

全電力船舶之電力潮流與短路電流模擬分析

李泰利* 余金庭* 蘇俊連^{*1} 張國仁** 曹瑞凌** 陳清祥** 李佳福**

*國立高雄科技大學 電機工程系
**中信造船股份有限公司

關鍵詞：船舶、電力系統、電力潮流、短路電流、匯流排電壓、國際標準

摘要

隨著電力電子技術的發展，全電力船舶已日漸普及，使得該類型船舶電力系統設計規畫變得更加重要。為使全電力船舶電力系統穩定且經濟地運轉，全船電力潮流及短路電流計算是必要且重要的，以決定適當的電力設備及電力保護開關。本文主要目標為全電力船舶之電力系統潮流與短路電流模擬建模及分析，並以一艘實際全電力船舶之電力系統架構及設備參數作為示例，使用電力系統分析軟體進行模擬及結果分析，其分析結果將包含電力潮流、短路電流及匯流排電壓大小。本研究之成果希望有助於國內相關產業，於規畫及設計全電力或複合動力船舶電力系統時，能夠提供一套更加合理及可靠的設計方法及程序，以確保後續船舶完工驗收時，船舶電力系統能夠符合船級協會電力系統標準需求。

前言

海運擁有悠久的歷史，對經濟發展至關重要。從最初的人力推動到現代的電力推進系統，船舶性能需求不斷演進。古代船舶主要用於捕魚和交通，隨著貿易需求的增加，海運成為運輸大宗貨物的主要方式。地球上 70% 的面積都是海洋，隨著時間的推移，船舶功能擴展至救援、科學研究等各個領域。

近年來由於海事工業蓬勃發展與開發，船舶應用領域及功能要求變多也更廣，鑒於船舶應用領域的不同，對於船舶推進系統有多種特殊性能要求，例如：長時間工作在低負荷下、對噪音、振動及機動性有更高要求、可動力定位等等，對於上述之特殊要求電力推動系統皆可達到目的。鑒於船舶應用領域的不同，對於船舶推進系統有多種特殊性能要求，因此，對特殊工作船而言，又以電力推進船為主。

與早期的動力機械推進船相比，電力系統所使用的負載通常為照明與儀表通訊，基本架構簡單且範圍較小，而電力推進船擁有更多現代化設備，這些設備都依賴電力驅動，使得電力系統結構變得更複雜。因電力推進船航行過程中，借助多種電力電子所製作的電力轉換器設備運作來完成船舶的航行。這時船舶的電力系統穩定度就顯得很重要，如果電力系統不穩定或設計不良，可能會導致船舶的

重要設備如發電機、電動機、斷路器、計量儀器發生延遲或故障之誤動作，使船舶的航行過程發生不可挽回之危害，故船舶電力系統設計非常重要。為了建立一個穩定的船舶電力系統，其可利用電力系統軟體進行電力潮流分析，依據在不同工作模式下所採用的發電機與負載進行建模模擬，並觀察線路之過載情形與短路故障電流，模擬結果出來後，若發現設計不良或異常之處，可提早針對該處提出有效的改善策略。

使用模擬程式的好處在於不需立即建立出實體的電力系統，只需用程式中所提供的模組進行配線，並確實輸入各設備參數，模擬程式會自動計算出結果，所輸入參數越仔細，所得出的結果越完整。所得出結果雖為理想值，但也可間接確認該系統的穩定度與是否有設計問題，因不須額外的購買器具與施工，且可以提前或同時在工程中進行，大大的減少後續進行更改的人力與經費，對於造船公司而言是一個好的方案。

船舶電力系統對於船員的安全性以及對海洋環境的保護都非常重要，若船舶因電力系統設計不良，將可能造成推進系統或導航系統等設備產生故障，使船舶無法繼續工作或失去動力，進而可能導致海上或近岸海域發生嚴重事故，事故發生後，除了造成船人員傷亡，船舶遺體也可能因此燃燒或著洩漏有害物質，對海洋造成汙染，不利於海洋的永續發展[1-4]。

