



# 船舶動力系統介紹



# 簡介



- 隨著船舶的大型化和自動化程度的不斷提高，越來越多的船用設備需要用电能來驅動與控制，使船舶用電力系統亦日趨複雜龐大。
- 電能是船舶航行和作業的主要能源和動力。
- 如果供電中斷，則對船舶航行和作業會造成嚴重的後果。例如，對供電可靠性要求很高的舵機設備，即使是短時間的停電，也會造成重大損失，甚至可能發生災難性的船毀人亡事故。





# 船舶電力網的基本要求如下:

- (1) 電網可靠性高、生命力強。**即要求電網在發電機組和線路發生故障或局部破損時仍能保證在最大範圍內對負載的連續供電，並限制故障的發展和將故障的影響限制在最小範圍內。當電網出現嚴重故障時，應能最大限度的保障重要設備的連續供電。
- (2) 電網結構應保證系統操作的靈活性。**即電網運行的機動性和維修保養的方便性，包括操作的機動性、運行方案多樣性、電源接口標準化、減少電器設備的型號規格、增加零部件的通用性。此外，電網還應考慮船舶以後新增加用電設備的需求，在某些區域配電點設置一定數量的備用供電支路。





### (3)提高電網建設和運行的技術經濟指標。

- a.優化電網連結方案，力求減少中間環節，節省配電設備，尋求最經濟的電網方案。
- b.適當限制電纜的儲備截面，在滿足可靠性要求的前提下，合理的選用電器設備，降低電網建造成本。
- c.提高電網運行的自動化程度，減少管理人員，降低設備故障率，減少運行損失和維修工作量。
- d.合理調配負荷，保持電網高效率運行。
- e.提高功率因數，減少線路損失，提高負荷設備的運行效率。

**(4)科學的設置電力網的保護。**衡量船舶電網的優劣，不僅要看它處於正常狀態下的運行情況，更重要的是在故障狀態下它的連續供電能力和供電範圍，以及有沒有切除故障、防止故障擴大的能力。



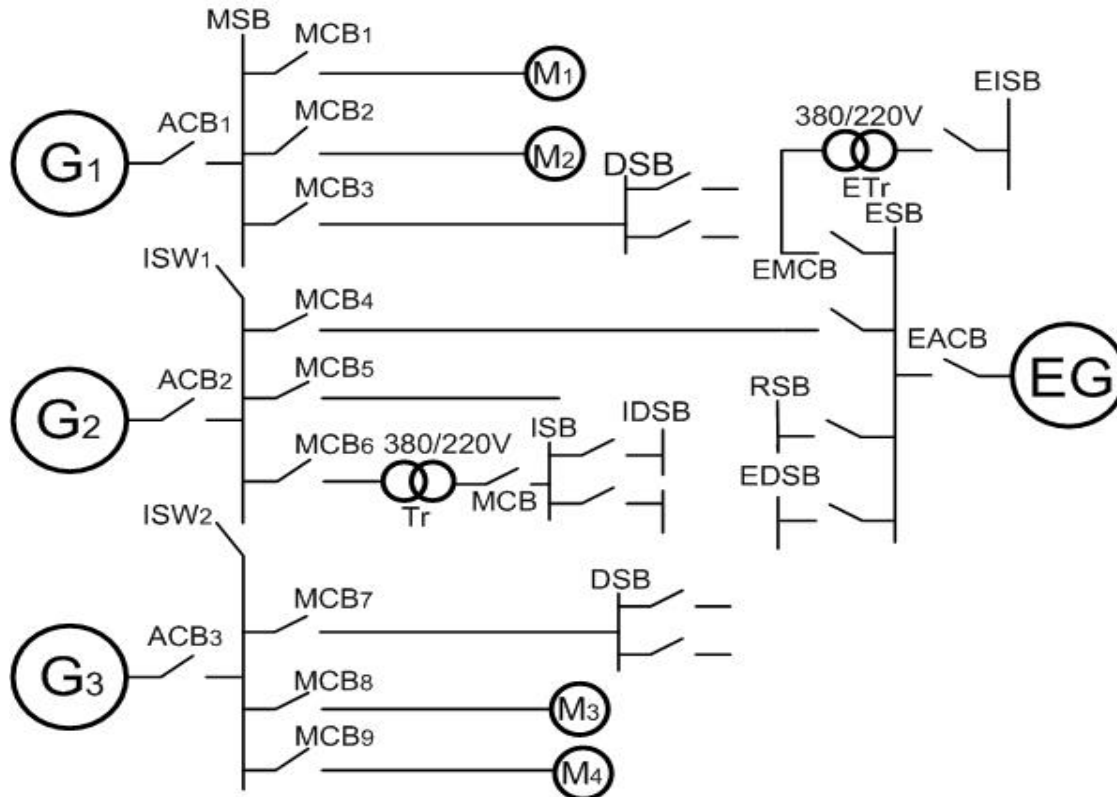


# 船舶電力系統的組成

- 電源
- 配電裝置
- 電力網
- 電力負載



# 船舶電力系統簡圖



G-主發電機；EG-緊急發電機；ACB-發電機主開關；EACB-緊急發電機主開關；MSB-主配電盤；ESB-緊急配電盤；MCB-配電開關；M-電動機；DSB-分配電盤；RSB-無線電分配電盤；EMCB-緊急配電開關；ISW-隔離開關；ISB-照明配電盤；EISB-緊急照明配電盤；IDSB-照明分配電盤；EDSB-緊急分配電盤；Tr-照明變壓器；ETr-緊急照明變壓器





# 實際船舶電力推進單線圖

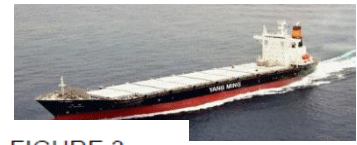
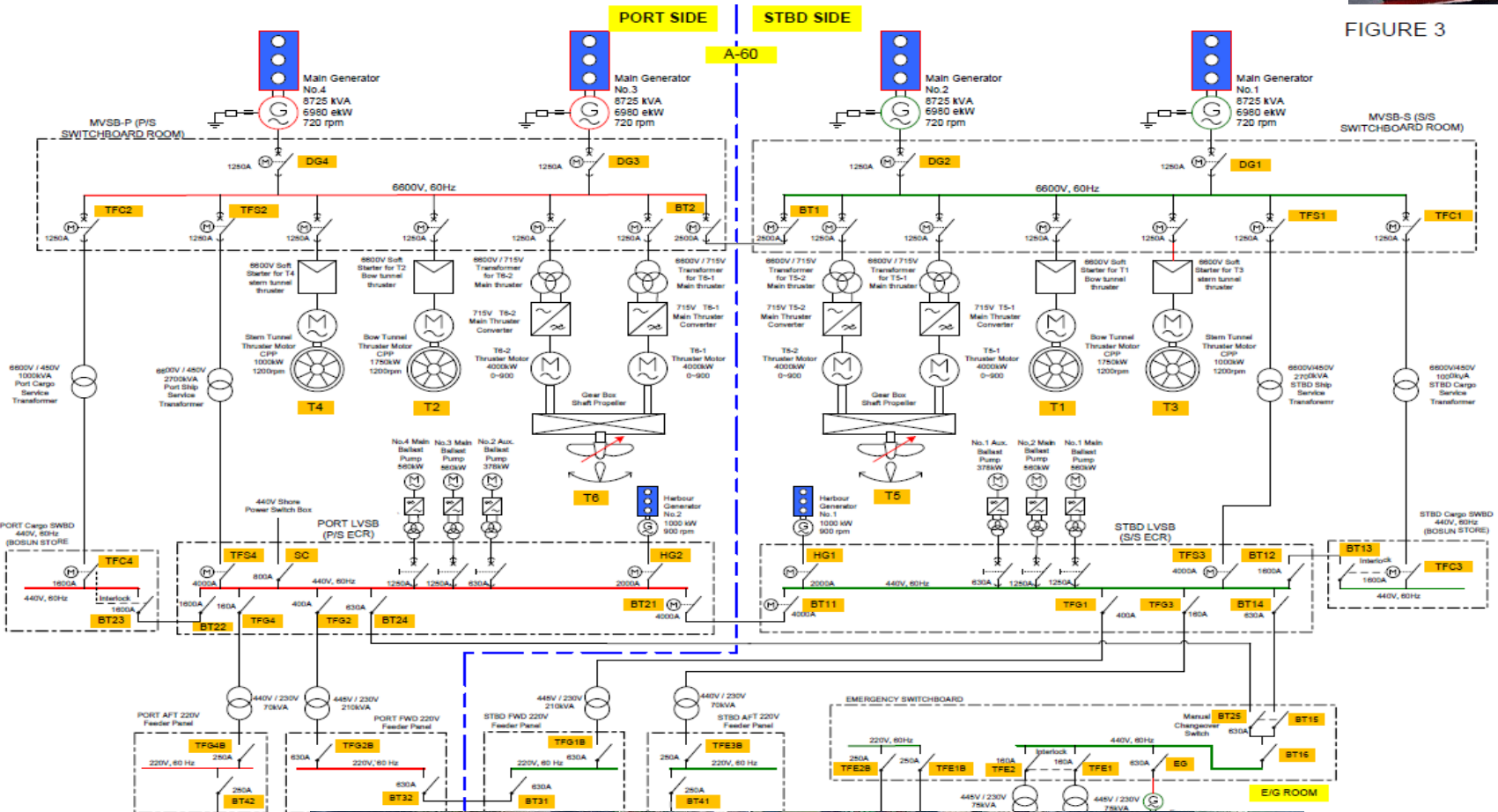


FIGURE 3





# 電源

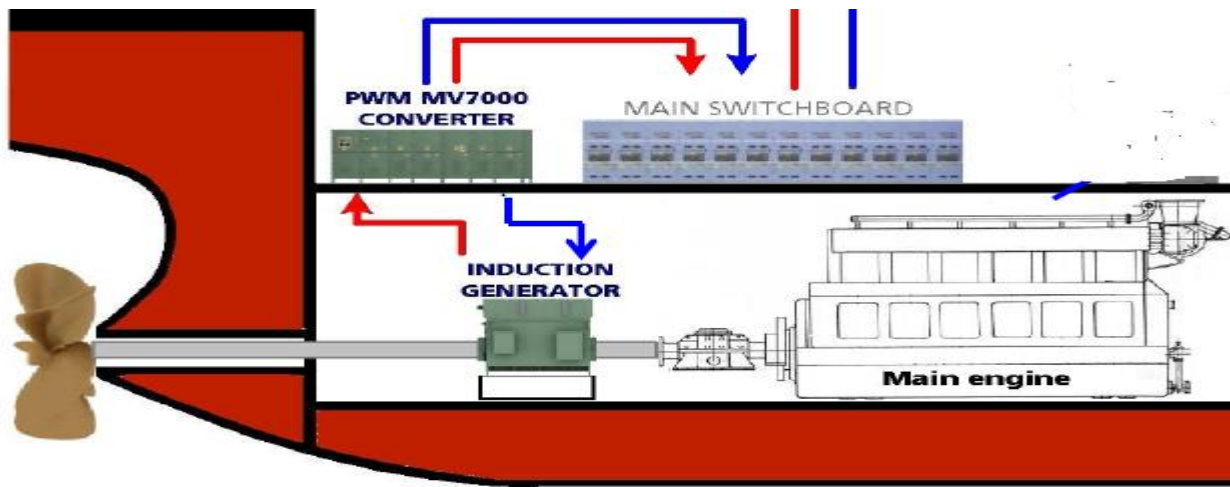
- 電源是將其他形式的能源(如機械能、化學能等)轉變成電能的裝置。
- 船上的電源裝置通常都是柴油發電機組和蓄電池。
- 主發電機組是船舶的主電源，緊急發電機是緊急電源，蓄電池組一般做為小緊急電源。
- 主發電機組不能供電時，由緊急發電機或是蓄電池組向船舶重要航行設備和緊急照明系統供電。



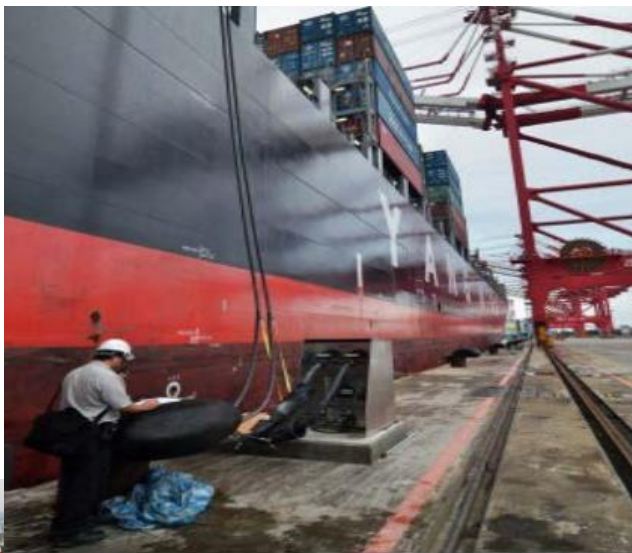




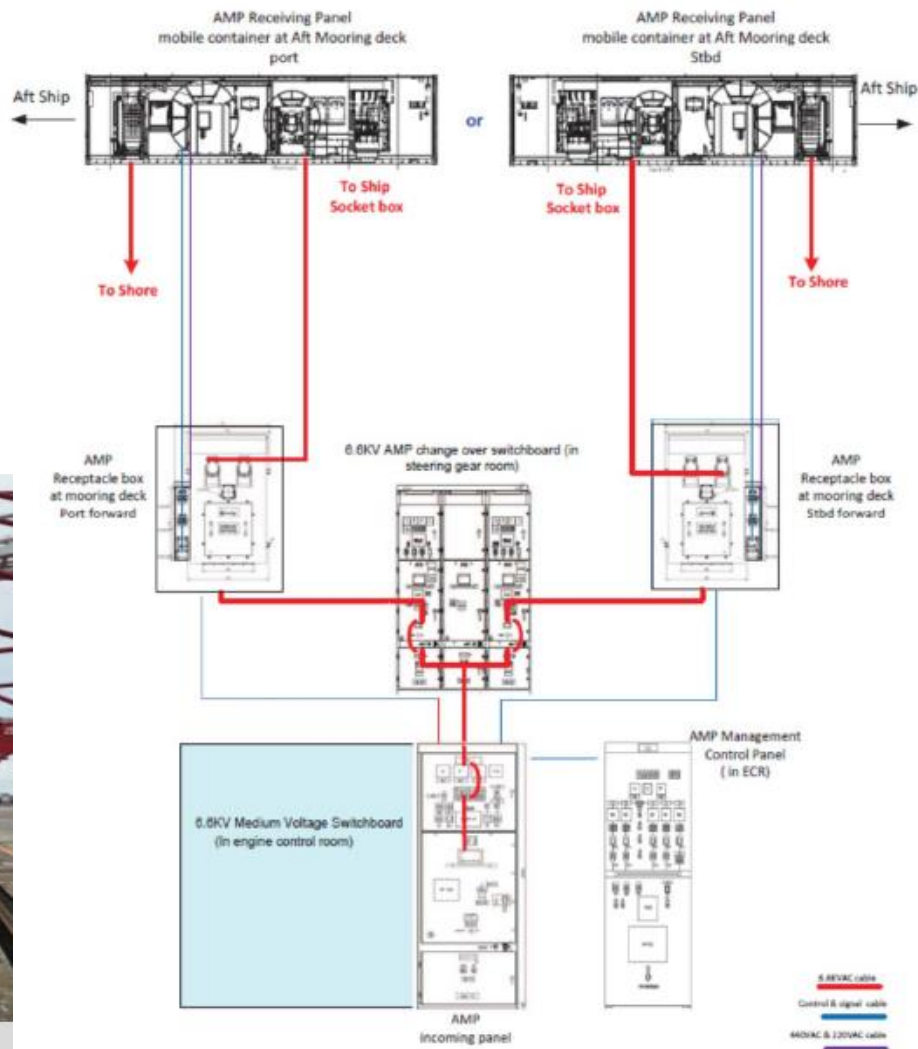
- 發電機是由原動機帶動的，原動機的類型可分蒸汽機、柴油機、汽輪機、燃氣輪機等。由於柴油機熱效率較高、啟動快、機動性好，因此在民用船舶上主發電機和緊急發電機的原動機多採用柴油機。
- 若船舶主機為汽輪機，其發電機的原動機一般採用汽輪機，汽輪機需要有配套的燃煤或燃油的蒸氣鍋爐裝置。
- 核動力船舶(如某些破冰船和軍用船艦)則為原子能鍋爐。
- 有些船舶為達到節能的目的，充分利用船舶主機的10%~15%的功率儲備裕量和主機排出廢氣的熱能，因而出現軸帶發電機和主機廢氣透平發電機作為船舶電源。



