況下，僅有特殊迴路有供電，照明僅有部分得到緊急電源供應，故整體使用率降低。
跑步機不在緊急的供電迴路中，無法也不能在緊急的狀況下使用，故預估消耗為0。





負載分析(交流)

船況不同，計算時考量的發電機數量也會不同。
以下計算的結果，滿足發電機使用率低於85%的需求。

APPARATUS	NORMAL AT SEA			NORMAL AT SEA (PERFORMING TASKS)			DEPARTURE		
	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	INT.	DF%	CONT.	INT.
REQUIRED POWER		575	464		1347	483		1435	345
DIVERSITY FACTOR		1	3		1	3		1	3
NECESSARY POWER		575	155		1347	161		1435	115
GRAND TOTAL		729			1508			1550	
*** GENERATOR LOAD ***									
NO.1 DIESEL GENERATOR		920			920			920	
NO.2 DIESEL GENERATOR		--			920			920	
NO.3 DIESEL GENERATOR		--			--			--	
EMERGENCY GENERATOR		--			--			--	
TOTAL POWER SUPPLY		920			1840			1840	
LOAD FACTOR (%)		79.3			82.0			84.2	

總負載使用量

發電機供應量

總供應量

計算結果值

$$79.3\% = 729/920 * 100\%$$



負載分析 (Load Analysis)

如果有將負載、發電機與裕量合理設計規劃，並且操作人員會依實際船況，搭配使用設計時的發電機數量，就能確保船舶的運行不會因電力不足，造成斷電的情況。

然而，非預期的機械故障或人為的操作失誤，還是有可能導致斷電發生。例如：未依照船況調整發電機配置，卻投入額外的大型負載。

設計上，會有各種保護機制，避免操作失誤或故障擴散。

以下針對發電機的保護，舉例供參考：

當發電機使用率超過限制，通常會有以下處置：

若有設計重載保護，會啟動備用發電機或自動執行減載(關設備)。

若有設計過載保護，為了避免發電機產生永久性的損傷，發電機會停機。



負載分析 (Load Analysis)

其他船舶負載分析計算

蓄電池容量計算書

參考規範：蓄電池工業會規格SBA S 0601

GENERAL SERVICE BATTERY LOAD ANALYSIS

LOAD	PARTICULAR		QTY (Set)	TOTAL CURRENT (A)	TIME	
	CAPACITY (W)	CURRENT (A)			0.5 (HOUR)	
BATTERY LIGHT	10	0.42	16	6.67	6.7	
BATTERY LIGHT	20	0.83	2	1.67	1.7	
ENGINEER CALL		4.0	1	4.0	4.00	
MSB		12.0	1	12.0	12.00	
OTHERS		10.0	1	10.0	10.00	
TOTAL (In)					34.3	
In-1					0.0	
In = In - In-1					34.3	
Kn					1.34	
Kn x In					46.0	

Required capacity (calculated by 0.5 hour)

$$C = 1 / L \times (Kn \times In) = 1 / 0.8 \times 46 = 57.5 \text{ AH}$$

簡化公式:

$$C = K * I / L$$

C: 容量 (單位:AH 安培-小時)

I: 電流值 (單位:A 安培)

K: 時間換算常數，對應不同放電長度，由電池製造商提供

L: 調整係數(<0)，考量電池衰退，增加一定比例的裕量。

簡易容量計算範例:

(L=1, 放電1hr, 電流5A)

$$C = 2.19 * 5 \approx 11AH$$

鉛酸電池對應不同時間長度下的K值:

時間(小時)	6	5.5	5	4	3	2	1	0.5
鉛酸電池	7.90	7.40	6.90	5.60	4.90	3.48	2.19	1.40



負載分析 (Load Analysis)

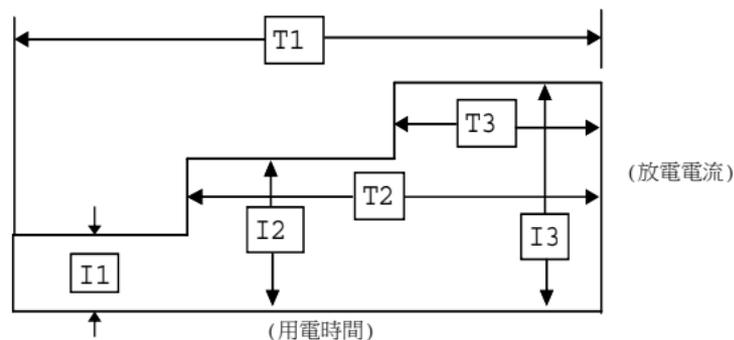
其他船舶負載分析計算 蓄電池容量計算書

1. 一般用(前住艙區)蓄電池容量分析 (DC 24V)

項目	電量 (W)	數量	總需求電量(W)	總需求電量(A)	使用時間(小時)				
					0	4	5	5.5	6
廣播系統	500	1	500	20.83		0.00	0.00	20.83	20.83
一般警報系統	120	1	120	5.00		0.00	5.00	5.00	5.00
NAVTEX	40	1	40	1.67		1.67	1.67	1.67	1.67
VHF	94.8	2	189.6	7.90		0.00	7.90	7.90	7.90
晝光信號燈	60	1	60	2.50		0.00	0.00	0.00	2.50
磁羅經照明	20	1	20	0.83		0.83	0.83	0.83	0.83
NLIP	300	1	300	12.50		12.50	12.50	12.50	12.50
B-ID	300	1	300	12.50		12.50	12.50	12.50	12.50
SLP	240	1	240	10.00		10.00	10.00	10.00	10.00
電池燈	10	3	30	1.25		1.25	1.25	1.25	1.25
合計(In)						38.75	51.65	72.48	74.98
In-1						0	38.75	51.65	72.48
In=In-In-1						38.75	12.90	20.83	2.50
Kn						8.5	4.4	3.15	2.3
Kn*In						329.38	56.76	65.63	5.75
電池需求容量=(1/L)*(K1*I1+...+Kn*In)= (1/0.8) x 457.5 = 571.9 (AH, 安培小時)									
安裝電池容量=DC24V 200AHx3 SET (充電電壓及電流-35V, 80A)									