¹聯絡作者 蘇俊連 (cls@nkust.edu.tw)

目前為了減少碳排，許多載具都採用電力推動，而船舶作為貿易運輸與其他工作項目的大宗使用載具，許多船舶也慢慢轉型，採用電力推進系統[5]，故船舶的電力系統穩定度是我們不得不重視的，雖然國外船及協會與電機協會針對電力系統有一套標準，但與岸電相同，基本都是完工後才做量測項目，但船舶受限於船舶空間與施工經費，設備變動相比岸電困難，故希望利用本研究，提出一套針對船舶電力系統的合理及可靠的設計方法及程序，讓國內可以在設計或後續船舶完工時，完成之船舶能符合國際標準，除了減少不必要的開銷與人力，也能為國內的船舶產業盡一份心力。

研究方法

1. 全電力船舶電力系統分析

本文參考 ABS-Harmonics-Guidance-Notes-May-2006 指引所述[6]，船舶電力系統的分析建議透過使用專業的商用電力系統分析軟體進行；專業電力系統分析軟體通常具有各種類型的負載的模型，以分析公共連接點(point of common coupling, PCC)處所造成之電力潮流或短路電流影響。

市面上電力系統分析軟體有 Electrical Transient Analysis Program (ETAP)、DigSILENT、PSSE 等[7-9]，本文使用 ETAP 商用電力系統分析軟體進行模擬分析，ETAP 是由 Operation Technology Inc 所設計的 Windows 應用軟體。ETAP 是一套純 32 位元的電腦輔助軟體，特別設計來與 Microsoft Office 相容產品一起工作，容易使用的圖型界面、並可以和其它軟體連結。軟體主要功能：可達 2,000Bus，短路電流(Short Circuit)、負載潮流(Load Flow)、馬達起動(Motor Starting)、暫態穩定分析(Transient Stability)、諧波分析(Harmonic Analysis)、接地系統設計(Ground Grid Design)、最佳化電力路徑(Optimal Power Flow)、直流系統分析(DC System)、設備保護協調(ETAPStar)、電廠並聯啟動運轉(Generator Start-Up)、電廠管理自動化(PowerStation Manager System, PSMS)等等，相較 PSSE 及 CYME 有較親和性的介面。

在 ETAP 中潮流計算方法，有 Adaptive Newton-Raphson, Newton-Raphson and Accelerated Gauss-Seidel 等方法，可以依所需的計算方式進行選擇。ETAP 內置的各種電纜型號資料庫，可依資料庫中電纜的資訊，從中找尋與模型相符的電纜，在電纜參數設置的頁面，需輸入輸電線路的正序、零序的電阻和電抗，否則將無法進行潮流分析與短路電流計算。發電機與負載等設備，需依照各設備資料進行參數輸入，程式會帶入參數並依所設定之計算公式得出計算結果。

2. 分析項目

本文使用商用電力系統分析軟體，進行測試對象的電力系統模型建立，以及模擬不同運轉模式下結果分析[10]；本文所使用電力系統分析軟體為 ETAP，分析項目針對測試對象在不同運轉模式下的電力潮流、短路電流以及匯流排電壓的結果進行分析。

2.1. 電力潮流

本文所採用之電力系統分析軟體 ETAP 具有電力潮流分析功能，此分析將採用 Newton-Raphson 法進行計算；在模擬程式建立時，需輸入系統中各設備之電力參數，以及電力系統架構；軟體透過所輸入之參數，將以 Newton-Raphson 法計算出該系統之電力潮流結果；若假設電力系統設計不良，則可從分析結果，判斷出過載之線路與設備，或者過電壓與欠電壓之匯流排；透過電力潮流模擬結果，可分析測試對象處於不同模式下，各設備及線路設計是否合理，若有設備超出負荷或線路過載情況發生，便可在設計階段及時修正設計。