# AMP 岸電系統



碼頭岸電



# 配電裝置



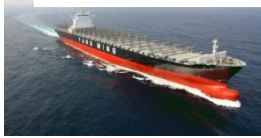
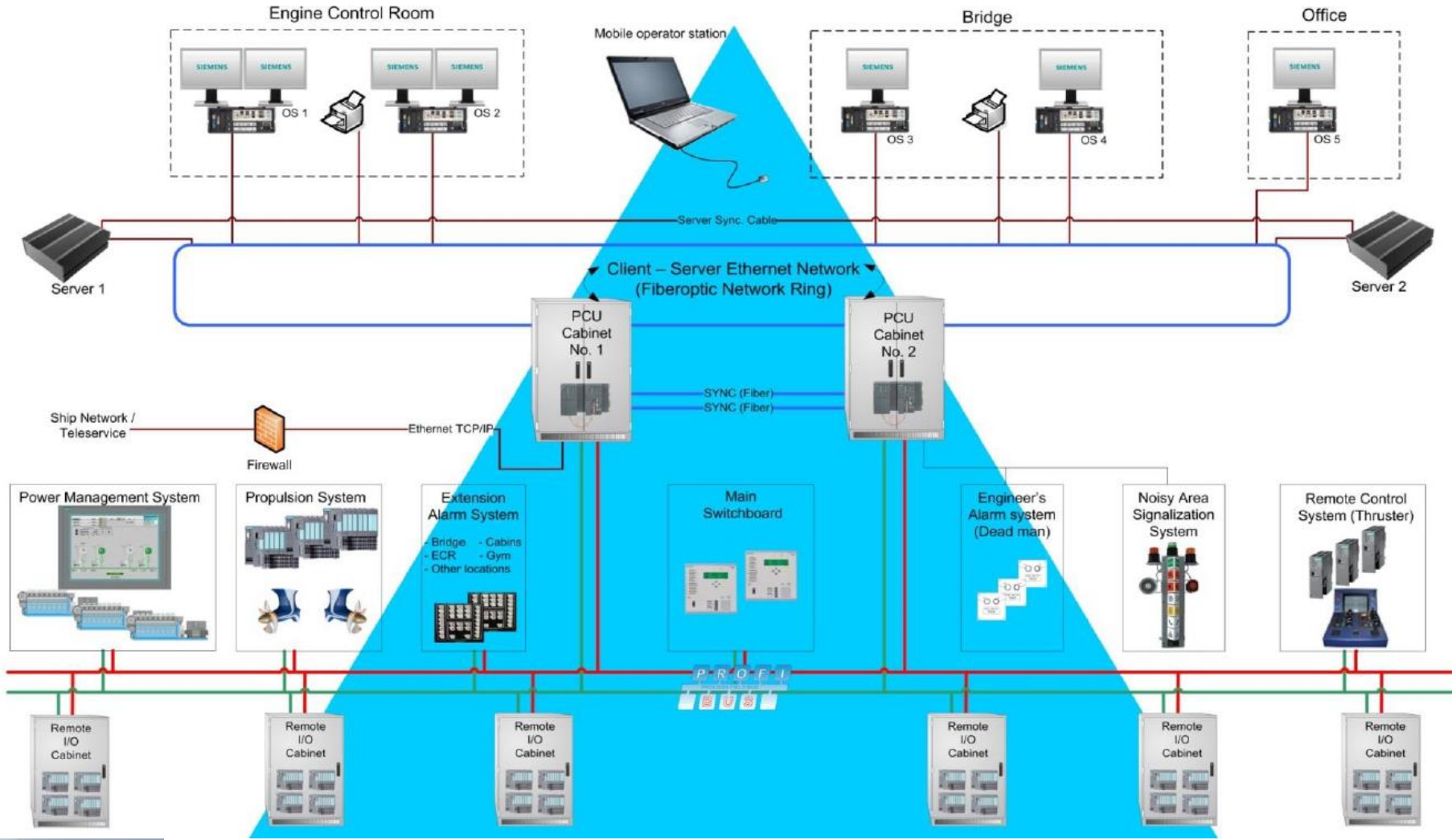
- 配電裝置是接受和分配電能的裝置，也是對電源、電力網和負載進行保護、監視、測量和控制的裝置。
- 配電裝置包括各種電力開關、互感器、測量儀錶、連接母線、保護電器、按鈕、控制和轉換開關、自動化設備及各種附屬設施等。
- 根據供電範圍和對象的不同，配電裝置可分為主配電盤、緊急配電盤、配電盤、充放電板和岸電箱等。



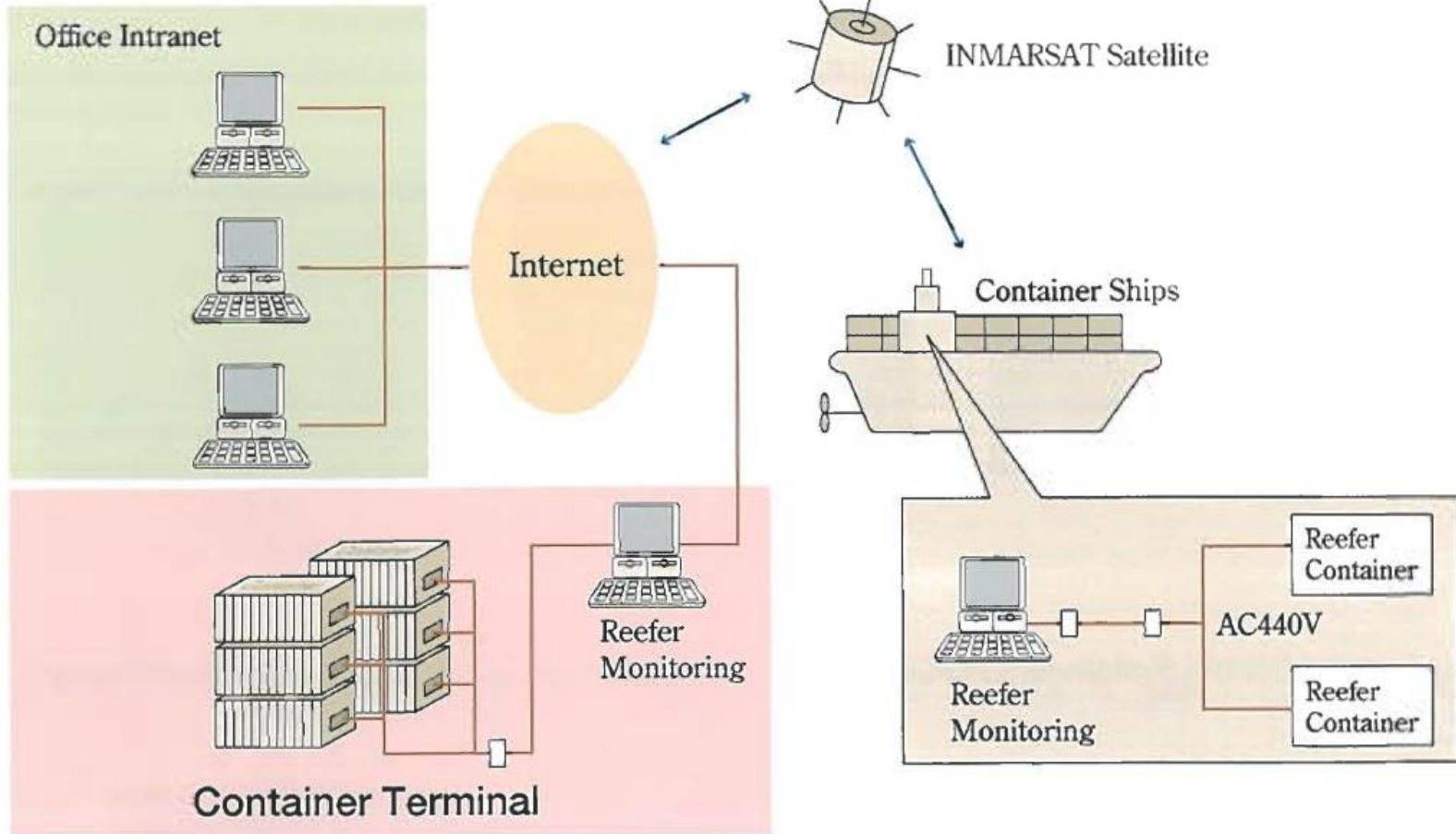




# 信號傳輸-雙環匯流排網路架構



# 冷凍貨櫃使用電力載波控制





## 由主配電盤直接供電的負載設備有：

- ① 舵機；
- ② 錨機、起錨絞盤機；
- ③ 消防泵、總用泵、舵機泵；
- ④ 為推進裝置服務的電動輔機的分配電箱；
- ⑤ 油船貨油泵、起貨機；
- ⑥ 冷藏船的冷藏電動裝置；
- ⑦ 主照明變壓器；
- ⑧ 航行信號燈控制箱、探照燈、艙室照明分配電箱；
- ⑨ 無線電台分配電箱、雷達、助航設備分配電箱；
- ⑩ 駕駛室集中控制板。

除上述的直接供電之外，還必須滿足對下列設備的供電。

- 舵機和消防泵必須有兩路獨立電源供電線路。為提高可靠性其路徑應盡量遠離(如兩路電纜分左右舷鋪設)，當船舶設有緊急發電站時，其中一路由緊急配電盤供電。
- 必須保證駕駛室集控盤供電的連續性。對於導航設備室當供電、航行箱等，應保證這些設備的連續供電。當配電箱、配電箱集中配電時，其饋線應由緊急配電盤供電。每路饋線內所有電線應從緊急配電盤供電。每路饋線內所有電線應從緊急配電盤供電。當配電盤內一路饋線發生故障時，另一路應能通過自動轉換，保證其不斷供電。

## (2) 緊急電網

應由緊急發電機或緊急蓄電池供電的電網。在主電網失電情況下，緊急電網應能向船舶最重要設備以及一些重要的控制設備進行供電。緊急電網應具有相對的獨立性，在安裝和佈線上應盡量與主電網分開，而且應具有較高的安全可靠性，在特殊情況下，允許適當降低緊急電網的運行指標。

緊急電網必須保證對下列負載供電。

- ① 緊急動力負載。包括：**a.**操舵裝置的動力及控制設備；**b.**通信導航設備、緊急照明負載等的電氣機組、緊急空壓機；**c.**主機電氣遙控裝置及電傳令鐘；**d.**電動消防泵。
- ② 緊急照明負載。包括：**a.**主機操縱台的上方、主配電盤及應急配電盤的前後方；**b.**舵機艙、機艙集中控制處所及機艙集中監視處所；**c.**廣播室、無線電室、海圖室及駕駛室、滅火控制室；**d.**機爐艙及其出入口處、應急逃生出口處、通道、扶梯口、救生艇停放處；**e.**公共場所以及超過16人的客艙。
- ③ 各種信號燈及通信助航設備。包括：**a.**信號燈、磁羅經；**b.**機械傳令鐘；**c.**滅火劑釋放預告信號裝置；**d.**緊急集合警報裝置、火警系統。

### (3)小緊急電網

小緊急電網系指由緊急蓄電池供電的電網，通常是指由**24V蓄電池**供電的電網，或稱作**臨時應急電網**。小緊急電網應能在全船電網失效時自動供電，即當主電源失電時，小緊急電網應立即自動投入向小緊急負載供電，直至緊急發電機組投入供電或主發電機恢復供電後，小緊急電網自動退出。



小緊急電網供電的負載或用電設備有：

- ① 小緊急照明、擴音機；
- ② 主機操縱臺、鍋爐儀錶及助航儀；
- ③ 失火警報和火警系統；
- ④ 機電設備故障檢測警報系統；
- ⑤ 船內通信設備；
- ⑥ 操舵控制系統；
- ⑦ 失控信號燈。

#### (4)弱電電網

弱電電網包括助航、通信、無線電設備中，各種不同電壓、不同電流、不同頻率的電網。或是向船舶無線電收發報機、各種助航設備(如雷達、測向儀、定位儀、測深儀等)、船內通信設備(如電話、廣播等)以及信號警報系統供電的網路。這類用電設備的特點是耗電量不大，但使用的電源與主電源的基本參數不同，對供電電源的電壓、頻率、穩壓穩頻的性能有特殊要求。因此，船上往往需要配置專門的交流機組或變頻器向這些弱電設備供電。

## (5) 損管電網

對於護衛艦等的軍用船舶還應該配置損管電網，這是一種用一些固定鋪設的幹線以及可以移動的電纜和快速接頭聯合組成，可以在緊急狀態下臨時拉設的輔助性電網。事故電網自身通常不包括電源，平時它和主電網是分開的，只有在事故狀態下，才透過專用的開關和插頭，接插至某些特定部位，組成新的緊急電源電路，使一些重要設備的供電得到保障。

通常裝設有損管供電接頭的設備和部位有：

- ① 消防設備的配電盤；
- ② 照明系統的變壓器；
- ③ 內部通信設備的配電盤；
- ④ 電子設備的配電盤；
- ⑤ 船舶最重要的機械和武器裝置；
- ⑥ 通用區域配電盤(其所處的地位及負載具有特殊意義的)。

## 二.電網中配電盤設置原則

一方面為了減少主配電盤上的開關設備和節省電纜，另一方面為了對用電設備能實現分區控制，從主配電盤引出的主幹電纜，除了必須由主配電盤直接供電的一部份比較重要的用電設備和大容量的設備外，其餘大量的用電設備均應透過分配電盤(箱)進行供電。分配電箱設置原則如下。