公式變化:(不同時段, 負載有變動)

$$C = \frac{1}{L} [K1 \times I1 + K2(I2-I1) + K3(I3-I2) + \dots + Kn(In-In-1)]$$



鉛酸電池對應不同時間長度下的Kn值:

時間(小時)	6	5.5	5	4	3	2	1	0.5
鉛酸電池	7.90	7.40	6.90	5.60	4.90	3.48	2.19	1.40

(跟左邊範例的電池不同, 故Kn值有差異)



負載分析 (Load Analysis)

其他船舶負載分析計算

UPS容量計算書

與蓄電池相同



負載分析 (Load Analysis)

其他船舶負載分析計算
變壓器容量計算書
容量計算流程與交流計算相同

3.1 No.1 一般用變壓器總負載量 (GL1) 電力:

類別群組	(G)	巡航		任務	
		連續	間歇	連續	間歇
推進系統(SBWBS 200)	P	0.00		0.00	
電力系統(SBWBS 300)	M	17.16		17.16	
指揮偵搜(SBWBS 400)	S	13.25		23.19	
輔機系統(SBWBS 500)	X	0.00		0.00	
艙裝室裝(SBWBS 600)	F	15.38		7.69	
武器系統(SBWBS 700)	W	0.00		0.00	
合計所需電力 (KVA)(GL1)		45.79		48.04	
(Δ - Δ , GL1) 變壓器容量小計 (KVA)		105.00		105.00	
(Δ - Δ , GL1) 變壓器容量 負載率		43.60 %		45.75 %	
(V-V, GL1) 變壓器容量		60.62 KVA		60.62 KVA	
(V-V, GL1) 變壓器容量 負載率		75.52 %		79.23 %	
備用支援					
No.1 燈光用變壓器總負載量 (LL1)		37.32 KVA		37.32 KVA	
合計負載量(LL-1) (含No.1 燈光用變壓器總負載量)		83.11 KVA		85.36 KVA	
(Δ - Δ , GL1) 變壓器容量 負載率		79.15 %		81.29 %	



負載分析 (Load Analysis)

若對於負載分析計算有興趣：

可搜尋關鍵字 Electrical load analysis

會有各種不同的計算情境，如居家、工廠、航空之類的計算書。

可用工具：

<https://electrical-engineering-portal.com/download-center/electrical-ms-excel-spreadsheets>(找Load calculation相關的)

<https://www.generac.com/industrial/engineer-resources/power-design-pro>



船舶電機各基本計算書

- 船用負載分析
- 短路電流計算書
- 順序啟動計算書
- 照度計算書



短路電流計算書(SC)

船舶安全規定：

國際海事組織（IMO）出版物“海上人命安全公約”（SOLAS）要求船舶上的電氣裝置應防止短路（為海上船舶和移動式海上安裝安全的一部分）。

短路計算應正確執行，確保電網能選用適當的保護裝置。由於設計人員使用的計算方法多種多樣，如果雙方都使用不同的技術，船級社評審員驗證所需的時間將會增加。



短路電流計算書(SC)

計算短路電流主要目的：

船上供電電網設備，選擇**短路保護**規格的重要依據。

考量的參數：

1. 電力來源：發電機、馬達或電池。
2. 種類：AC、DC。
3. 故障類型：三相、兩相、單相故障。
3. 電纜：額外阻抗。

計算結果所影響的設備規格：

系統電壓、斷路器、銅排(bus)與其他保護裝置等級



短路電流計算書(SC)

短路電流計算

計算目標：

考量設計上的最差情況，並計算出**最大短路故障電**

流量I (單位:kA, 千安培)

計算方法：

IEC 61363-1(CSBC)

IEC 60909

及其他：

IEC 60363-1(舊版計算)