2.2. 短路電流

此分析項目 ETAP 軟體可依照 IEC-61363 標準進行計算交流短路電流，該標準為國際上廣泛使用的船舶交流短路電流計算標準；短路電流分析其目的為分析測試對象處於不同模式下，各短路點可能產生的最大短路電流值，並依此判斷船舶的保護設備，如斷路器設計是否正確，若無進行正確的短路電流分析，而搭載錯誤容量的斷路器，將在電力系統發生短路時，因保護設備設計不良而無法進行保護，造成設備損壞[11]。

2.3. 匯流排電壓

此分項目將依照美國軍規標準 MID-STD-1399-300 之內容進行分析，該項目為分析測試對象在不同模式下的匯流排電壓變動率，而計算方式根據標準所說明之公式進行計算，該標準規範了匯流排電壓變動率不得大於±7%，以及系統匯流排電壓變動率不得超過±5%；匯流排電壓變動率的計算，如式 1 所示，而系統匯流排電壓變動率的計算，如式 2 所示[12]。

$$\text{匯流排電壓變動率}(\%) = \left(\frac{V_{LL} - V_{nominal}}{V_{nominal}} \right) \times 100 \quad (\text{式 1})$$

其中 V_{LL} 為線對線間電壓
 $V_{nominal}$ 為標準電壓

$$\text{系統匯流排電壓變動率}(\%) = \left(\frac{V_{average} - V_{nominal}}{V_{nominal}} \right) \times 100 \quad (\text{式 2})$$

其中 $V_{average}$ 為線對線電壓總和除以電壓總數
 $V_{nominal}$ 為標準電壓

3. 研究對象參數

本文測試對象為一艘使用電力推進系統之全電力船舶，測試對象之交流電力系統電壓等級分為 690V、440V 及 115V，其中搭載了三部主要發電機、兩部輔助發電機、四部配電變壓器以及五部大容量變頻器，測試對象之電路圖，如圖 1 所示，而重要設備參數如表 1 至表 4 所示。本次測試對象因應不同任務模式，將有不同的運轉模式，其中有為一般模式及全速模式，以下分別說明兩種不同模式之運轉狀況。

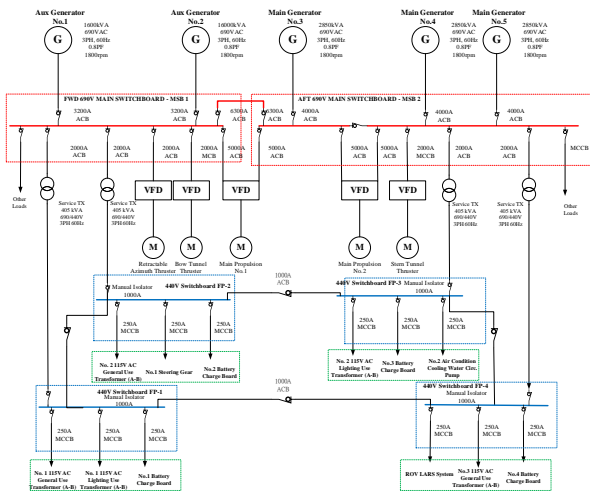


圖 1：測試對象之電路圖

表 1：發電機設備參數

規格 類型	容量 (kVA)	電壓 (V)	頻率 (Hz)	PF	轉數 (rpm)	極數	功率 (kW)
#1AG	1600	690	60	0.8	1800	4	1280
#2AG	1600	690	60	0.8	1800	4	1280
#3MG	2850	690	60	0.8	1800	4	2280
#4MG	2850	690	60	0.8	1800	4	2280
#5MG	2850	690	60	0.8	1800	4	2280

表 2：變頻器設備參數

規格 類型	容量 (kVAR)	電壓 (V)	變頻範圍 (HZ)
全向式推進器變頻器	750	690	30~90
船舶推進變頻器	374	690	30~90
1 號主推進變頻器	4320	690	30~90
2 號主推進變頻器	4320	690	30~90
船艙推進變頻器	340	690	30~90