**(1)為便於控制管理**，可為船上同一系統或同時投入工作的多個用電設備，同一個分配電箱。例如，同為主機燃油系統的燃油輸送泵、駁運泵、油水分離器等可由同一個分配電箱供電。類似的尚有滑油系統、冷卻系統、鍋爐設備、空調系統、起貨設備、防搖裝置、航行燈及助航設備等。



(2) 安裝位置相似各個用電設備往往可單獨設置一個分配電盤，尤其對於遠離主配電盤的非重要用電設備常按此原則考慮。例如，照明系統常按甲板來劃分設置照明分配電箱。但對走道(包括出入口、扶梯)、機艙、鍋爐艙、舵機艙、客船上公共場所以及超過16人的客船等處的照明，應至少有兩個獨立分路供電。當其中一路不能供電時，另一路仍可保持上述處所必要的照明。機艙，鍋爐艙內各路燈點應交叉佈置。

(3) 每一分配電箱的供電點數不宜過多，以防止因該線路故障導致很多設備停電。如規定220V的照明分配電箱每一分路的燈具數(包括電扇、電熱器，及容量不大於100W的小型日用電器、插座等)應不超過24個，110V的應不超過14個，低於24V的應不超過10個。



# 船舶電力網

- 船舶電力網是全船電纜電線的總稱。
- 船舶電力網是聯繫發電機、主配電盤、區域配電板、分電盤及負載的中間環節，是將電源的電能輸送到負載的網絡。
- 船舶電力網按其所連接的負載特性，可分為動力電網、照明電網、緊急電網、小緊急電網等。



# 電力負載



- 電力負載又稱用電負載，指耗用電能的各種電力設備，它是將電能轉換成其他形式能量的用電設備。
- 船上的用電設備形式很多，主要有動力負載(各種電力拖動機械)、照明負載、通信導航設備等，艦艇還有特殊的武器裝備負載。
- 動力負載往往佔總用電量的**70%**左右。



# 電力負載分類



## • 船舶各種機械設備的電力拖動

1. 甲板機械: 舵機、錨機、絞纜機、吊貨機、舷梯絞車、吊艇機等。
2. 艙室機械: 各類油泵、水泵、空壓機、冷凍機、通風機、空調設備等。
3. 電力推進船舶或特種工程船舶所用的推進電動機及電力生產機械等。