輔助工具：

Etap

Siemens/Eaton/ABB等
供電系統供貨商所提
供之計算工具，如
SIMARIS/xSpider。



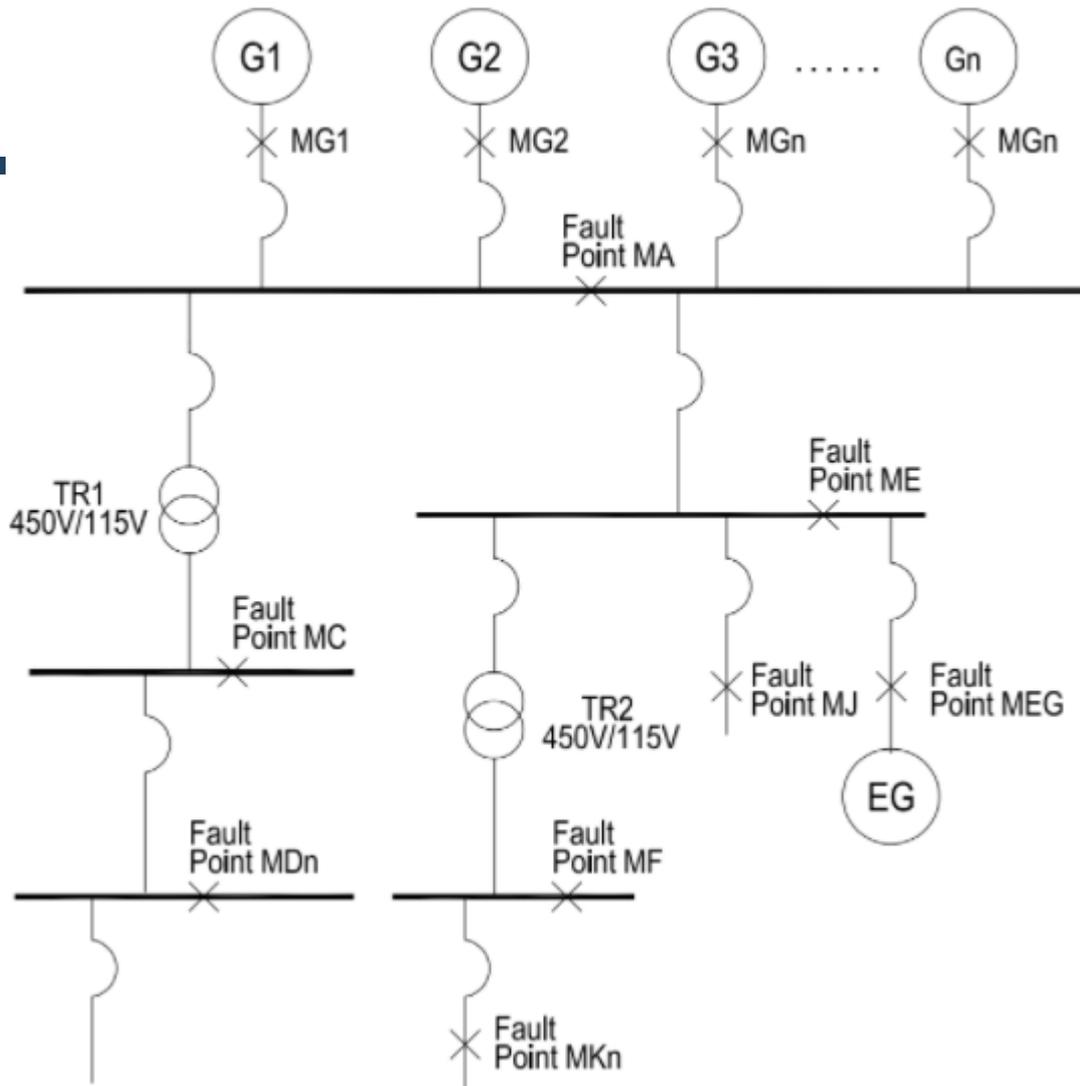
短路電流計算書(SC)

短路計算應正確執行以獲得適當的保護裝置。

由於設計人員使用的計算方法多種多樣，如果雙方都使用不同的技術，船級社驗證所需的時間將會增加。故計算方法通常在技術上是要求統一的。

一般船舶短路計算通常會基於IEC 61363-1計算。

若船舶有環路設計，則採用IEC 60909-0計算。





短路電流計算書(SC)

7. SHORT CIRCUIT CURRENT OF EACH FAULT POINT (電機系統饋線短路點故障電流) :

FAULT POINT	EQUIPMENT NAME	I _{ac} (AMP)	I _{peak-max} (AMP)	REMARK
MG1	NO.1 DIESEL GENERATOR (發電機)	86161.6	225393.9	
MG2	NO.2 DIESEL GENERATOR (發電機)	86161.6	225393.9	
MG3	NO.3 DIESEL GENERATOR (發電機)	86161.6	225393.9	
MG4	NO.4 DIESEL GENERATOR (發電機)	86100.7	225216.0	
MA	MAIN SWBD AC 440V FEEDER PANEL BUS BAR	108898.6	285562.6	
MA1	BOW THRUSTER MCCB ON M.S.B. (艏推進器)	102568.8	269742.9	
MA2	NO.1 CARGO OIL PUMP (貨油泵) MCCB ON M.S.B.	106739.4	280166.3	
MA3	NO.2 CARGO OIL PUMP (貨油泵) MCCB ON M.S.B.	106739.4	280166.3	
MA4	NO.3 CARGO OIL PUMP (貨油泵) MCCB ON M.S.B.	106739.4	280166.3	
MA5	NO.4 CARGO OIL PUMP (貨油泵) MCCB ON M.S.B.	106739.4	280166.3	
MA5	NO.5 CARGO OIL PUMP (貨油泵) MCCB ON M.S.B.	106739.4	280166.3	
MB01	1 號前饋電盤 (SSB-1)	21864.1	30994.3	
MB02	2 號前饋電盤 (SSB-2)	28001.4	39977.5	
MB03	3 號前饋電盤 (SSB-3)	28001.4	39977.5	



短路電流計算書(SC)

方法比較：

- IEC 60909-0:2016

三相交流系統短路電流 - 第0部分：電流計算。

各種三相交流系統電網的短路電流計算都適用此標準。
電廠電網都以此方法分析短路。

$$\bar{I}''_{kG} = c_G \times U_{rG} / (\sqrt{3} \times \bar{Z}_{GK})$$

$$\bar{Z}_{GK} = K_G \bar{Z}_G = K_G (R_G + jX''_d)$$

$$K_G = (U_{nG} / U_{rG}) \times [c_G / (1 + x''_d \sin \phi_{rG})]$$

有興趣了解的，可以參考

[https://www.studiedk.dk/cahiers_techniques/Calculation_of_short_circuit_currents.p](https://www.studiedk.dk/cahiers_techniques/Calculation_of_short_circuit_currents.pdf)

df



短路電流計算書(SC)

方法比較:

- IEC 61363-1:1998

船舶、移動和固定岸上設備的電氣安裝-第1部分：三相交流短路電流計算程序

但僅限用於樹狀電網架構

計算出的短路電流 (Ik) 由a. c分量 (Iac) 和d. c分量 (Idc) 組成。

$$I_k = \sqrt{2}I_{ac} + I_{dc}$$

$$i_{acG}(t) = (I''_{kd} - I'_{kd})e^{-t/T''_d} + (I'_{kd} - I_{kd})e^{-t/T'_d} + I_{kd}$$

$$I''_{kd} = E''_{q0} / Z''_d = E''_{q0} / (R_a^2 + X''_d)^{1/2}$$

$$I'_{kd} = E'_{q0} / Z'_d = E'_{q0} / (R_a^2 + X'_d)^{1/2}$$

$$E''_{q0} = \left[\left(\frac{U_0}{\sqrt{3}} \cos \phi_0 + R_a I_0 \right)^2 + \left(\frac{U_0}{\sqrt{3}} \sin \phi_0 + X''_d I_0 \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$E'_{q0} = \left[\left(\frac{U_0}{\sqrt{3}} \cos \phi_0 + R_a I_0 \right)^2 + \left(\frac{U_0}{\sqrt{3}} \sin \phi_0 + X'_d I_0 \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$i_{dc}(t) = \sqrt{2}(I''_{kd} - I_0 \sin \phi_0)e^{-t/T_{dc}}$$

REACTANCE & TIME CONSTANT (CALCULATED VALUE)			
Xd	220 % (UNSATURATED)	T' d	0.1399 Sec.
X' d	22.3 % (SATURATED)	T'' d	0.0034 Sec.
X'' d	12.0 % (SATURATED)	Ta	0.0371 Sec.
ra	1.0 %		



短路電流計算書(SC)

舊版本計算書 IEC 60363

IEC 61363-1 First Edition 1998-02

International Standard IEC 61363-1
First Edition 1998-02
Editorial corrections – November 2001-11-22

"MAIN AMENDMENTS OF IEC IEC 61363-1 "Short circuit calculation"

IEC 61363-1 "Short circuit calculation"

IEC 61363-1 "Short circuit calculation"

* REFER TO TABLE 1 FOR THE DETAILS.

TABLE 1. MAIN AMENDMENTS OF IEC STANDARD

	ITEMS	IEC60363	IEC61363-1
1	CALCULUS OF GENERATOR AC COMPONENT	DECAY OF TRANSITION TIME CONSTANTS IS IGNORED.	DECAY OF TRANSITION TIME CONSTANTS IS CONSIDERED.
		GENERATOR INTERNAL VOLTAGE IS CALCULATED AS 10% UP OF GENERATOR RATED VOLTAGE FOR ON-LOAD VALUE.	GENERATOR INTERNAL VOLTAGE CALCULATED AS THE VOLTAGES OF AND EXTERNAL IMPEDANCE OF (ARE ACCOUNT THE PREFault SHOR VOLTAGE.
		$I_m(t) = 1.1 \times \{ (I_m'' - I_m') e^{-t/\tau} + I_m' \}$	$I_m(t) = (I_m'' - I_m') e^{-t/\tau} + (I_m'' - I_m')$
2	CALCULUS OF GENERATOR DC COMPONENT	$i_{dc}(t) = \sqrt{2} I_m' e^{-t/\tau_{dc}}$	$i_{dc}(t) = \sqrt{2} (I_m'' - I_m' \sin \phi_0) e^{-t/\tau_{dc}}$
3	CABLE IMPEDANCE	NO DESCRIPTION OF ELECTRIC CONDUCTOR TEMPERATURE. WE TERASAKI CALCULATE AS 80°C.	CONDUCTOR TEMPERATURE IS 20°C

4	SHORT-CIRCUIT CURRENT CONTRIBUTION OF INDUCTION MOTOR	AC COMPONENT: $4 \times I_n$ DC COMPONENT: $8 \times I_n$ (I_n =TOTAL OF RATED CURRENT OF INDUCTION MOTOR)	AC COMPONENT: $3.2 \times I_n$ (SMALL MOTORS) $4 \times I_n$ (LARGE MOTORS) DC COMPONENT: $8 \times I_n$ (SMALL MOTORS) $10 \times I_n$ (LARGE MOTORS)
	CALCULUS OF RATED CURRENT USING MOTOR POWER	$1kV=1.25kVA$ FOR APPROXIMATE CALCULATION	$1kV=1.34kVA$ FOR APPROXIMATE CALCULATION THE VALUE 1.34 CONSIDERS THE VALUE OF (POWER FACTOR 0.8) x (EFFICIENCY 0.93).
5	SHORT CIRCUIT CURRENT OF SHAFT GENERATOR SYSTEM SG: SHAFT GENERATOR SC: SYNCHRONOUS CONDENSER	SHOULD BE CONSIDERED AS: SHAFT GENERATOR DOES NOT SUPPLY SHORT-CIRCUIT CURRENT. SYNCHRONOUS CONDENSER SUPPLIES SHORT-CIRCUIT CURRENT.	ACCORDING TO THE SYSTEM STRUCTURE OF SHAFT GENERATOR, BOTH SYNCHRONOUS CONDENSER AND SHAFT GENERATOR ARE NEED TO BE CONSIDERED AS THEY SUPPLY SHORT-CIRCUIT CURRENT.
6	SIMPLE CALCULUS OF GENERATOR SHORT CIRCUIT CURRENT	IEC STANDARD IS NOT SPECIFIED.	IEC STANDARD SPECIFIES FOLLOWING CALCULUS WHICH COMES CLOSE AT X"d. $I_{sc} = U_0 / \sqrt{3} X''_d$. . . AC COMPONENT $i_{dc} = \sqrt{2} I_{sc}$ DC COMPONENT $i_p = \sqrt{2} I_{sc} + i_{dc}$