表 3：電纜設備參數

類型	規格	直徑 (mm ²)	芯數	絕緣 材質	鍍裝	耐壓 (kv)	載流 量
Cable-1		330	1	XLPE	無	1	785
Cable-2		150	1	XLPE	無	1	475
Cable-3		200	3	XLPE	無	1	435
Cable-4		250	1	XLPE	無	1.8	522
Cable-5		150	3	XLPE	有	1.8	273
Cable-6		100	3	XLPE	有	1.8	205

表 4：變壓器設備參數

規格 類型	容量 (kVA)	一次側 電壓 (V)	二次側 電壓 (V)	頻率 (Hz)	種類
#1TF	405	690	450	60	乾式空冷
#2TF	405	690	450	60	乾式空冷
#3TF	405	690	450	60	乾式空冷
#4TF	405	690	450	60	乾式空冷

3.1 一般模式

圖 2 所示為測試對象處於「一般模式」的電路圖，在此模式下有關於電源的部分為三台主發電機皆投入運行、兩台輔助發電機皆切離；各 440V 配電盤電纜之間互連斷路器打開，故各 440V 配電盤皆單獨運行，並且所有變壓器投入運行；負載的部份為兩部主推進馬達投入運行，艙側推進器、艙側推進器、伸縮式全向側推器皆處於切離狀態，一般模式下電力設備負荷預估量，如表 5 所示。

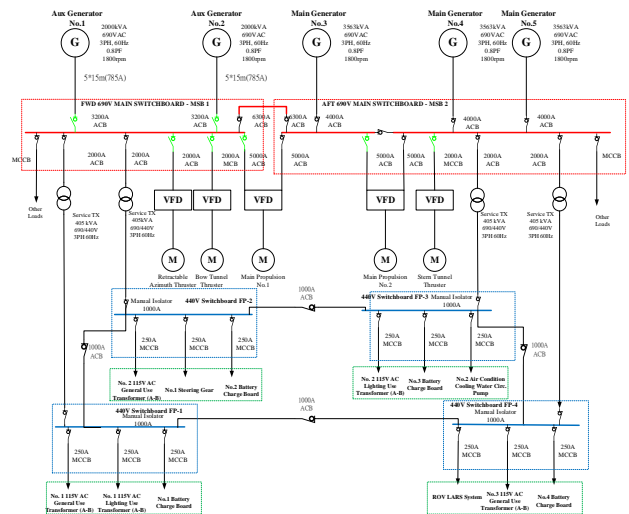


圖 2：測試對象之一般模式電路圖

表 5：一般模式下電力設備負荷預估量表

No.	690V 匯流排設備	容量 (kVA)	出力 (%)	出力(kW)
1	#1VFD	4320	57	2215.8
2	#2VFD	4320	57	2215.8
3	#1 配電盤	405	37.3	151.11
4	#2 配電盤	405	52.9	214.47
5	#3 配電盤	405	47.7	193.32
6	#4 配電盤	405	27.8	112.59
7	Azi VFD	750	0	0
8	BoeVFD	374	0	0
9	SternVFD	340	0	0
10	牽引絞機	180	0	0
11	#1 消防泵	110 x2	60	118.8
12	#2 消防泵	110 x2	60	118.8
13	總負載(kW)			5340.6
14	發電機總輸出 (kW)			7695

3.2 全速模式

圖 3 所示為測試對象處於「全速模式」的電路圖，在此模式下電源的部分為三台主發電機、兩台輔助發電機皆投入運行；各 440V 配電盤電纜之間互連斷路器打開，故各 440V 配電盤皆單獨運行，並且所有變壓器投入運行；負載的部份為兩部主推進馬達投入運行，艙側推進器、艙側推進器、伸縮式全向側推器皆應於切離狀態，其餘與全速模式無關之饋線斷路器應於切離，全速模式下電力設備負荷預估量，如表所示。