## • 船舶照明

1. 工作場所和生活艙室安裝的各種電器照明燈具、各種航行燈和信號燈。



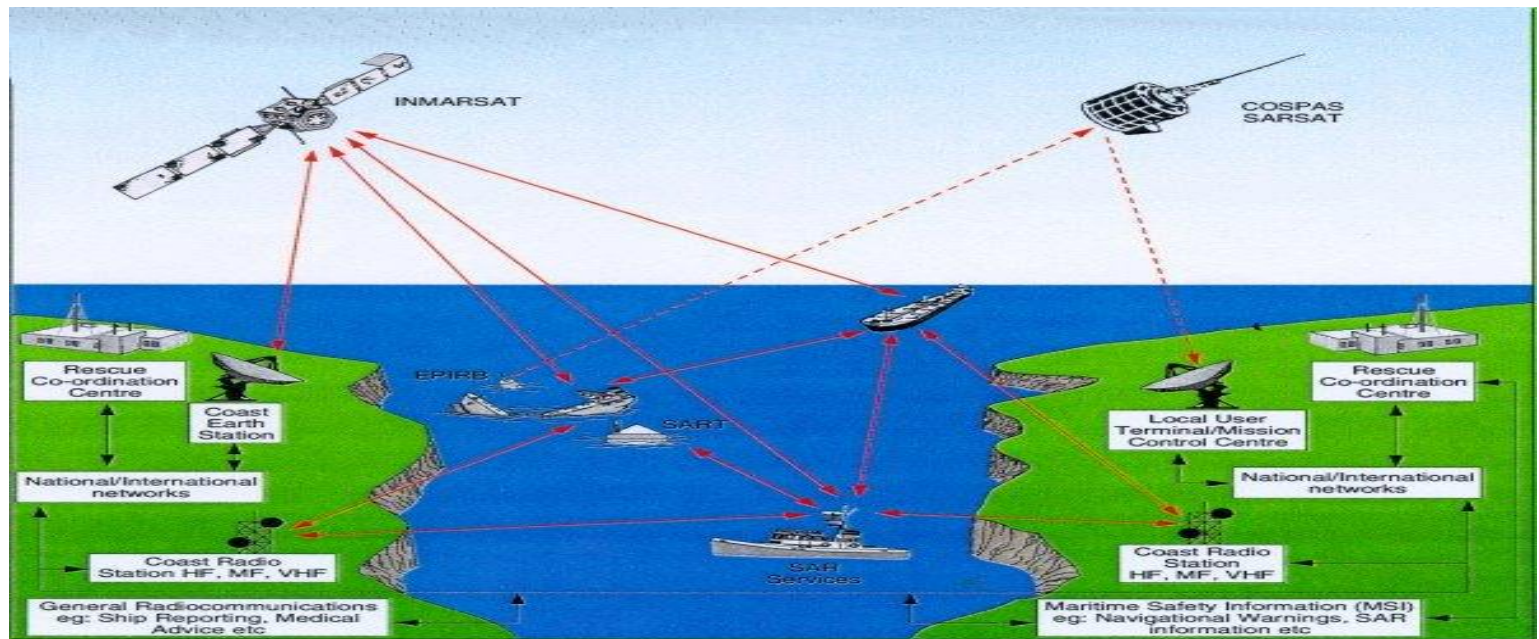


## • 通導設備

1. 船舶通信設備有無線電收發報機、電話、廣播、聲光警報裝置和電傳鐘等。
2. 導航設備有電羅經、雷達、羅盤、全球衛星定位系統、測深儀和計程儀等。

## • 生活及其他用電設施

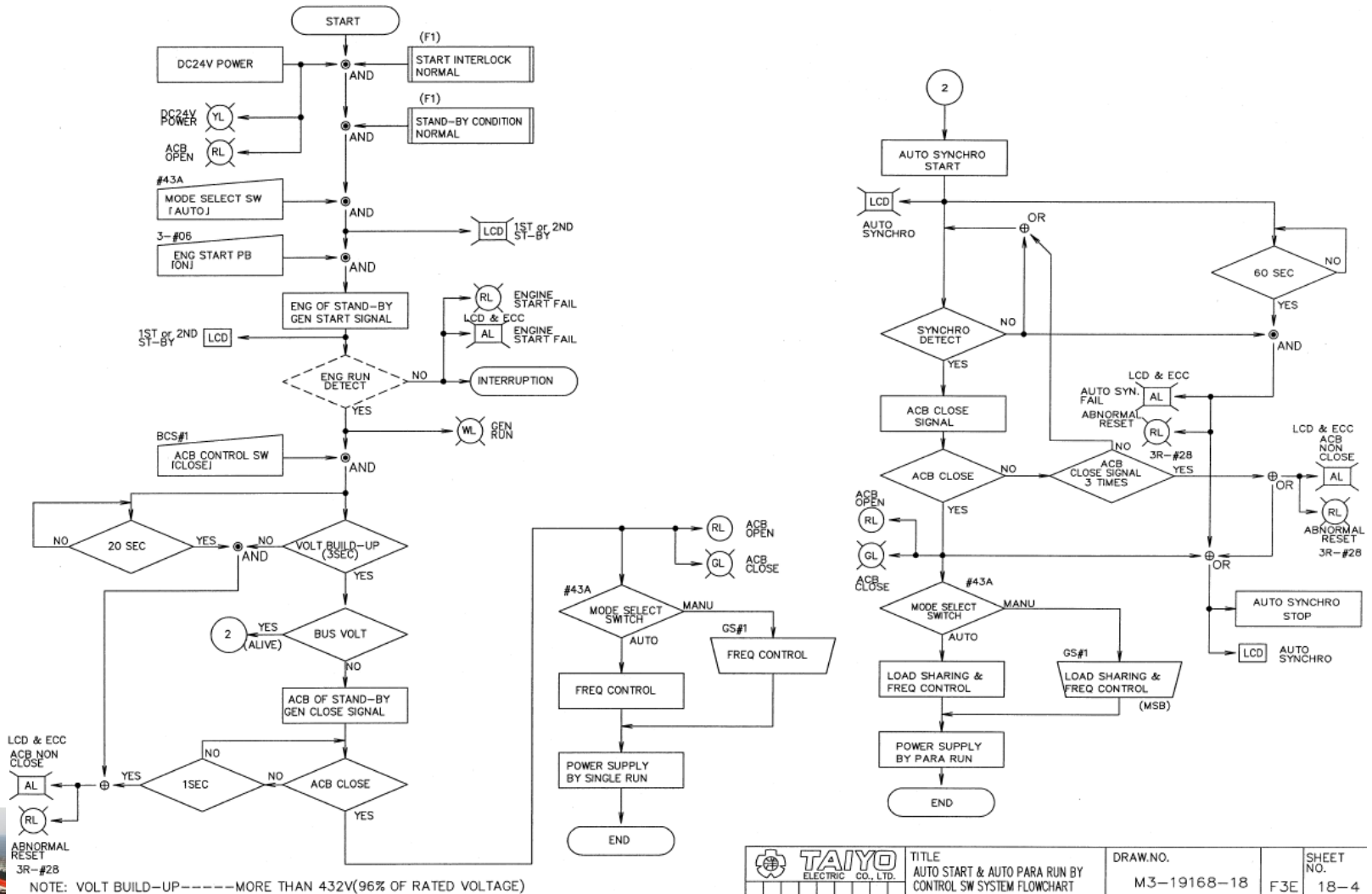
1. 如電熱器、洗衣機、電視機和影碟機等家用電器。





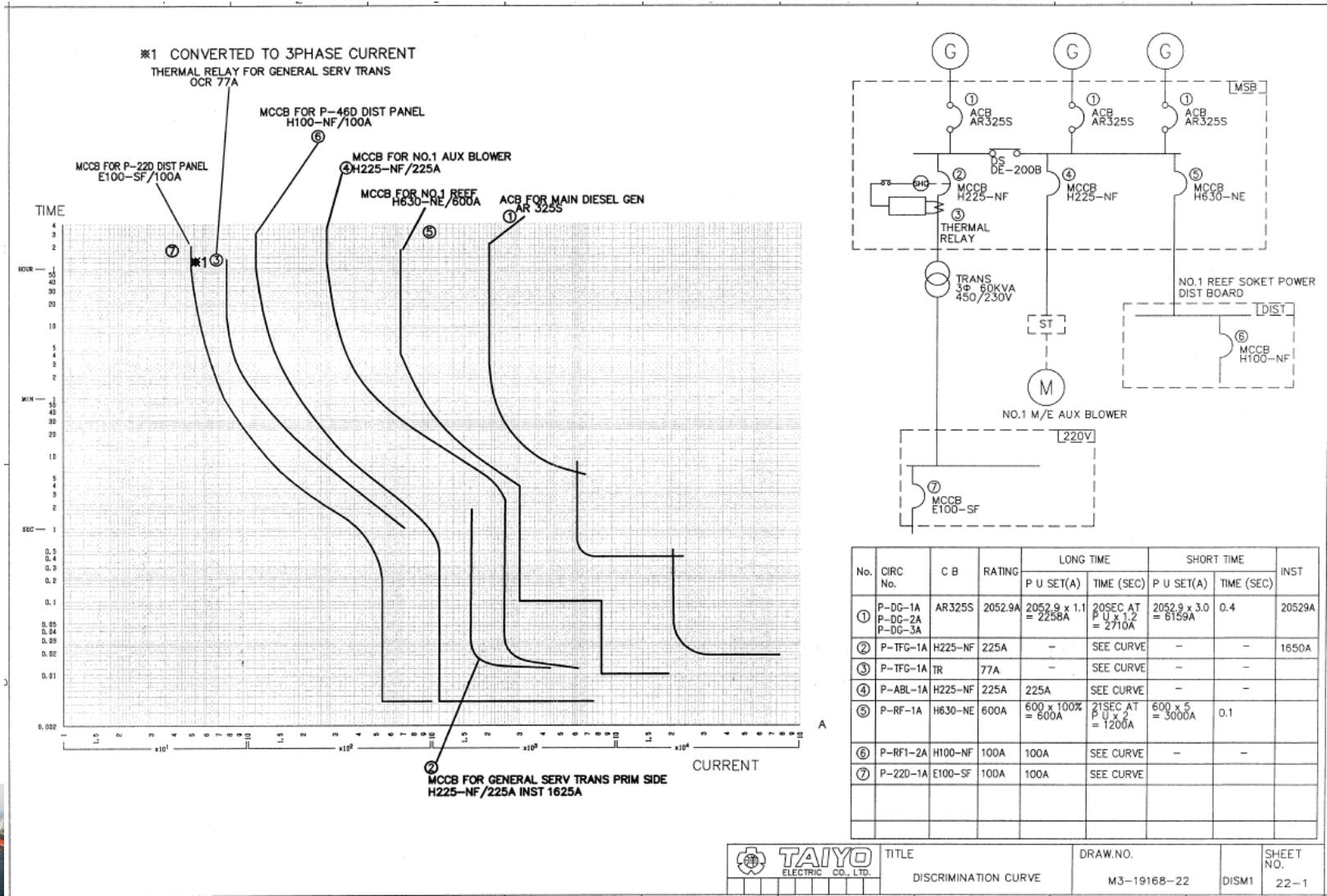


# MSB-控制流程图



	TITLE	DRAW.NO.	SHEET NO.
	AUTO START & AUTO PARA RUN BY CONTROL SW SYSTEM FLOWCHART	M3-19168-18	18-4

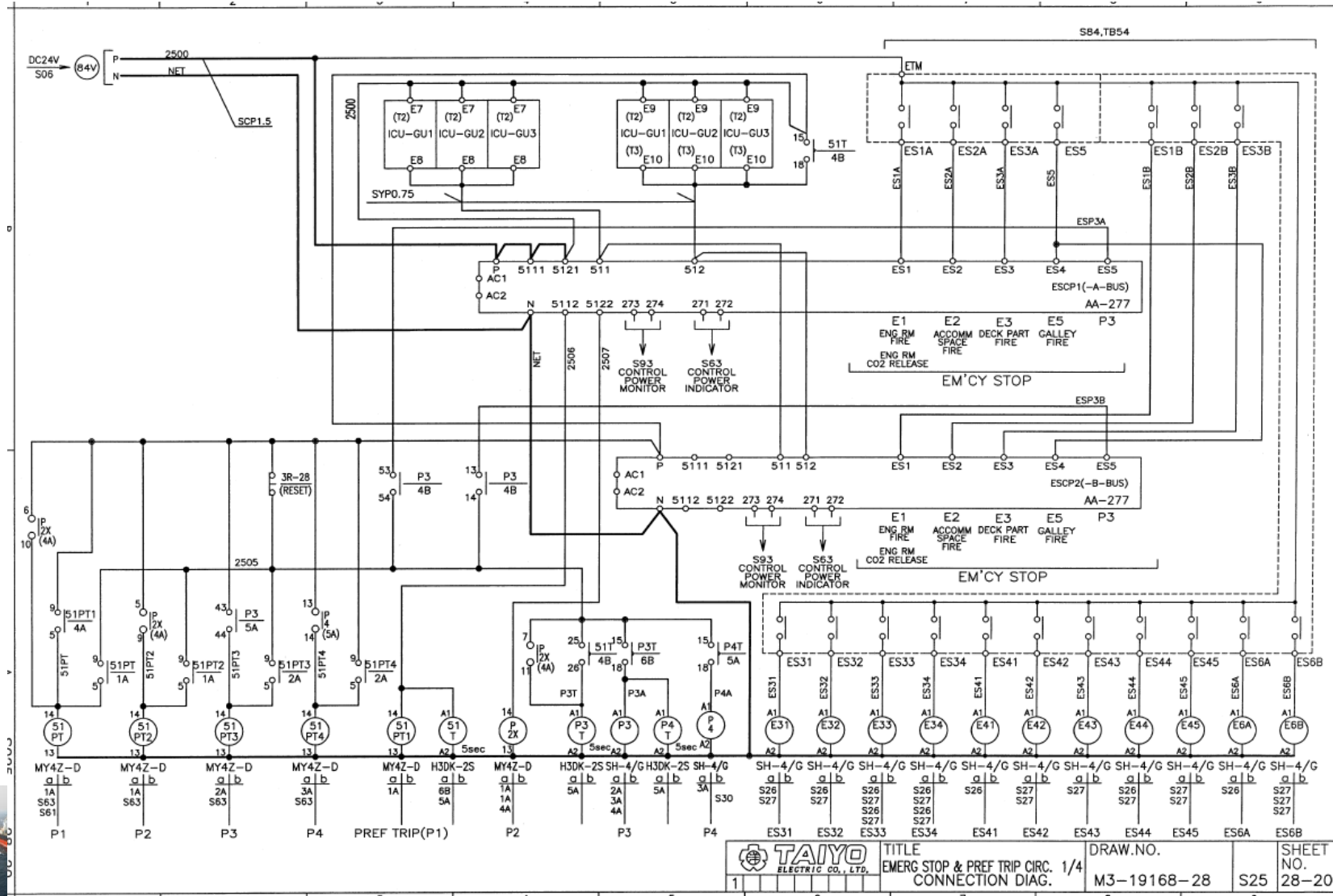
# MSB-電源迴路的保護協調



TITLE DISCRIMINATION CURVE DRAW.NO. M3-19168-22 SHEET NO. 22-1



# MSB-緊急停止與優先跳脫



1		TITLE	DRAW. NO.	SHEET
		EMERG STOP & PREF TRIP CIRC. 1/4 CONNECTION DIAG.	M3-19168-28	NO. 28-20



# 船舶電力系統特性

- 由於多數船舶是活動於水面上的獨立體，因此船舶電力系統與陸地電力系統相比有很大差異，主要有下列幾個方面。





# 1. 船舶電站容量較小

- 陸地電源可視為無限電源系統，而一般較大的遠洋船舶主電站通常裝三~五台發電機組，單機容量約為**400~4000kW**，可見船舶電源遠遠小於陸地電源。因此船舶電源容量較小，只能視為有限電源系統。
- 因為船舶電站容量較小，而某些設備的單機容量卻很大，其負載容量可與發電機容量相比，所以當這些負載啟動時，對船舶電網將造成很大的衝擊(電壓降很大)，此外，局部故障或誤操作都容易導致全船斷電，威脅船舶安全。





- 對於船舶系統的穩定性和可靠性要求較高，如船用發電機調壓器的動態特性指標比陸地發電機還要高，還要有強行激磁能力，發電機要有較強的過載能力等。
- 由於船舶工況變動頻繁，對自動控制裝置的性能也提出了較高的要求。
- 由於船舶電力系統相對獨立，且容量小，因此船舶發電機組的電壓或頻率調節相對較難，調整發電機的激磁電壓或原動機的轉速，將直接影響電網的電壓和頻率波動。





## 2. 船舶電網線路短

- 與陸地數千公里高壓輸電網路相比，船舶電網線路顯得較短，船舶電網往往不需要採用高壓輸電，因此電能損失較小。
- 大多數船舶發電機端電壓、電網電壓、負荷電壓是同一個電壓等級(500V以下)，所以配電裝置較陸地電力系統簡單。
- 因為船舶空間有限，電器設備比較集中，電網長度不長(一般不超過300m)，且都採用電纜，所以對發電機組和電網的保護比陸地系統要簡單，但在保護配合方面要求較高。



### 3. 船舶電器設備工作環境惡劣



- 船舶電氣設備工作條件比陸地惡劣，環境對電氣設備的性能和工作壽命有嚴重影響。
- 當環境溫度高時，會造成電機出力不足，絕緣加速老化；相對濕度高則會使電氣設備絕緣受潮、膨脹、分層及變形等，導致絕緣性能降低，使金屬部件加速腐蝕。
- 空氣中的鹽霧、油霧、霉菌的生長及灰塵黏結都可能使電氣設備絕緣下降，影響其工作性能。
- 船舶營運中常常受到嚴重的衝擊而產生振動、傾斜和搖擺，會造成電氣設備損壞、接觸不良或誤動作。
- 船用電氣設備必須滿足”船用條件”的要求。





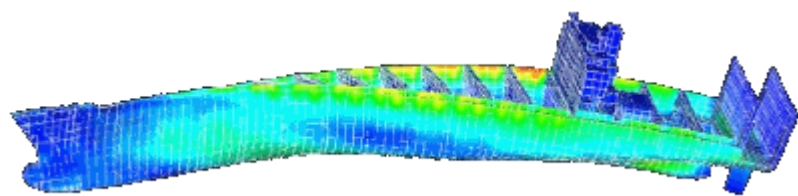
# 電氣設備的船用條件及基本要求



- 船舶的工作環境惡劣，是一般陸用電氣設備難以承受的。因此，船上的電氣設備必須符合船用環境條件的使用要求。

## 1. 適應震動和衝擊的條件

要求電氣設備應能承受船舶正常營運所產生的震動及衝擊。由於震動可使電氣設備的固定或連結部件鬆脫，使部件結構損壞或失靈，因此這些部件要有防鬆脫的措施。對受震動影響較大的設備應有減震或隔震措施，並且具有堅固的耐震動和抗衝擊的機械結構。





## 2. 適應傾斜和搖擺的條件

持續的傾斜和搖擺，破壞了電氣部件的受力平衡，導致設備損壞或故障。例如，電機轉子對軸承產生軸向推力或出現軸錘現象，使軸承不能正常潤滑而損害，接觸器的銜接不能正常作動等。因此，要求船用電氣設備在結構、技術條件和安裝方式上要能適應這些條件。例如，電機軸端間隙要小，應採用軸向直立安裝或沿船舶縱向安裝等；接觸器(電驛)要有足夠的電磁吸力和彈簧釋放力等。







# 傾斜搖擺角度

裝置與元件	傾斜角 <sup>(1)</sup>			
	橫 向		縱 向	
	靜 態	動 態	靜 態	動 態
推進與輔機	15	22.5	5	7.5
安全設備—應急動力裝置 <sup>(3)</sup>	22.5	22.5	10	10
安全設備—應急救火泵	22.5	22.5	10	10
開關裝置—電氣電子與控制系統	22.5 <sup>(2)</sup>	22.5 <sup>(2)</sup>	10	10

註：(1) 橫向與縱向的傾斜同時發生。  
 (2) 開關與控制器，在傾斜角 45° 內，應能維持在最後設定的位置。  
 (3) LNG 與化學品船，應急電源應在船舶汜水到最大橫傾 30° 時仍能持續供電。

注 1.可能同時發生橫向與軸艏向傾斜； 2.裝運液化氣體和化學品的船舶，其緊急電源還應在船舶進水以致於最終橫傾達30°的極限狀態下能保持供電。





### 3. 適應環境溫度條件

船舶環境溫度一般為-25°C ~ +45°C，鍋爐艙的電氣設備規定為50°。環境溫度對電氣設備的性能和使用壽命有直接影響。船用電氣設備應能在下表所列的初級冷卻海水溫度和標準環境溫度下工作。

介質	部位	溫度 / °C	
		無限航區	除熱帶外的有限航區
空氣	封閉處所內	0~45	0~40
	溫度超過45°C和低於0°C的處所	按該處所溫度	按該處所溫度
	開敞甲板	-25~45	-25~40
水		32	25





## 4. 耐受潮溼、鹽霧、油霧和霉菌的環境

- 若相對溼度一般為**95%**並有凝露，鹽霧、油霧和霉菌也較嚴重，則在**2~3週**內就能使絕緣體長附著物、膨脹，金屬部件生銹腐蝕，導致電氣設備絕緣材料的絕緣性能下降。
- 油霧和灰塵黏附於表面也增加了表面的漏電，而且阻隔散熱使溫升增高，潮濕的水分子滲入絕緣材料的裂縫和毛細孔中，使漏電流增大導致絕緣電阻的下降。
- 在特殊狀況下，如果某些設備沒有專門的船用電氣產品，則可考慮採用經三防(防濕熱、防鹽霧、防霉菌)處理過的陸用產品代替，但須徵得有關船級協會的認可。





# 5. 適應船舶電網電壓和頻率的波動

船舶電力系統是一個獨立的有限電網，電壓和頻率均受負載變化影響，特別是頻率的變化與陸地差別較大。電能質量包括電壓、頻率和交流電壓的波形三項內容，因此要求：

- 船用電氣設備應在下表所規定的電壓、頻率的變化範圍內能有效地工作。
- 交流電氣設備應能在供電電源的諧波成分不大於**5%**的狀況下正常工作。由半導體變流器供電者，應能在出現較大諧波時，正常工作。

設 備		參 數	穩 態	瞬 態	
					恢復時間
一般設備		電壓	+6~ -10%	20%	1.5秒
		頻率	±5%	±10%	5秒
由半導體變流器供電蓄電池設備	浮充充電期間 均充充電期間	電壓	+26~ 29V +28~ 33V	— —	





## 6. 滿足防護需求

- 為了避免電氣設備受到外部固體及液體異物的侵入而發生故障或損壞，為避免人身遭受觸電和機械傷害，一般電氣設備都應有防護殼罩。
- 由於一些艙室機器密布，空間狹小低矮，形成設備或人員遭受各種侵害的複雜環境，因此船用電氣設備的防護等級類型也比較複雜多樣。

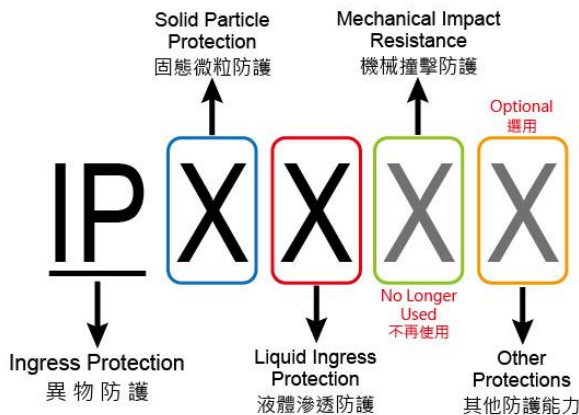




# IP代碼(IP Code)



- **國際防護等級認證(International Protection Marking , IEC 60529)**，也被稱做為**異物防護等級(Ingress Protection Rating)**或是**IP代碼(IP Code)**，有時候也直接稱做「防水防塵等級」，主要目的是在定義機械和電子設備能夠提供對於：固態異物侵入、液態滲入、機械撞擊以及其他項目有何等程度的防護能力。
- IP代碼的數字一共應該有四位數，前兩碼代表了防水防塵等級；第三碼代表了機械撞擊的防護能力，但目前已經不再使用，這一項已經被EN 62262標準中的IK代碼所取代；第四碼為單一字母，用以標示環境、物品、狀態等的相關信息。各位代碼中如用X字母表示，表示該設備不提供針對該代碼所代表防護能力的相關信息。
- 以下圖表，說明了IP代碼的意義，以及各代碼所代表的防護能力。



## 第一碼：固態微粒防護

用來表示產品外殼用來保護內部組件（比如電子與機械零件）和防禦外部物體進入的能力。

等級	防護能力	說明
0	無任何特殊防護功能	等於是暴露，無法保護接觸與外物入侵。
1	防止直徑大於 50 公釐的異物侵入	任何物品的大型表面，比如手掌可以進入，但無法防禦身體部位的有意接觸
2	防止直徑大於 12.5 公釐的異物侵入	手指大小或相似物體
3	防止直徑大於 2.5 公釐的異物侵入	能阻止螺絲起子，粗大電線伸入
4	防止直徑大於 1 公釐的異物侵入	隔絕多數電線與細小尖端的工具、或螞蟻等爬入
5	可部分防止灰塵侵入 (不會產生有害沉積物)	並不完全防禦灰塵進入，但必須有足夠的數量才能對設備的正常運作造成影響，並且完全防止接觸
6	完全密封防塵。	灰塵無法進入，完全防止接觸





## 第二碼：液體滲透防護

用來表示設備外殼抵禦液體滲透的能力。

等級	防護能力	測試目標	細節
0	無任何特殊防護功能	無	無
1	滴水	設備經垂直滴水不會因浸水而導致損壞	測試時間：10 分鐘 水量等於每分鐘 1mm 雨量
2	傾斜 15°滴水	設備經垂直到 15°角的水花的直接噴灑不會因浸水而導致損壞	測試時間：10 分鐘 水量等於每分鐘 3mm 雨量
3	噴霧	設備經垂直到 60°角的水花的直接噴灑不會因浸水而導致損壞	測試時間：5 分鐘 水量：0.7L 每分鐘 水壓：80–100kPa
4	潑濺	設備經水花從任何角度潑濺到不會因浸水而導致損壞	測試時間：5 分鐘 水量：10L 每分鐘 水壓：80–100kPa
5	可抵抗低壓噴水槍水柱至少 3 分鐘以上	從噴嘴(6.3mm)射出的水柱從任意角度噴射到設備上不會因浸水而導致損壞	測試時間：至少 3 分鐘 水量：12.5L 每分鐘 水壓：距離為 3m 時 30kPa
6	可抵抗高壓噴水槍水柱至少 3 分鐘以上	從強力噴嘴 ( 12.5mm ) 射出的加壓水柱從任意角度噴射到設備上不會因浸水而導致損壞	測試時間：至少 3 分鐘 水量：100L 每分鐘 水壓：距離為 3m 時 100kPa
7	可抵抗在 1 公尺深的水中浸濕 30 分鐘	設備外殼在明確的條件，包括水壓和時間下，浸入水中(最多浸入 1m)時將不會因浸水而導致設備損壞	測試時間：30 分鐘 浸入深度從設備底部至多為 1m，從設備頂部至少為 15cm
8	可抵抗在超過 1 公尺深的水中持續浸泡。製造商會依每個裝置標示該產品確切狀況	設備可在製造商指定的條件下適合於長時間浸入水中。通常這表示該設備是密封的。然而在某些設備上，也可指水可以進入但不會因浸水而導致設備損壞	測試時間：持續浸入水中，深度由製造商指定