短路電流計算書(SC)

IEC 61363 參考資源：

船舶短路電流計算軟體之設計與開發

<https://hdl.handle.net/11296/8wq6h8>

過去由高雄海洋科技大學與台船合作做的。

有IEC 61363-1大致說明，並且將數學模型製作成計算表展示，
可以幫助有興趣的同學了解實際船舶的設計參數與計算流程。





短路電流計算書(SC)

短路故障電流對於電網會產生劇烈的：

1. 熱應力
2. 電磁感應力

電網上的保護裝置必須能承受因短路產生的應力。
否則，將造成設備損毀，甚至爆炸產生火災。

範例

廠商在配電盤銅排上，直接用金屬細線連接，模擬短路。

短路發生時，既使在極短時間內(1.4ms)，能量仍足以使銅板汽化產生爆炸。

[短路demo](#)



短路電流計算書(SC)

短路電流計算的結果用於以下：

- 保護裝置規格選用：

保護的跳脫或跳閘元件金屬熔化值與通過該保護的最小短路電流有關，必須能完成保護功能。

如，斷路器的"分斷能力(I_{cs} 、 I_{cu})"規格。

- 分斷能力：保護裝置能夠切斷可能出現在保護影響區域內的短路電流而不會惡化。

- 裝備結構強度：

裝備必須足夠承受在短路發生時產生強大的電磁感應力，不能造成人員危害，如解體。

結論：

供電相關設施，規格必須選用優於短路電流計算值的產品，並進行保護協調設計，才能確保安全。



船舶電機各基本計算書

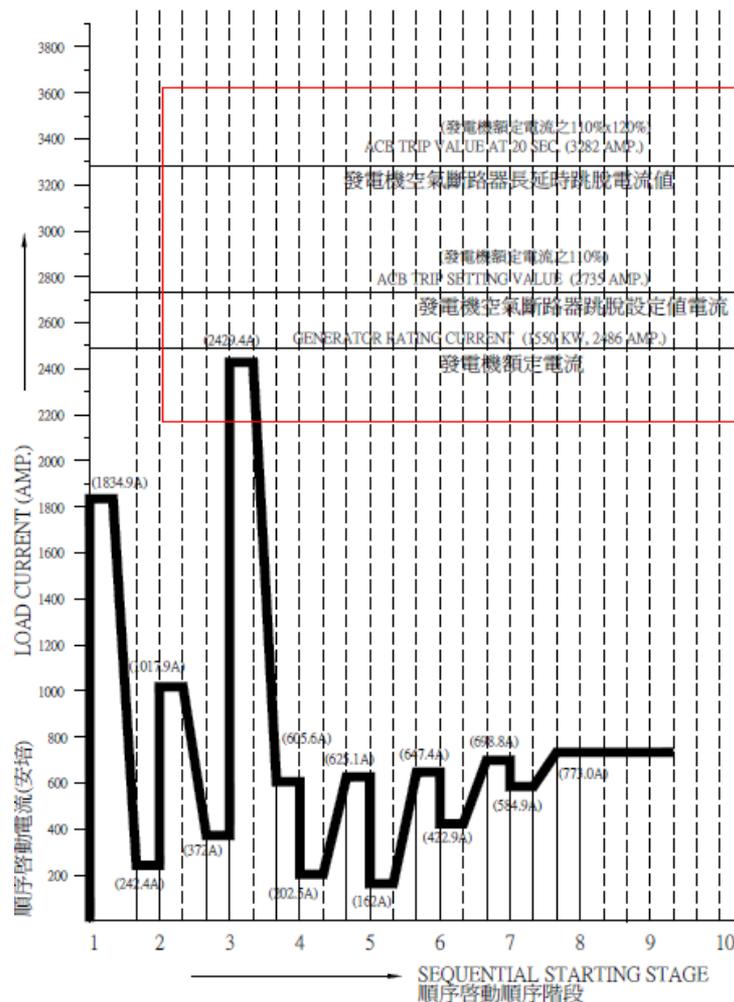
順序啟動特性曲線 (電流基準)

(巡航階段)