測試結果與分析

本章節依據上述所提供設備參數進行建模，圖 4 為模擬程式所建立之電路圖，依照不同模式進行電路模擬分析，並依據結果做出結論。分析電力潮流在電力系統中的功用主要體現在系統規劃、負載分配、應對緊急情況、電壓穩定性改進等方面。透過潮流分析，能夠確保系統在日常運行和異常情況下都能保持安全、穩定且高效的運轉，提供合理的系統設計和操作建議，有助於優化電力系統的整體性能，也可依據潮流方向做出流向分析，查看是否有設備過載或者輸出不足，以便在施工中或設計初期提出更改建議。

1. 電力潮流分析結果

1.1. 一般模式下之電力潮流分析結果

表 7 為一般模式下之電力潮流分析結果，依電力潮流分析結果，系統處於正常運轉，設備及線路均無超載情況；因應模式設定，將設定的設備進行開關，因此在此模式下，所開啟的發電機皆在右側，故潮流大多由右往左輸送，因有部分設備距離

發電機較遠，故而在輸送過程中有些許損耗，進而令左側所受到的潮流與右側相比較為低。

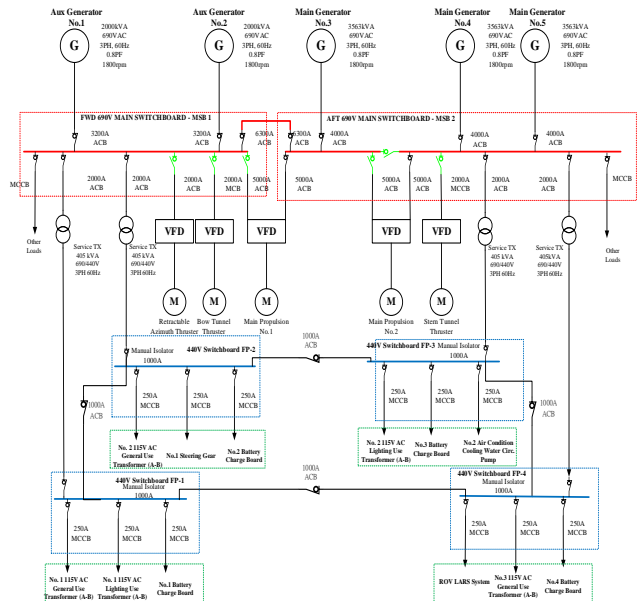


圖 3：測試對象之全速模式電路圖

表 6：全速模式下電力設備負荷預估量

No.	690V 匯流排設備	容量(kVA)	出力 (%)	出力 (kW)
1	#1VFD	4320	90	3888
2	#2VFD	4320	90	3888
3	#1 配電盤	405	37.3	151.11
4	#2 配電盤	405	52.9	214.47
5	#3 配電盤	405	47.7	193.32
6	#4 配電盤	405	27.8	112.59
7	Azi VFD	750	0	0
8	BoeVFD	374	0	0
9	SternVFD	340	0	0
10	牽引絞機	180	0	0
11	#1 消防泵	110 x2	60	118.8
12	#2 消防泵	110 x2	60	118.8
13	總負載(kW)			8685
14	發電機總輸出 (kW)			10575