## 防異物與防塵性



IP1x：防止直徑大於50公釐的異物侵入。



IP2x：防止直徑大於12.5公釐的異物侵入。



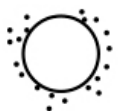
IP3x：防止直徑大於2.5公釐的異物侵入。



IP4x：防止直徑大於1公釐的異物侵入。



IP5x：可部分防止灰塵侵入（仍會對設備的正常運作造成影響）。



IP6x：完全密封防塵。

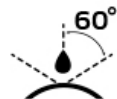
## 防水性



IPx1：防垂直滴水10分鐘。（等於1mm/min雨量）



IPx2：防15度傾斜滴水10分鐘。（等於3mm/min雨量）



IPx3：防60度內噴霧10分鐘。（水量10L/min、水壓50-150kPa）



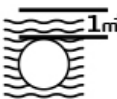
IPx4：防從任何角度對裝置噴水潑濺10分鐘。（水量10L/min、水壓50-150kPa）



可抵抗低壓噴水槍以6.3mm噴嘴，噴出12.5L/min水量且水壓為30kPa，噴水柱達3分鐘以上



可抵抗高壓噴水槍以12.5mm噴嘴，噴出100L/min水量且水壓為100kPa，噴水柱達3分鐘以上



IPx7：可抵抗在1公尺深的水中浸濕30分鐘。



可抵抗在超過1公尺深的水中持續浸泡1小時以上。製造商會依每個裝置標示該產品確切狀況。





## 7.尺寸小

- 由於船舶環境的限制，應在滿足所需電氣特性的前提下，盡量選用外型尺寸小的電氣設備。

## 8.質量輕

- 在不影響設備性能和強度的前提下，盡量選用以輕質材料製造的電氣設備，還應考慮運輸、安裝和檢修的便利。
- 船舶設計與建造時，對電氣設備的選擇及安裝必須考慮船的航線、種類、噸位、主機類型和功率以及有無特殊要求等條件。



# 船舶電力系統規範和標準



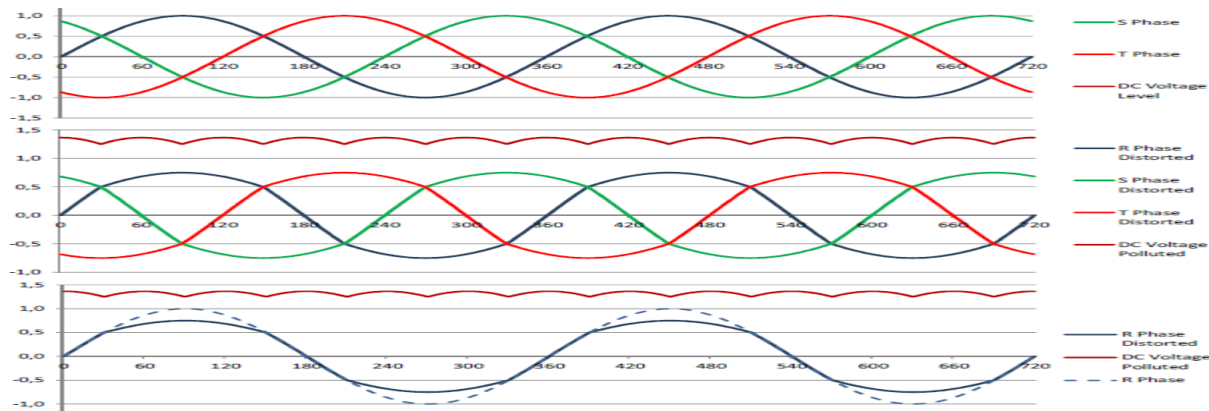
- 船舶電力系統必須遵循有關的規範和標準，以保證船舶電力系統滿足使用要求，使船舶電力系統設計和建造符合標準化和規範化。
- 為適應船舶出口的需要，涉及船舶電力系統的相關人員還必須了解與船舶電器有關的國際標準。
- 國際標準是由國際標準化組織(ISO)、國際電工委員會(IEC)、國際海事組織(IMO)等國際組織制定的標準，例如國際海事組織制定的《國際海上人命安全條約(SOLAS)》和《國際海上避碰規則》標準。



# 船舶電力系統基本參數



- 船舶電力系統的基本參數是指電流種類、額定電壓、額定頻率和線制。
- 船舶電力系統應首先確認電站的基本參數，它們決定電氣設備的生產和供應，制約著船舶電站工作的可靠性和電氣設備的質量、尺寸、價格等。
- 正確選擇電站的基本參數，可以保證整個電站和電氣裝置的可靠性、穩定性和經濟性。





# 選擇電站的基本參數應遵循以下原則



- (1) 船舶電站基本參數原則上應與本國陸用電力參數或船舶運行需經常停靠的碼頭的陸用電力參數一樣。
- (2) 必須保持船舶電站基本參數的統一。船舶上一般不採用兩種不同的基本參數（專用的局部電網或變流設備的特殊供電環節不包括在內），以免引起系統管理和電氣設備應用上的混亂。次級電網可在基本參數的基礎上擴展，並盡可能靠近基本參數，以減少電源參數的種類。
- (3) 船舶電站基本參數應與今後可能協同工作的其他船舶的基本參數一致，以保證船舶之間的相互配合，以及在緊急情況下實施救生和相互緊急供電的需要。
- (4) 電站基本參數應保證船舶機械電力拖動需要的特性、電動機和電器工作的可靠性，還應注意比較電氣設備的質量、尺寸和價格。





# 電制種類



- 按電流種類的不同，船舶電力系統可分為直流電力系統和交流電力系統，習慣上把它們稱為直流船舶和交流船舶。
- 早期的船舶多採用直流電制。交流電制從**20世紀30年代**開始在軍用船舶上應用，後來逐步推廣到各種船舶。由於交流電制具有顯著的優越性，**50年代**交流電制取代直流電制形成了高潮。
- 與直流電制相比，交流電制具有以下優點  
(1)交流電站電源裝置採用船用交流同步發電機，配自勵恆壓裝置，沒有整流子，工作可靠。動力負荷選用三相交流感應電動機，亦沒有整流子，結構簡單，工作可靠，維護量少，可直接啟動，啟動控制設備簡單等。





(2)交流電站的動力網絡與照明網絡之間的聯繫可透過變壓器，只有磁的聯繫，而沒有電的直接連接，對於絕緣電阻較低的照明網絡基本上不會影響動力網絡。而直流電站的動力網絡則直接受到照明網絡的影響，使系統的絕緣降低，容易發生故障，影響系統的安全可靠性。

(3)交流電氣設備質量小、尺寸小、價格便宜。由於大量的動力設備可以採用三相交流感應電動機，交流電機較直流電機在電機結構上要簡單得多，使其系統的設備質量減小、尺寸也小，且價格也便宜，因此給交流電力系統帶來了許多優勢。





- 船舶電站的電制種類仍然會到船舶能源類型或某些條件的限制。例如有較高調速要求的推進電力系統往往採用直流電制，小漁船、小快艇和只有少量照明負荷的小船上仍採用蓄電池組作電源。
- 有些船舶如挖泥船等，少量工作機械功率比較大、拖動或自動控制要求比較高，而採用直流電又比較適宜時，可以考慮採用交直流混合電制。以交流電供給機艙輔機及一般甲板機械和照明等用電，而以直流電供給工作機械。儘管如此，交流電制仍然是船舶電力系統技術發展的主流。



# 額定電壓



- 額定電壓是電力系統重要的參考指數之一。確定電力系統及其負載的電壓等級是電力系統設計的一項基本內容，船舶電力系統電壓等級一般都盡可能與岸電相同。
- 對於同一電壓等級的額定電壓，針對電源設備和用電設備其數值有所不同，具體如下。

## 1. 用電設備的額定電壓

因為電力線路在有電流通過時要產生電壓降，所以線路上各點的電壓都略有不同。





## 2.發電機的額定電壓

由於電力線路允許的電壓偏差一般為 $\pm 5\%$ ，及整個線路允許有10%的電壓損耗值，因此為了使線路的平均電壓維持在額定值，線路首端(電源端)的電壓宜較線路額定電壓高5%，而線路末端的電壓則較線路額定電壓低5%，所以發電機額定電壓規定高於同級電網額定電壓的5%。

## 3.電力變壓器的額定電壓

### (1)電力變壓器的一次繞組額定電壓

- 當變壓器直接與發電機相連時，其一次繞組額定電壓應與發電機額定電壓相同，即高於同級電網額定電壓**5%**。
- 當變壓器不是與發電機相連而是經過較長的線路連接時，則可看作是線路的用電設備，因此其一次繞組額定電壓應與電網額定電壓相同。





## (2) 電力變壓器的二次繞組額定電壓

- 變壓器二次側供電線路較長(如為較大的高壓電網)時，其二次繞組額定電壓比相連接電網額定電壓高**10%**，其中有**5%**用於補償變壓器滿載運行時繞組本身約**5%**的電壓降，因為變壓器二次繞組的額定電壓是指變壓器一次繞組加上額定電壓在二次繞組開路時的電壓；此外變壓器滿載時二次繞組輸出電壓要高於同級電網額定電壓**5%**，以補償線路上的電壓降，所以二次繞組額定電壓總要高於電網電壓**10%**。
- 變壓器二次側供電線路不長時，其二次繞組額定電壓只需高於所連電網額定電壓**5%**，僅考慮補償變壓器滿載運行時繞組本身的**5%**電壓降。由於船舶電網的供電線路都不長，因此變壓器二次繞組額定電壓應高於所連電網額定電壓**5%**考慮。







目前船舶電力系統最常見的電壓等級是

交流**60Hz**，**440V/220V or 110V**。

發電機的額定電壓為**450V**；

動力用電設備額定電壓為**440V(小型)**，**3.3kV(大型)**；

照明變壓器的一次/二次側的額定電壓為**220/110V**；

照明用電設備額定電壓為**220V/110V**。



# 大型船舶採用的中壓電力系統



- 隨著船舶電站容量的增大，低壓系統已不能滿足供配電要求。
- 從20世紀60年代開始，一些大型船舶採用中壓電力系統(中壓指1~35kV)。其中，有的只是某些特定的大功率負載採用的局部中壓系統，有的則是大功率負載甚至其電力推進裝置、動力電網和照明電網均採用中壓系統。
- 目前中壓系統較多應用在大型工程船舶、鑽井平台以及工作性質較特殊的大型船舶上。



# 促使船舶採用中壓電力系統的主要原因



- (1) 船舶消耗的電力日益增長，要求電力系統的容量增大。這引起系統的故障短路電流增大，而目前低壓空氣斷路器的最大分斷能力不能滿足斷流要求，即保護裝置的斷流容量限制了船舶電力系統容量的增大。採用中壓系統可以減小短路電流的絕對值，增大電力系統的極限容量，緩解這一矛盾。
- (2) 發電機和負載電動機的單機容量增大。如仍然採用低壓，則製造困難，而且不經濟。美國造船和輪機工程協會認為，**450V**低壓發電機的實際單機容量極限為**2500kW**，超過這個極限時，則推薦採用**3300V** (電網電壓**3200V**)
- (3) 配電系統容量越來越大。採用低壓電纜時，其電纜截面很大、用銅量大，給電纜鋪設佈線施工帶來困難且不經濟。在輸送功率大到一定數值時，電纜的最大標識截面已不能滿足要求，必須提高電壓等級。





- 船舶電力系統是否採用中壓，需要綜合分析主發電機和大功率負載電動機的容量及電力負載可能達到的實際數量，根據自動開關將來可能分斷的電力容量來確定。
- 有人認為短路容量小於10MVA時，採用380~440V電壓等級較為合適；短路容量在10~15MVA範圍時，應採用3300V電壓系統；短路容量在15~30MVA範圍時，應採用6600V電壓系統；短路容量超過30MVA時，最好採用11000V電壓系統。



# 生活用電電壓



- 通常船舶上的生活(住艙)用電電壓為交流 220V or 110V 。
- 近年來某些客船上也逐漸開始採用110V電壓作為船舶上的生活用電電壓。



# 額定頻率



- 目前在上世界上船舶交流電力系統現行的額定頻率有50Hz和60Hz兩種。
- 使用60Hz額定頻率的發電機和電動機可獲得較高的同步轉速，而50Hz額定頻率具有較低的電磁損耗。
- 究竟應選取何種頻率為船舶交流電力系統的額定頻率，取決於各國所在地區電力工業的現行額定頻率和其船舶的航線以及相互間開展貿易交往的需要。在船舶電力系統中，船舶的額定頻率一般與本國的陸電頻率相一致，不能任意選擇。





# 世界不同國家船舶和 陸用電力系統的額定頻率



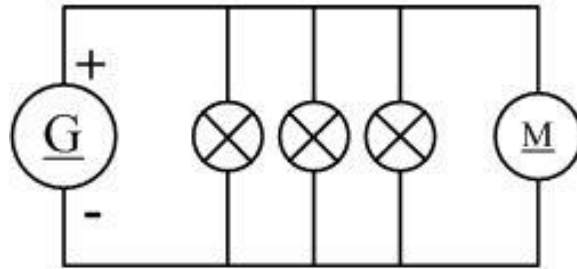
國 家	船舶電力系統頻率/Hz	陸用電力系統頻率/Hz
中國	50	50
美國、加拿大	60	60
英國及 歐洲大陸國家	50	50
日本	60	50(東京電力公司及以北的東部地區各公司) 60(中部電力公司及以西地區各公司)
德國	民船50、軍船60	50
台灣	60	60



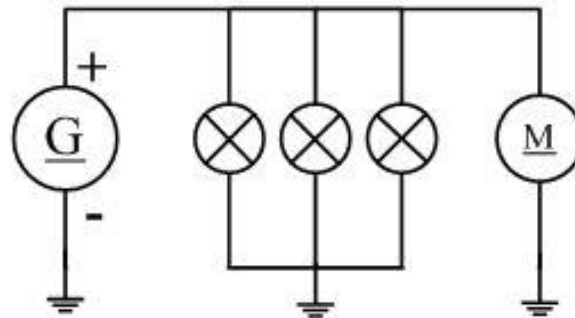
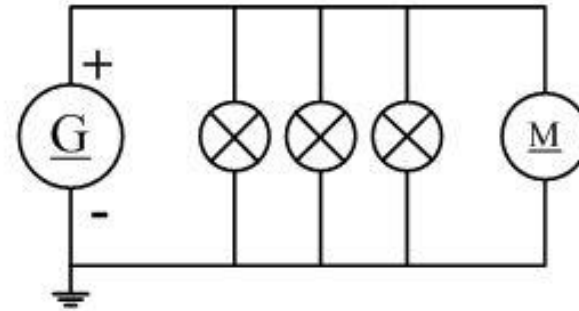
# 線制