順序啟動計算書

斷電後復電實際模擬驗證

DELAY TIME & STAGE (SEC)	NAME OF LOAD	MOTOR PARTICULAR (KW)	ACTUAL LOAD OUTPUT (KW)	ACTUAL LOAD INPUT (KW)	STARTS METHOD VOLT. TAP (m)	STARTS POWER (KW) Ps	STARTS CURRENT (AMPERE) Ist	DEMAND FACTOR (DF)	STATIONARY ACTUAL LOAD INPUT (KW)	RATED CURRENT (A) Ir	TOTAL CURR. POWER AT STARTING (AMPERE/KW) (Ist/Ps)	INSTANT. VOLTAGE DROP (%) (Vd)	CURRENT / POWER COEFFICIENT (%) (K1/K2)
0 SEC (1st STAGE)	前住輪區照明	36.6	36.6	36.6	1.0	20.0	26.2	0.60	22.0	28.8	563.2	9.9	61.5 36.3
	後輪區照明	43.6	43.6	43.6	1.0	20.0	26.2	0.60	26.2	34.3			
	前住輪區照明	45.9	45.9	45.9	1.0	20.0	26.2	0.60	27.5	36.1			
	機艙照明	25.4	25.4	25.4	1.0	20.0	26.2	0.90	22.9	30.0			
	航行燈, 信號燈及探照燈	4.0	4.0	4.0	1.0	20.0	26.2	0.40	1.6	2.1			
	艦內外通信及CMDSS設備系統	31.2	31.2	31.2	1.0	4.8	6.3	0.40	12.5	16.4			
	雜項設備	10.9	10.9	10.9	1.0	8.7	11.4	0.40	4.4	5.7			
	1號艙機1號油壓泵	70.0	70.0	76.1	1.0	210.0	797.3	0.30	22.8	37.4			
	2號艙機1號油壓泵	70.0	70.0	76.1	1.0	210.0	797.3	0.30	22.8	37.4			
	冷卻及冷凍機(艙面)	5.0	5.0	5.4	1.00	14.9	55.7	0.80	4.3	7.1			
冷卻及冷凍機(機艙)	5.0	5.0	5.4	1.0	14.9	55.7	0.80	4.3	7.1				
SUM OF 1ST STAGE LOAD						563.2	1834.9		171.1	242.4			
SUM OF BASE AND 1ST STAGE LOAD						563.2	1834.9		171.1	242.4			
BASE LOAD									171.1	242.4			
5 SEC (2nd STAGE)	前機艙通風機 (2台)	18.5	18.5	20.3	1.0	111.0	416.2	0.80	32.5	53.4	1017.9	5.7	42.2 17.5
	後機艙通風機 (2台)	18.5	18.5	20.1	1.0	111.0	416.2	0.80	32.2	52.8			
	機艙通風機 (2台)	7.5	7.5	8.2	1.0	45.0	168.7	0.90	13.0	21.4			
	前機艙通風機	1.5	1.5	1.6	1.0	4.5	16.9	0.80	1.3	2.1			
SUM OF 2ND STAGE LOAD						271.5	1017.9		79.0	129.7			
SUM OF BASE AND 2ND STAGE LOAD						442.6	1260.3		250.2	372.0			
BASE LOAD									250.2	372.0			
10 SEC (3rd STAGE)	1號主油艙海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	59.4	2429.4	12.7	93.9 41.8
	2號主油艙海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	59.4			
	3號主油艙海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	59.4			
	4號主油艙海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	59.4			
SUM OF 3RD STAGE LOAD						648.0	2429.4		142.4	233.6			
SUM OF BASE AND 3RD STAGE LOAD						890.2	2801.5		392.6	605.6			



REMARK: SEQUENTIAL STARTING TEST FOR MOTORS SHALL RESTART SEQUENTIALLY WHEN RECOVERING MAIN POWER SUPPLY-AFTER BLACK-OUT.



順序啟動計算書

目的：

確保船舶啟動程序能順利。

背景：

船舶從完全斷電到能正常航行，必須啟動各項主機與輔機。部分設備在起動瞬間，電流量會急遽拉升。

設計時，必須確保電流總量，不會觸發發電機過電流保護跳脫，造成啟動失敗。



順序啟動計算書

方法：

確保啟動期間的設備電流量 < 發電機跳脫設定值。
將設備分階段，不同時間區間起動。

考量：

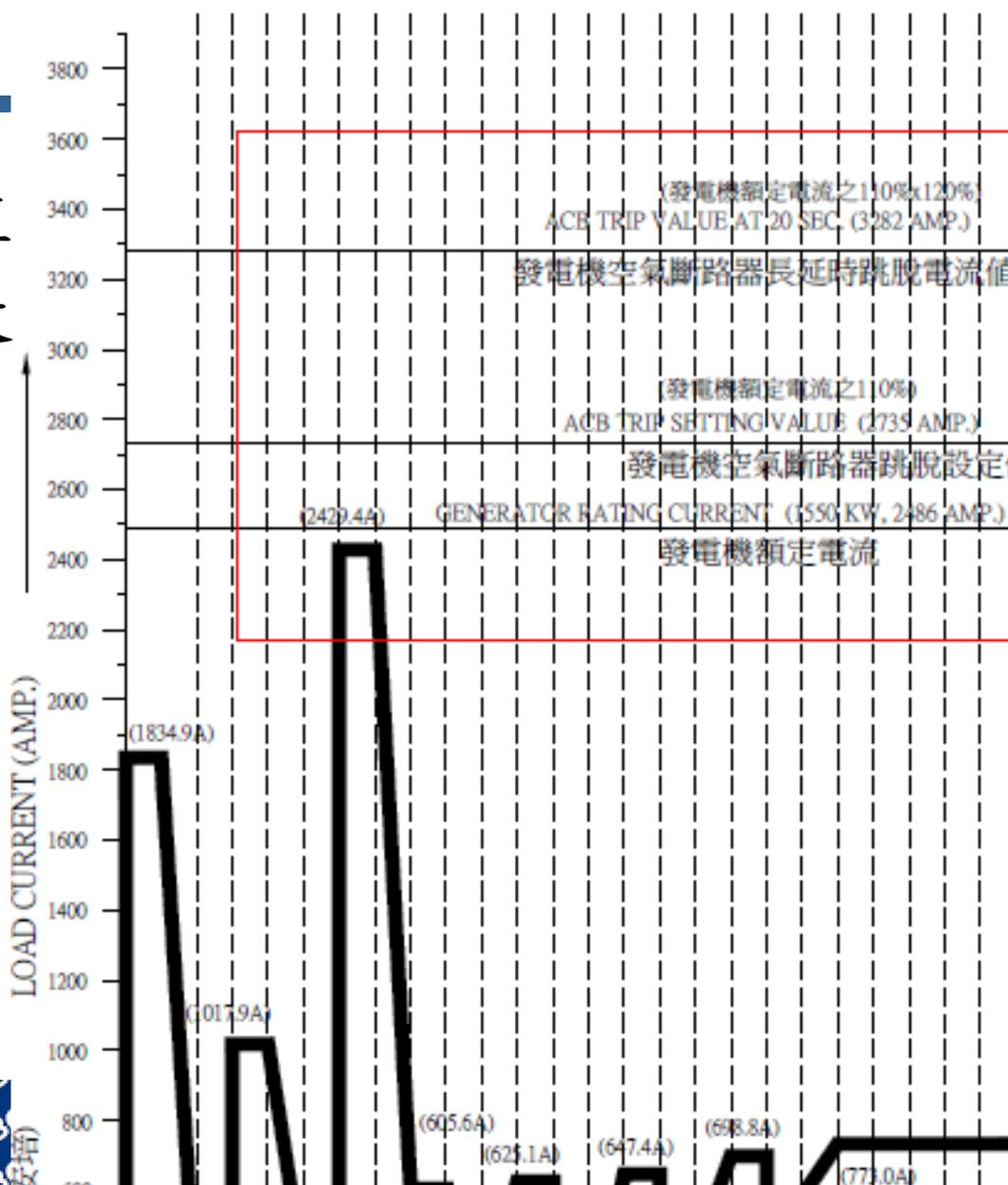
1. 發電機保護裝置設定值
2. 馬達設備啟動瞬間，5~10倍的啟動電流量
3. 基本設備負載量