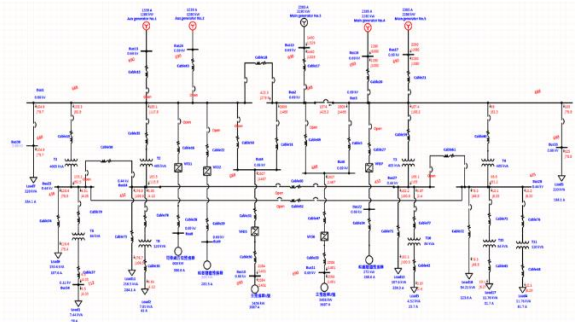


圖 4：模擬程式建立之電路圖

表 7：一般模式之電力潮流結果

測試點	#1 AG ~ #1 690V Bus	#2 AG ~ #2 690V Bus	#3 MG ~ #2-1 690V Bus	#4 MG ~ #2-2 690V Bus	#5 MG ~ #2-2 690V Bus	TF1 ~ #1 440V Bus	TF2 ~ #2 440V Bus	TF3 ~ #3 440V Bus	TF4 ~ #4 440V Bus
實虛功									
P (kW)	N/A	N/A	1460	2280	2280	133	183.3	166.1	98.6
Q (kVAR)	N/A	N/A	1329	1080	1080	82.5	113.7	103	61.2
測試點	#1 690V Bus ~#1 VFD	#2-1 690V Bus ~#1 VFD	#2-1 690V Bus ~#2 VFD	#2-2 690V Bus ~#2 VFD	#1 690V Bus ~#2-2 690V Bus ~#2-2 690V Bus ~Azi VFD	#1 690V Bus ~#1 440V Bus ~Boe VFD	#2-2 690V Bus ~ Stern VFD	#1 690V Bus ~ (FPS 1)	#2-2 690V Bus ~ (FPS 2)
實虛功									
P (kW)	N/A	2608	N/A	2609	N/A	N/A	N/A	104.8	105
Q (kVAR)	N/A	1468	N/A	1468	N/A	N/A	N/A	78.6	78.8

1.2. 全速模式下之電力潮流分析結果

表 8 為全速模式下之電力潮流分析結果，依潮流分析結果，系統正常運轉，負載均無超載情況，因應模式設定，將設定的設備進行開關，此模式下，五台發電機全開，潮流流向較為平均，因發電機全開，故潮流損失較小。

表 8：全速模式之電力潮流結果

測試點	#1 AG ~ #1 690V Bus	#2 AG ~ #2 690V Bus	#3 MG ~ #2-1 690V Bus	#4 MG ~ #2-2 690V Bus	#5 MG ~ #2-2 690V Bus	TF1 ~ #1 440V Bus	TF2 ~ #2 440V Bus	TF3 ~ #3 440V Bus	TF4 ~ #4 440V Bus
實虛功									
P (kW)	1200	1200	1722	1806	2280	131.5	185	166.2	143.5
Q (kVAR)	292.5	292.5	1725	1239	1096	63.7	89.7	100.2	70.8
測試點	#1 690V Bus ~#1 VFD	#2-1 690V Bus ~#1 VFD	#2-1 690V Bus ~#2 VFD	#2-2 690V Bus ~#2 VFD	#1 690V Bus ~#2-2 690V Bus ~Azi VFD	#1 690V Bus ~#1 440V Bus ~Boe VFD	#2-2 690V Bus ~ Stern VFD	#1 690V Bus ~ (FPS1)	#2-2 690V Bus ~ (FPS2)
實虛功									
P (kW)	N/A	3662	N/A	3662	N/A	N/A	N/A	131.7	105
Q (kVAR)	N/A	2060	N/A	2061	N/A	N/A	N/A	63.8	78.8

2. 短路電流分析

2.1. 一般模式短路電流分析結果

表 9 為短路電流模擬結果，此模式下，No.1 690V Bus 短路電流為為右側 3 台發電機產生並流向 Bus，No.2-1 690V Bus 短路電流為上方 3 號發電機與為右側 2 台發電機產生並向 Bus，No.2-2 690V Bus 短路電流為上方 4、5 號與左側 3 號發電機產生並流向 Bus，No.1、2 440V Bus 短路電流為右側 3 台發電機產生，再分別經由 1、2 號變壓器向 Bus，No.3、4 的 440V Bus 短路電流為上方 4、5 號與右側 3 號發電機分別經由 3、4 號變壓器向 Bus。

表 9：一般模式之短路電流

短路點	No.1 690V Bus	No.2-1 690V Bus	No.2-2 690V Bus	No.1 440V Bus	No.2 440V Bus	No.3 440V Bus	No.4 440V Bus
(kA)	39.519	41.826	41.826	41.332	12.439	12.732	12.755