雙線絕緣系統

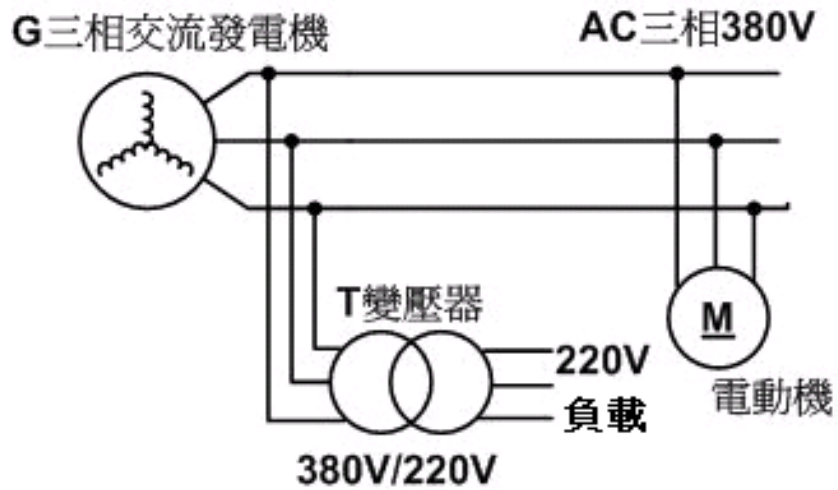


負極接地的雙線系統

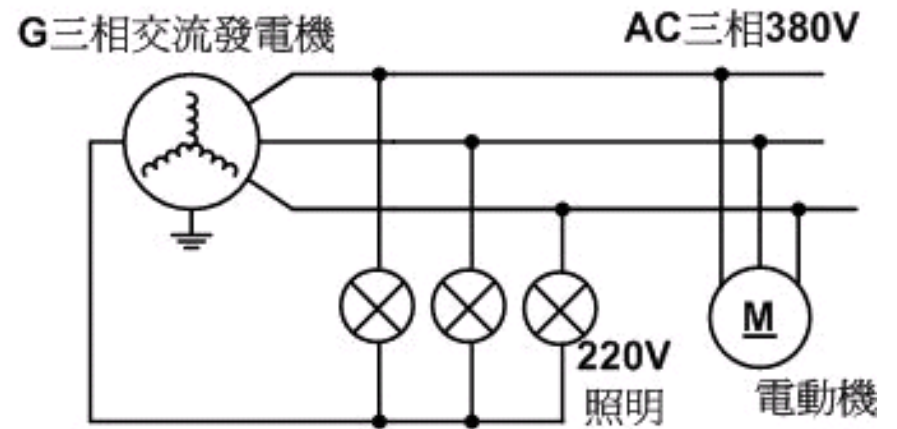


利用船體做負極迴路的單線系統





三線絕緣系統



中性點接點的四線系統





## 以船體做為中性線回路的三線系統

- 三線絕緣系統是系統的中性點不接地的線制。其特點是**AC220V**照明電源由**AC440V**電網經變壓器獲得，照明系統與動力系統是經過變壓器相連繫的，所以在照明與動力兩系統間只有磁通的聯繫，而沒有電氣的直接聯繫，因而相互間影響小，尤其是易出現絕緣故障的照明系統對動力系統的影響大為減少。
- 當系統中發生單相接地時，不會出現單相短路而產生短路電流使系統保護跳閘。





- 但必須在短時間內尋找出接地點並排除之，以免長期使非接地相，工作在線電壓下，造成絕緣損壞。因此，中性點不接地的三線絕緣系統一定要有絕緣監視裝置的配合，以保證在出現單相接地或絕緣下降時，能及時發出警報，通知人員儘早處裡，以防止電力系統演變成破壞性故障或造成人身傷亡。
- 三相絕緣系統對於船舶電力系統有明顯的優勢。目前，絕大多數船舶均採用這種中性點不接地的三相三線絕緣系統。





## 三相絕緣系統問題

- 隨著船舶向大型化、自動化發展，電氣設備大量增多，電纜根數、長度及其截面的增加，以及防無線電干擾電容的廣泛應用，使船舶電力系統的對地電容大為增加，因而就使電網相線和船體之間產生了電氣聯繫，並有可能危及人體安全和引起電火災的電壓存在。
- 在中性點絕緣系統中，故障狀態和合閘瞬間可產生**2~5**倍過電壓的衝擊，這一個電壓將對船舶中使用的電腦、電子設備和測量儀表帶來危害，必須注意防範。