順序啓動特性曲線 (電流基值)

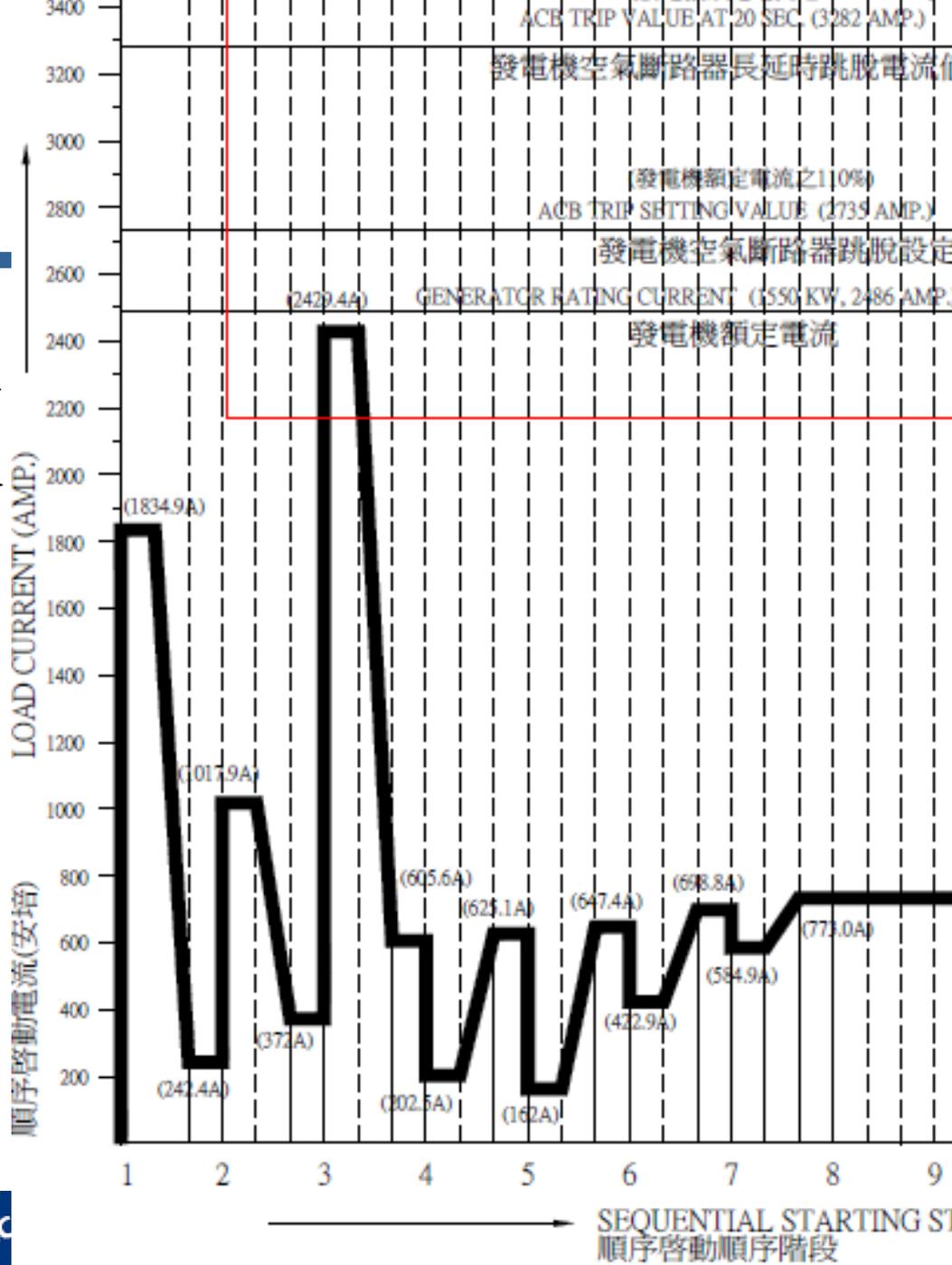
(巡航階段)