2.2. 全速模式短路電流分析結果

表 10 為短路電流模擬結果，此模式下，No.1 690V Bus 短路電流為上方 1、2 號發電機與右側 3 號發電機產生並流向 Bus，No.2-1 690V Bus 短路電流為上方 3 號發電機與左側 2 台發電機產生並流向 Bus，No.2-2 690V Bus 短路電流為上方 4、5 號發電機產生並流向 Bus，No.1、2 440V Bus 短路電流為上方 1、2、3 發電機產生，並分別經由 1、2 號變壓器向 Bus，No.3、4 的 440V Bus 短路電流為上方 4、5 發電機產生，並分別經由 3、4 號變壓器向 Bus。

表 10：全速模式之短路電流

短路點	No.1 690V Bus	No.2-1 690V Bus	No.2-2 690V Bus	No.1 440V Bus	No.2 440V Bus	No.3 440V Bus	No.4 440V Bus
(kA)	30.939	30.638	27.884	11.755	11.794	11.635	11.654

3. 匯流排電壓分析結果

表 11 所示為不同運轉模式下匯流排電壓的模擬結果，依據 MID-STD-1399-300-Part I 第 9、10 項所規定標準，在 60HZ 系統中，匯流排電壓差不得超過±7%，690V 匯流排電壓最大限值为 738.3V，而最小限值为 641.7V，而 440V 系統的電壓最大限值为 470.8V，而最小限值为 409.2V，匯流排電壓大小分析結果如表 11 所示，而匯流排電壓變動率如表 12 所示，結果均無超過標準值；而系統匯流排電壓變動率不得超過±5%，依據表 11 進行計算，可得到測試對象不同運轉模式下之系統匯流排電壓變動率，如表 13 所示，其結果皆無超過最大限值或低於最小限值標準。

表 11：不同運轉模式下之匯流排電壓大小

BUS	#1、2 AG~ #1 690V	#3 MG~ #2-1 690V	#4、5 MG~ #2-2 690V	TF1~ No.1 440V	TF2~ No.2 440V	TF3~ No.3 440V	TF4~ No.4 440V	#1 690V ~Azi VFD
一般模式 (V/p.u.)	688/ 0.997	688/ 0.997	688/ 0.997	438/ 0.995	432/ 0.982	433/ 0.984	435/ /0.987	N/A
全速模式 (V/p.u.)	689/ 0.998	688/ 0.997	688/ 0.997	435/ 0.998	433/ 0.984	433/ 0.984	434/ 0.986	N/A
BUS	No.1 690V ~#1 VFD	No.2-1 690V ~#1 VFD	No.2-1 690V ~#2 VFD	No.2-2 690V ~#2 VFD	No.1 690V ~Boe VFD	No.2-2 690V ~ Stern VFD	No.1 690V ~ FPS 1	No.2-2 690V ~ FPS 2
一般模式 (V/p.u.)	N/A	688/ 0.997	N/A	688/ 0.997	N/A	N/A	688/ 0.997	688/ 0.997
全速模式 (V/p.u.)	N/A	687/ 0.995	N/A	688/ 0.997	N/A	N/A	689/ 0.998	688/ 0.997

表 12：不同運轉模式下之匯流排電壓變動率

BUS 模式	#1、2 AG~ #1 690V	#3 MG~ #2-1 690V	#4、5 MG~ #2-2 690V	TF1~ No.1 440V	TF2~ No.2 440V	TF3~ No.3 440V	TF4~ No.4 440V	#1 690V ~Azi- VFD
一般模式 (%)	-0.29	-0.29	-0.29	-0.45	-1.82	-1.59	-1.14	N/A
全速模式 (%)	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-1.6	-1.6	-1.4	N/A
BUS 模式	No.1 690V ~#1 VFD	No.2-1 690V ~#1 VFD	No.2-1 690V ~#2 VFD	No.2-2 690V ~#2 VFD	No.1 690V ~Boe VFD	No.2-2 690V ~Stern VFD	No.1 690V ~ FPS1	No.2-2 690V ~ FPS2
一般模式 (%)	N/A	-0.29	N/A	-0.29	N/A	N/A	-0.29	-0.29
全速模式 (%)	N/A	-0.5	N/A	-0.3	N/A	N/A	-0.2	-0.3