# 船舶電站的主接線

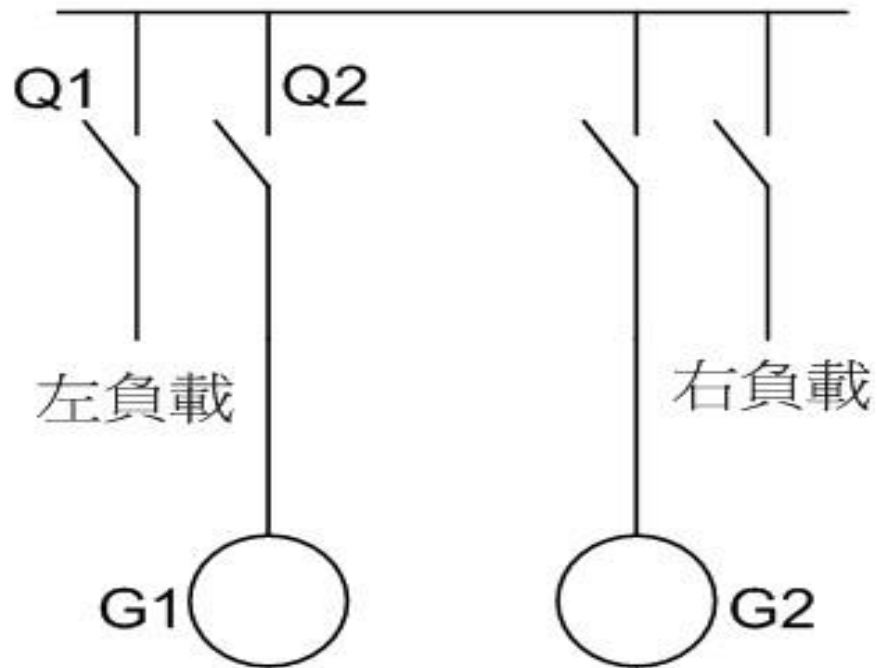
- 單母線(匯流排)不分段
- 單母線分段
- 雙母線不分段
- 雙母線分段





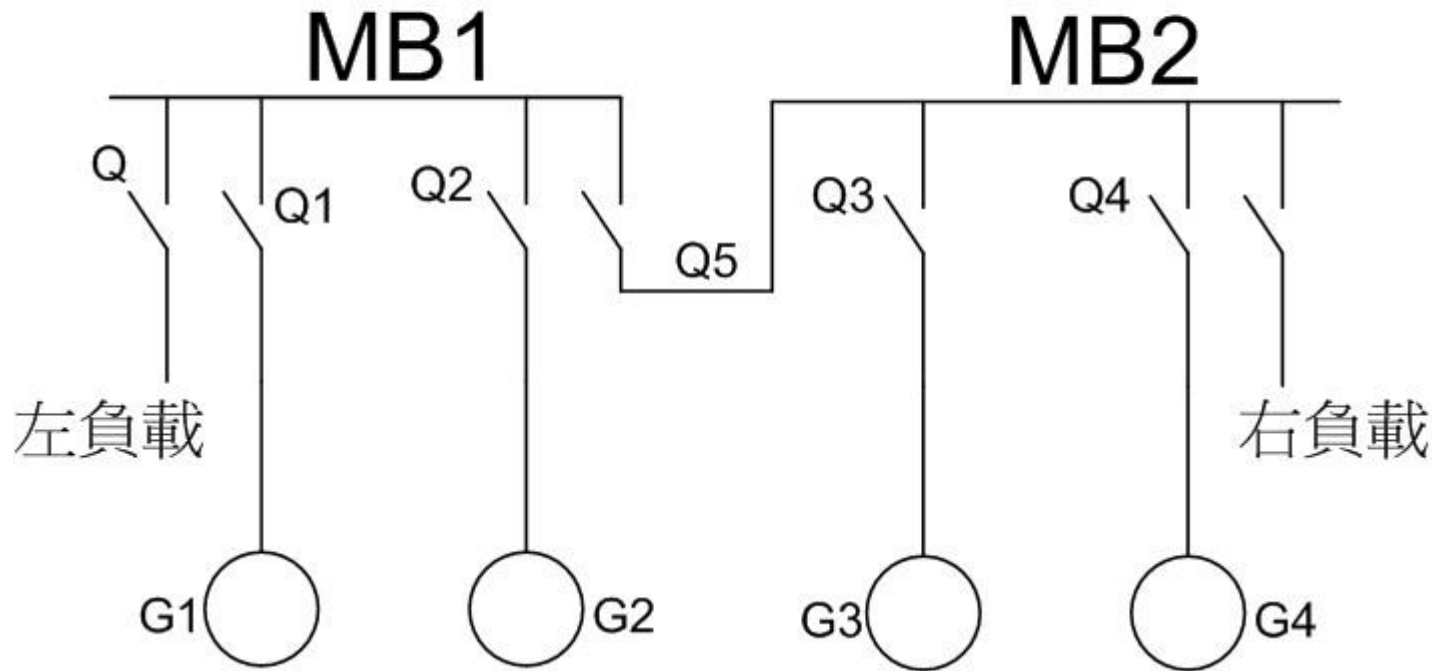
## 單電站的母線不分段主接線

# MB



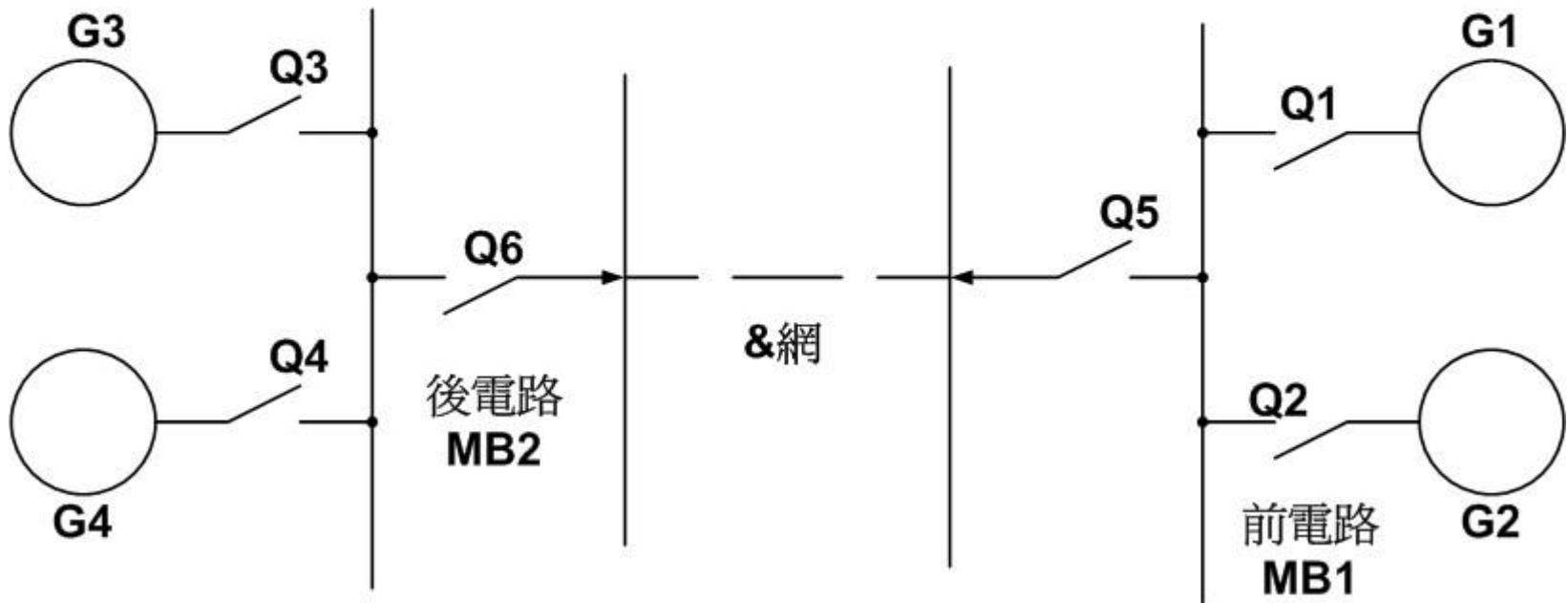


# 單電站的母線分段主接線



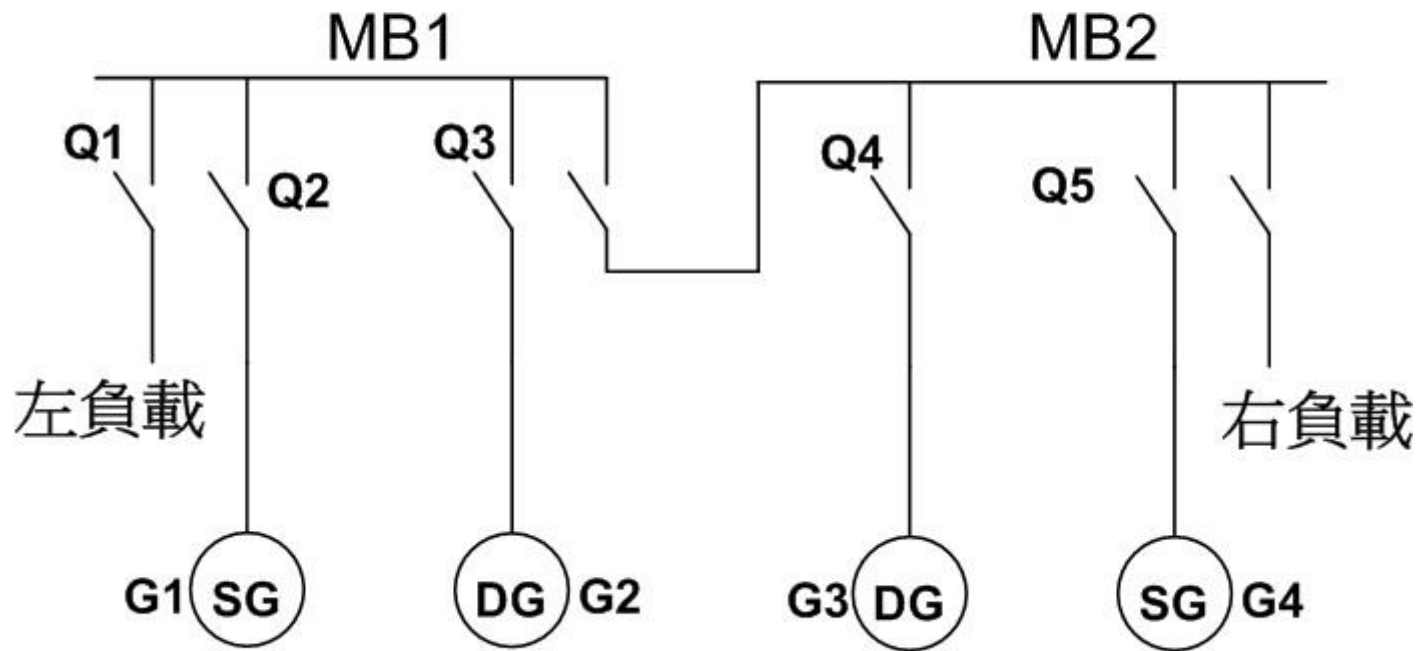


# 有兩個電站的主接線





# 有兩台軸帶發電機和 兩台柴油發電機的主接線

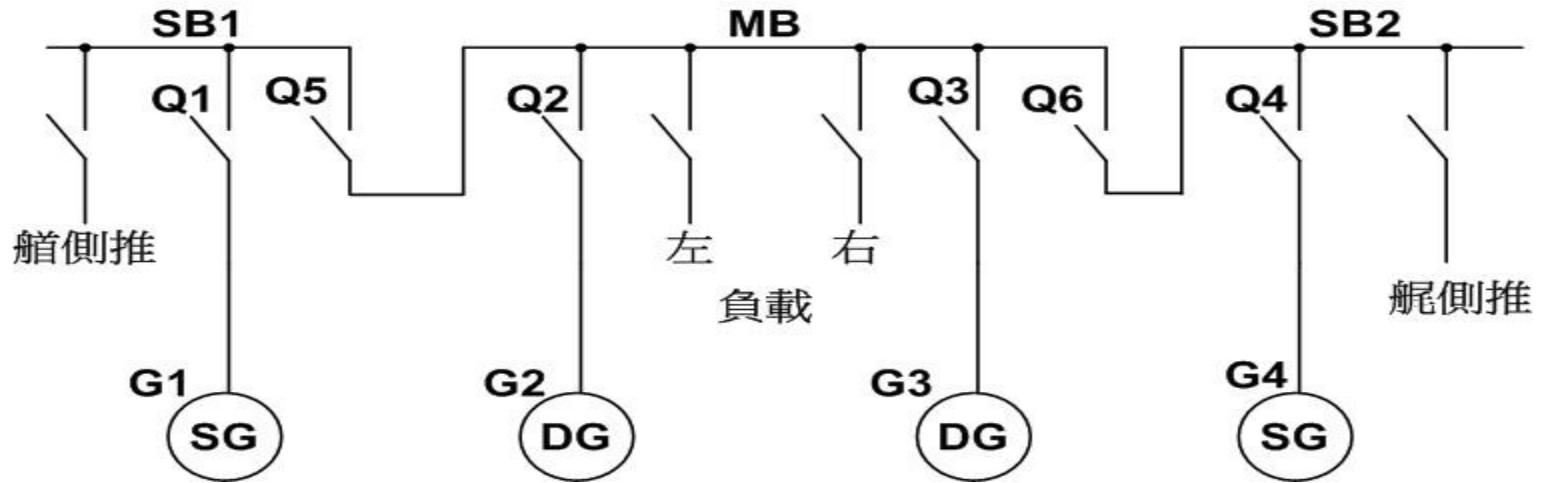


DG-柴油發電機 SG-軸帶發電機

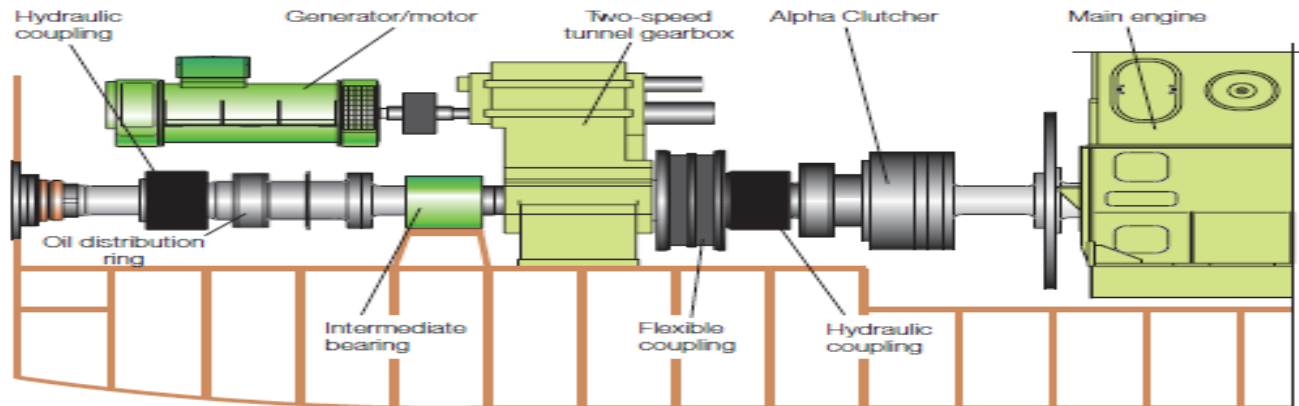




# 主母線在中間的三段母線的主接線



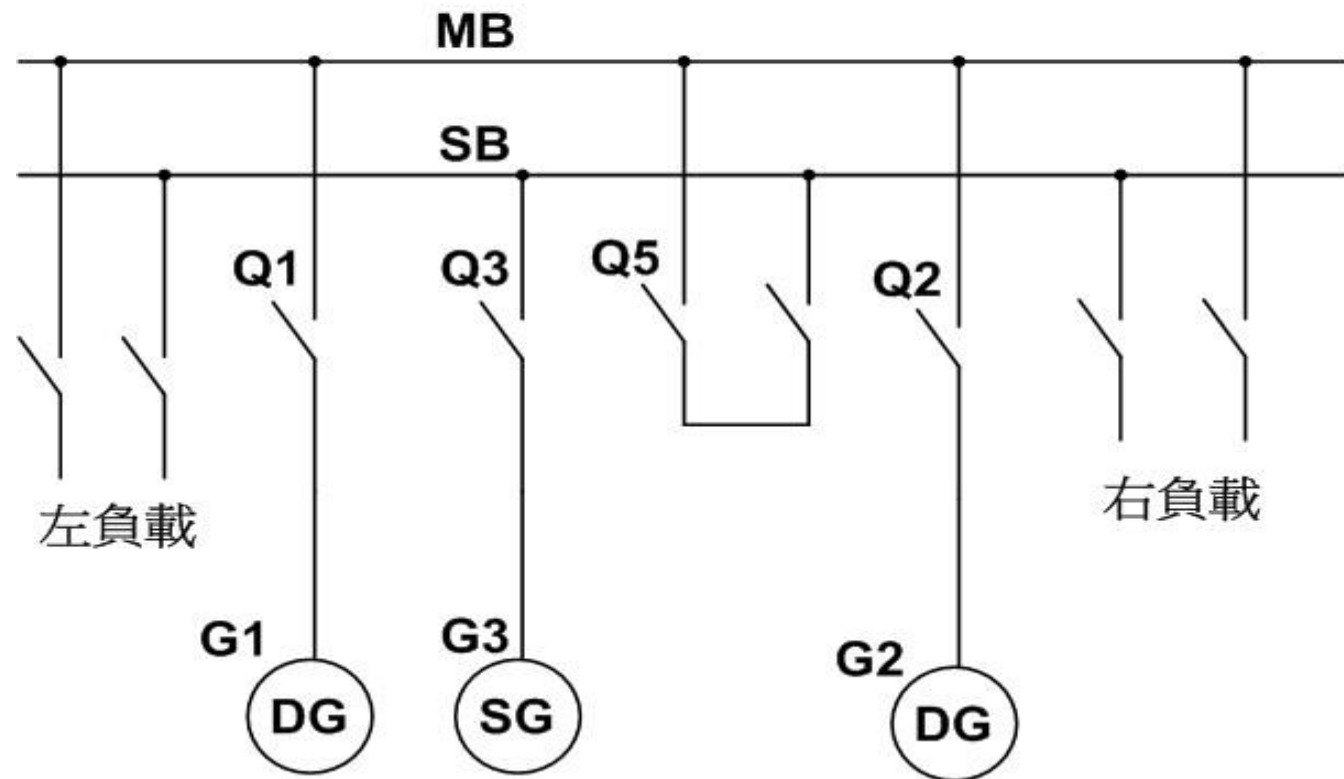
DG-柴油發電機    SG-軸帶發電機







# 有一台軸帶發電機和兩台柴油發電機的主接線



DG-柴油發電機    SG-軸帶發電機



# 船舶電力系統的類型

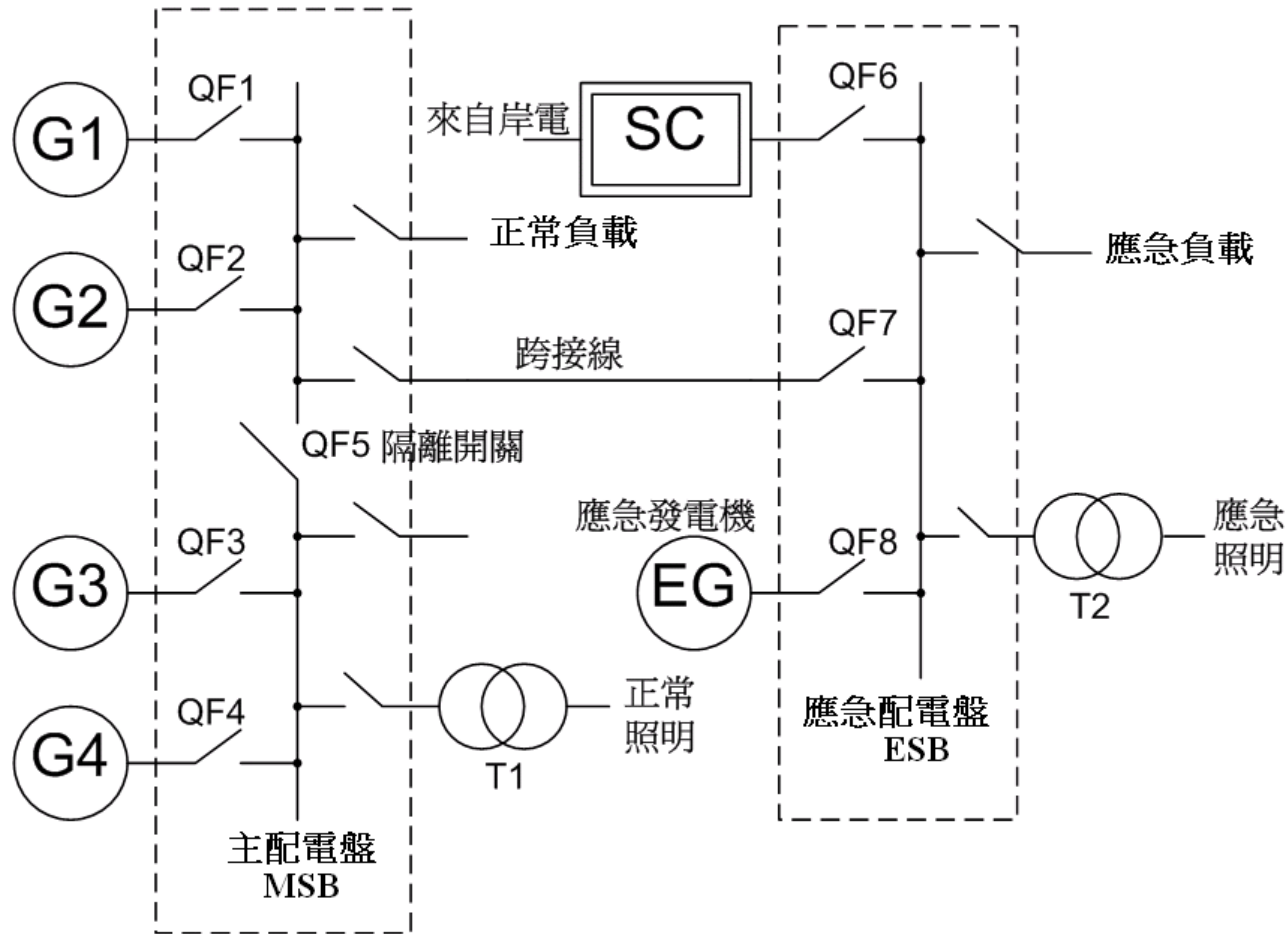


## 一.單主電站的交流電力系統

主電站中常設置兩台以上的交流發電機組，以便在檢修或一台發電機發生故障時交替使用，這種系統常用於各種民用船舶和軍用輔助船舶。這種電力系統有時除了配備主電源，保證船舶正常運行工況下各種用電設備的供電外，還設置停泊電源或緊急電源，用來保證船舶處於低負載、緊急或其他特殊工況下部份電器設備的供電。



# 單主電站電力系統



MSB-主配電盤 G1~G4-主發電機 T1-照明變壓器 SC-岸電箱  
 ESB-緊急配電盤 EG-緊急發電機 T2-緊急照明變壓器 QF1-QF8-自動空氣  
 開關



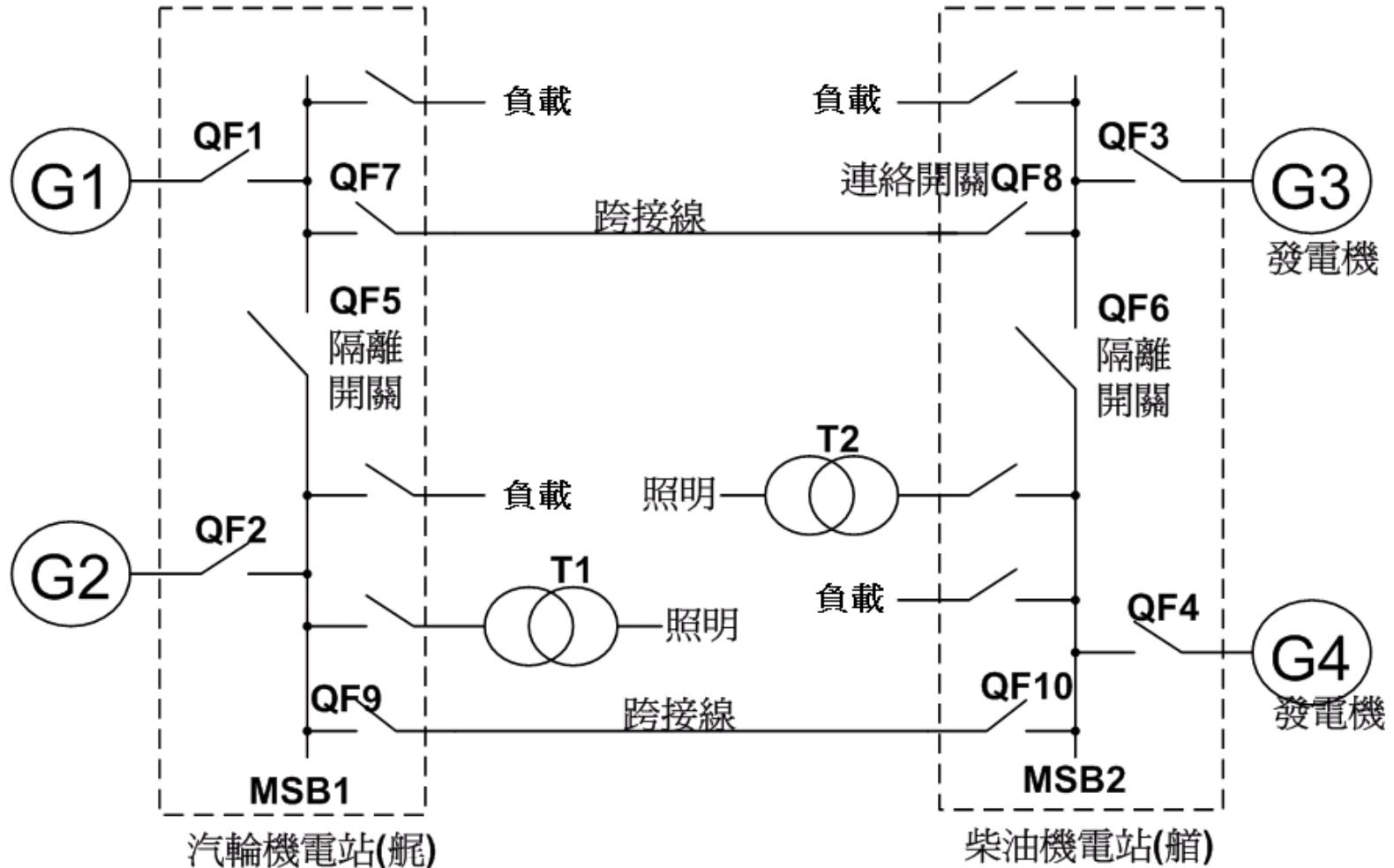


## 二.多主電站的交流電力系統

多主電站交流電力系統系指船舶上有兩個及兩個以上主電站的電力系統，大型的航空母艦上有時甚至設置有8個電站。這些電站分散布置在船舶比較安全的部位，保證電力系統具有較高的供電可靠性和生命力。這種系統常用於戰鬥艦艇、核動力船或其他對供電可靠性有較高要求的船舶上。