上方紅框為電流上限值
規劃就是須確保各時段
都能低於上限值





上方紅框為電流上限值
規劃就是須確保各時段
都能低於上限值





時段

設備分組

起動電流值

額定電流值

比值

DELAY TIME & STAGE (SEC)	NAME OF LOAD	MOTOR PARTICULAR (KW)	ACTUAL LOAD OUTPUT (KW)	ACTUAL LOAD INPUT (KW)	STARTING STAGE			STATIONARY			TOTAL CURR / POWER AT STARTING (AMPERE/KW) (Ist/Pass)	INSTANT. VOLTAGE DROP (%) (Vd)	CURRENT / POWER COEFFICIENT (%) (K1/K2)
					START'G METHOD VOLT. TAP (m)	START'G POWER (KW) Ps	START'G CURRENT (AMPERE) Ist	DEMAND FACTOR (DF)	ACTUAL LOAD INPUT (KW) Ir	RATED CURRENT (A) Ir			
0 SEC (1st STAGE)	前住輪區照明	36.6	36.6	36.6	1.0	20.0	26.2	0.50	22.0	28.8	1834.9 563.2	9.9	61.5 36.3
	貨艙區照明	43.6	43.6	43.6	1.0	20.0	26.2	0.50	26.2	34.3			
	後住輪區照明	45.8	45.8	45.8	1.0	20.0	26.2	0.50	27.5	36.1			
	機艙照明	25.4	25.4	25.4	1.0	20.0	26.2	0.90	22.9	30.0			
	航行燈、信號燈及探照燈	4.0	4.0	4.0	1.0	20.0	26.2	0.40	1.6	2.1			
	艦內外通信及GMDSS航儀系統	31.2	31.2	31.2	1.0	4.8	6.3	0.40	12.5	16.4			
	雜項設備	10.0	10.0	10.0	1.0	8.7	11.1	0.40	4.4	5.7			
	1號舵機1號油壓								22.8	37.4			
	2號舵機1號油壓								22.8	37.4			
	冷藏及冷凍庫								4.3	7.1			
冷藏及冷凍庫冰機(船用)	5.0	5.0	5.0	1.0	14.9	55.7	0.80	4.3	7.1				
SUM OF 1ST STAGE LOAD					563.2	1834.9			171.1	242.4			
SUM OF BASE AND 1ST STAGE LOAD					563.2	1834.9			171.1	242.4			
5 SEC (2nd STAGE)	BASE LOAD								171.1	242.4	1017.9 271.5	5.7	42.2 17.5
	前機艙通風機 (2台)	18.5	18.5	20.3	1.0	111.0	416.2	0.80	32.5	53.4			
	後機艙通風機 (2台)	18.5	18.5	20.1	1.0	111.0	416.2	0.80	32.2	52.8			
	後艙機艙通風機 (2台)	7.5	7.5	8.2	1.0	35.0	168.7	0.80	13.0	21.4			
	前艙機艙通風機	1.5	1.5	1.6	1.0	4.5	16.9	0.80	1.3	2.1			
SUM OF 2ND STAGE LOAD						271.5	1017.9		79.0	129.7			
SUM OF BASE AND 2ND STAGE LOAD					442.6	1260.3			250.2	372.0			
10 SEC (3rd STAGE)	BASE LOAD								250.2	372.0	2429.4 648.0	12.7	93.9 41.8
	1號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.50	35.6	58.4			
	2號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.50	35.6	58.4			
	3號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.50	35.6	58.4			
	4號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.50	35.6	58.4			
SUM OF 3RD STAGE LOAD						648.0	2429.4		142.4	233.6			
SUM OF BASE AND 3RD STAGE LOAD					898.2	2801.5			392.6	605.6			

各階段起動時間內電流值總和





時段

設備分組

電流值

0 SEC (1st STAGE)	1號舵機1號油壓泵	70.0	70.0	76.1	1.0	210.0	787.3	0.30	22.8	37.4	
	2號舵機1號油壓泵	70.0	70.0	76.1	1.0	210.0	787.3	0.30	22.8	37.4	
	冷室及冷凍庫冰機 (整補)	5.0	5.0	5.4	1.00	14.9	55.7	0.80	4.3	7.1	
	冷室及冷凍庫冰機 (備用)	5.0	5.0	5.4	1.0	14.9	55.7	0.80	4.3	7.1	
SUM OF 1ST STAGE LOAD						563.2	1834.9				
SUM OF BASE AND 1ST STAGE LOAD						563.2	1834.9				
5 SEC (2nd STAGE)	BASE LOAD										
	前機艙通風機 (2台)	18.5	18.5	20.3	1.0	111.0	416.2				
	後機艙通風機 (2台)	18.5	18.5	20.1	1.0	111.0	416.2				
	後輔機艙通風機 (2台)	7.5	7.5	8.2	1.0	45.0	168.7				
	前輔機艙通風機	1.5	1.5	1.6	1.0	4.5	16.9				
SUM OF 2ND STAGE LOAD						271.5	1017.9				
SUM OF BASE AND 2ND STAGE LOAD						442.6	1260.3		250.2	372.0	
10 SEC (3rd STAGE)	BASE LOAD								250.2	372.0	
	1號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	58.4	
	2號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	58.4	
	3號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	58.4	
	4號主冷卻海水泵	54.0	54.0	59.3	1.0	162.0	607.4	0.60	35.6	58.4	
SUM OF 3RD STAGE LOAD						648.0	2429.4		142.4	233.6	
SUM OF BASE AND 3RD STAGE LOAD						898.2	2601.5		392.6	605.6	

各階段的總和 < 跳脫保護上限值 即可順利啟動



船舶電機各基本計算書

結論

- 透過負載分析結果，能確保執行任務時，發電機供應滿足電力需求，以及使用限制。
- 機器設備都要有「SCC搭配保護協調的安全防護」。
- 在確保安全保護都有詳盡考量的狀況下，才能確保船舶航行都能「行得端正無疑慮」。
- 設計規畫須考量「冗餘」。
- 無電氣計算就是災難。



船舶電機各基本計算書

• Thank You