表 13：不同運轉模式下之系統匯流排電壓變動率

模式模式	系統匯流排電壓變動率(%)
一般模式	-0.66%
全速模式	-0.63%

結論

本文提出了針對全電力船舶之電力系統，在設計規劃上可使用專業之商用電力系統模擬軟體進行模擬分析，如此，可依照模擬之結果判斷，全電力船舶之電力系統中的設備參數，設計上是否合理，並一全電力船舶之電力系統進行了模擬及結果分析之示例；透過本文之研究成果，希望有助於國內船舶產業在規劃及設計全電力或混合動力船舶電力系統時，能夠有更佳可靠的設計方法，進而提升船舶製造技術，並減少因設計不良所消耗的人力與經費。

參考文獻

1. Marco Cupelli; Ferdinanda Ponci; Giorgio Sulligoi; Andrea Vicenzutti; Chris S. Edrington; Touria El-Mezyani; Antonello Monti "Power Flow Control and Network Stability in an All-Electric Ship," IEEE, 19 November 2015.
2. Ricky R. Chan, Liza Chua, Tegoeh Tjahjowidodo, 2016, Enabling Technologies for Sustainable All - Electric Hybrid Vessels, 2016 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies, pp. 401-406.
3. K. Liu and J. Leng, "Ship energy consumption analysis and transformation power distribution system solution based on real ship monitoring," 2023 8th International Conference on Power and Renewable Energy (ICPRE), Shanghai, China, 2023.
4. 范書銘"考慮電力轉換器精確模型之直流船舶微電網短路電流分析"國立高雄科技大學，2022年11月
5. Rui Yang; Lei Jiang; Ke Du; Yan Zhang; Lipeng Wang; Kun Li" Research and Experimentation on Energy

Management System for Inland Diesel-Electric Hybrid Power Ships" 2020 IEEE 8th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), Dalian, China

6. American Bureau of Shipping(ABS), "Control Of Harmonics In Electrical Power Systems," USA, May 2006.
7. ETAP PowerStation. <https://etap.com/>
8. DigSILENT PowerFactory. <https://www.digsilent.de/en/>
9. Siemens-PSSE. <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/grid-software/planning/pss-software/pss-e.html>
10. R. Yang and W. Zhang, "Research on Modeling and Simulation of New Energy Ship power system," 2019 IEEE 3rd Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), Changsha, China, 2019
11. IEC 61363-1:1998" Electrical installations of ships and mobile and fixed offshore units - Part 1: Procedures for calculating short-circuit currents in three-phase a.c." February,2008
12. MIL-STD-1399 SECTION 300, PART I, "Low Voltage Electric Power, Alternating Current," United States Department of Defense, April 2008.

SIMULATION ANALYSIS OF POWER FLOW AND SHORT-CIRCUIT CURRENT in ALL-ELECTRIC SHIPS

*T. L. Li** *J. T. Yu** *C. L. Su** *K. J. Chang*** *R. L. Tsao*** *C. S. Chen*** *C. F. Lee***

*Department of Electrical Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology

**Jong Shyn Shipbuilding Group

Keywords: Ship, Power System, Power Flow, Short-Circuit Current, Bus Voltage, International Standards

ABSTRACT

With the development of power electronics technology, all-electric ships have become increasingly popular, making the design and planning of this type of ship's power system more important. In order to make the all-electric ship's power system operate stably and economically, the calculation of the whole ship's power flow and short-circuit current is necessary and important to determine the appropriate power equipment and power protection switches. The main goal of this article is the simulation modeling and analysis of power system power flow and short-circuit current of all-electric ships. Taking the power system architecture and equipment parameters of an actual all-electric ship as an example, power system analysis software is used for simulation and result analysis. The analysis results will include power flow, short-circuit current and bus voltage. It is hoped that the results of this research will help relevant domestic industries to provide a more reasonable and reliable design method and procedure when planning and designing all-electric or hybrid power ship power systems to ensure that when the subsequent ship is completed and accepted, The ship's power system can meet the requirements of the classification association's power system standards.