# 多主電站電力系統



G1~2-汽輪發電機 QF1~4-發電機主開關 QF5~6-隔離開關  
 G3~4-柴油發電機 T1~2-照明變壓器 QF7~10-連絡開關





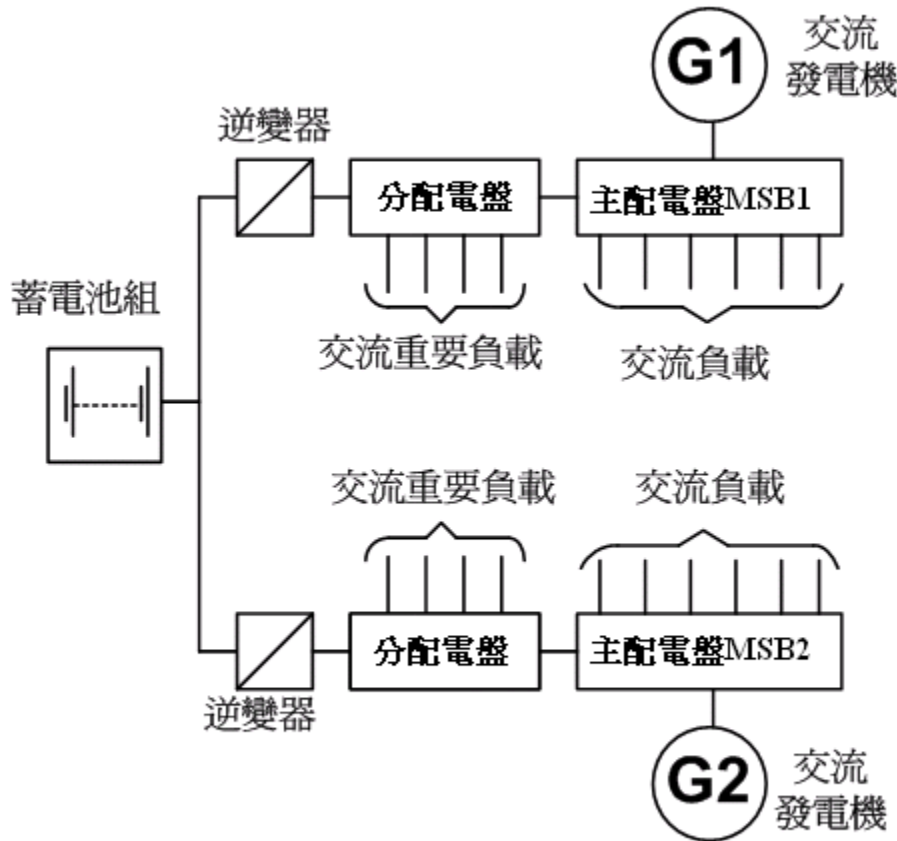
### 三.交直流混合電力系統

交直流混合電力系統是一種交流發電機組和直流蓄電池組混合構成的電力系統，主要用於潛艦等特種艦艇。它可以在蓄電池中儲存電能，有較高的供電可靠性。根據船舶主要用電設備是交流或直流，又可分為交流供電系統和直流供電系統。

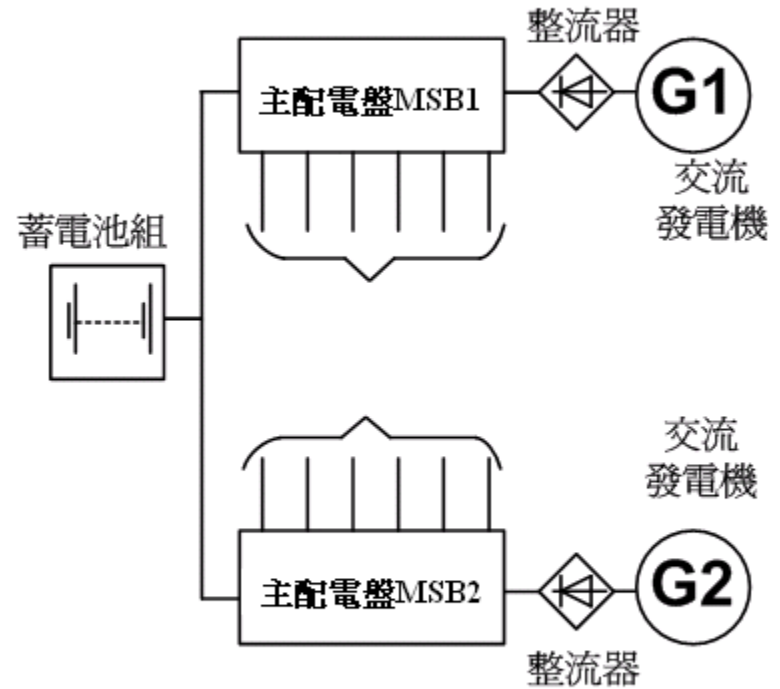




# 交直流混合電力系統



## 交流供電系統



## 直流供電系統



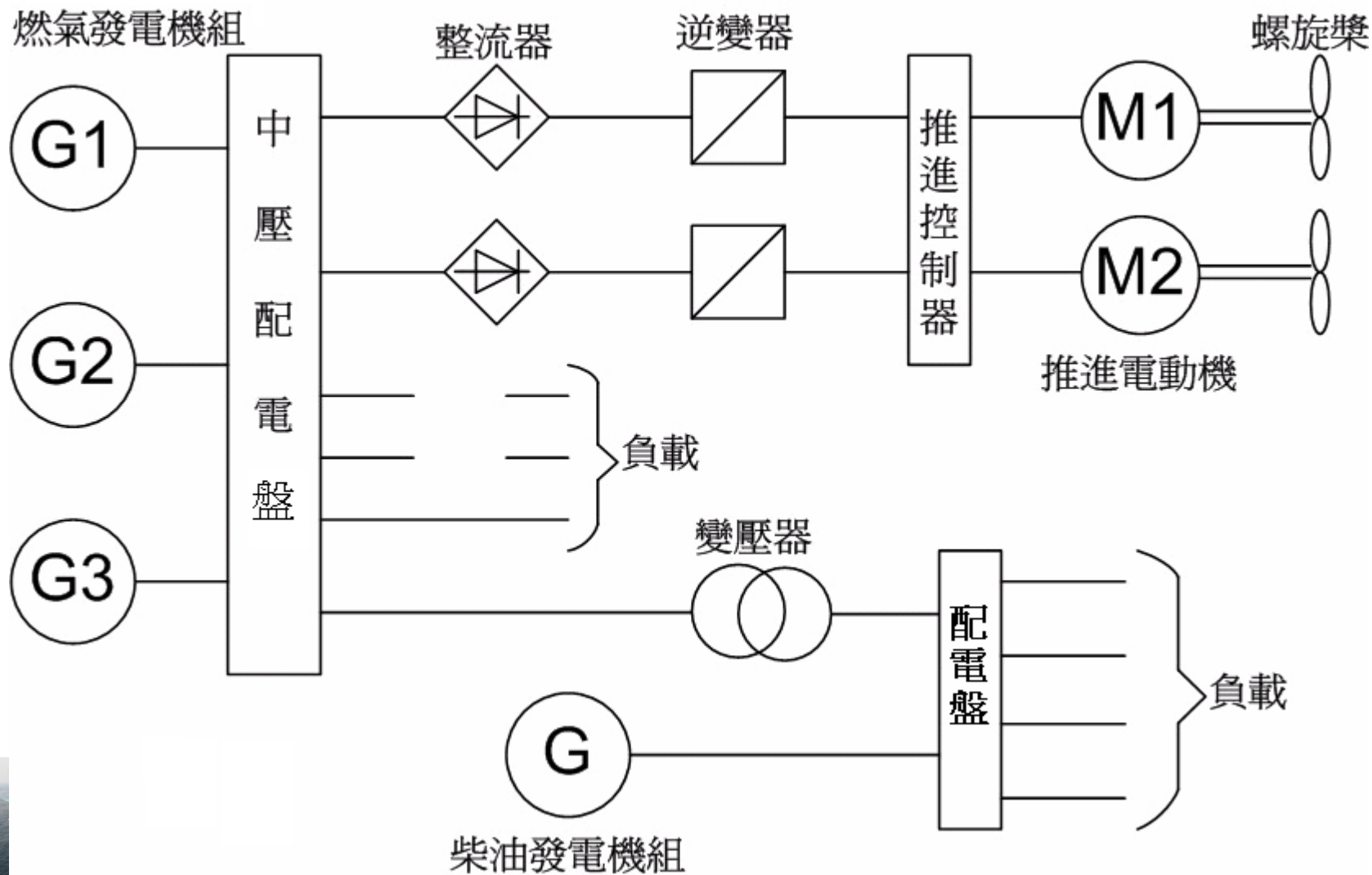


## 四.交流電力推進整合電力系統

電力推進的船舶(如破冰船、工程船等)，常採用將船舶電力推進主機電源，合船舶動力照明電源兩者合一的電力系統，這樣的電力系統具有更大的經濟性和機動性。



# 交流電力推進整合電力系統



# 船舶電力系統的可靠性



## 一. 船舶電力系統的可靠性

### 1. 可靠性概念

- 可靠性是指研究對象在規定條件下和規定的時間內完成規定功能的能力。
- 可靠性分固有可靠性和使用可靠性兩種。前者通過科學論證、合理設計及精選元件和設備來確定。後者是對象在具體環境中運行、維護及人為因素影響下實際達到的可靠性。
- 可靠性常用可靠度或故障率來衡量，它與機率有關。



## 2.保證可靠性的措施



- (1)組成系統的各元件或設備應有足夠的可靠性
- (2)系統設計時充分保證供電能力、運行安全和維護方便。如發電機組及電源設備留有一定的供電裕量。
- (3)制定系統的操作和維護規章制度，儘可能減少或避免人為失誤。
- (4)透過準確的檢測手段，在故障前兆時期及時警報，以避免故障發生。當發生局部故障時，採取積極的措施把故障限制在最小範圍內。
- (5)把大系統劃分為多個不同功能的子系統，各個系統保持相對的獨立性。例如，可劃分出控制系統、檢測警報系統、通信系統和保護系統等。
- (6)有必要的後備保障，元件級有備品備件；設備級有備用設備，如備用發電機、備用舵機電動機等。





- 緊急電力系統的作用是在主系統發生故障時，替代主系統向重要負載供電。緊急系統須滿足系統獨立性原則，它有自己的緊急電源設備、緊急配電盤、緊急電網及緊急負載。緊急電站一般設在上層甲板，遠離主電站(通常設在機艙或機艙平台處)。
- 緊急電力系統分兩種：一種以柴油發電機組作為電源，叫大緊急系統；一種以蓄電池組及其充電設備作為電源，叫瞬時緊急系統或小緊急系統。後者的供電時間較短，但主系統斷電後它幾乎可以不間斷的維持向重要設備供電。







## 二.船舶電力系統的存活力概念

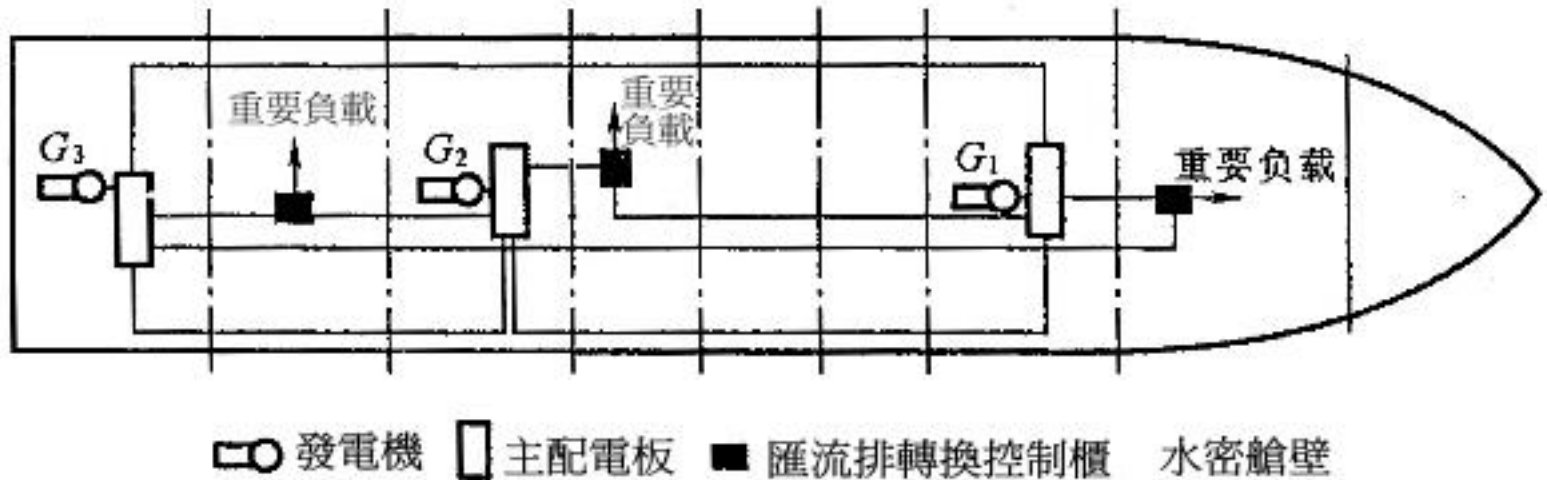
- 軍用艦艇，除考慮可靠性外，還強調存活力。艦艇電力系統的存活力，是指其在戰鬥或事故中破損時，仍能保證有不間斷供電的能力。因此，艦船電力系統與民用船舶有許多不同之處。
- 為了提高電力系統的存活力，船舶電力系統通常採用多主電站方式。





- 為了提高電力系統的存活力，在電網接線結構方面，採用可靠性高的接線方式，如環形和網形接線方式；在供電方面採用分區形式，如以水密艙壁為界。

## 電站之間的跨接線沿船兩舷佈線





# 船舶環型分區供電接線系統

