



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in Sistemi Industriali e dell' Informazione

**Studio e Progettazione di un Impianto
Elettrico per un Imbarcazione di Lusso**

**Study and Design of a Electrical System
for a Luxury Boat**

Relatore:

Prof. Lucio Ciabattoni

Tesi di Laurea di:

Luca Perucci

A.A. 2023/2024

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
2. L'AZIENDA	4
3. YACHT	5
4. ESPERIENZA DEL TIROCINIO.....	7
4.1 CARATTERISTICHE YACHT	7
4.2 SPECIFICHE TECNICHE.....	8
5. LA SHORE POWER	10
5.1 CARATTERISTICHE SHORE POWER PERSHIN 140	11
6. FREQUENCY CONVERTER.....	16
6.1 CARATTERISTICHE CONVERTER PERSHING 140.....	17
7. GENERATORE ELETTRICO.....	21
7.2 CARATTERISTICHE GENERATORE PERSHING 140	22
8. QUANDRI ELETTRICI	24
8.1 TIPI DI QUADRO ELETTRICO.....	25
8.2 I COMPONENTI PRINCIPALI DEL QUADRO ELETTRICO.....	26
8.2.1 INTERRUTTORI AUTOMATICI:	26
8.2.2 INTERRUTTORI DIFFERENZIALI:.....	27
8.2.3 CONTATTORI:	30
8.2.4 RELE':	31
8.2.5 BARRE DI DISTRIBUZIONE:.....	33
8.2.6 FUSIBILI:.....	35
8.3 TARGA E CARATTERISTICHE DEL QUADRO	36
8.4 CARATTERISTICHE QUADRO PRINCIPALE PERSHIN 140	38

8.4.1 LA CARPENTERIA	38
8.4.2 L'ALIMENTAZIONE ELETTRICA.....	38
8.4.3 STRUMENTI DI MISURA	40
8.4.4 CARICHI ED INTERRUTTORI DEL QUADRO	42
9. CONCLUSIONI	46

1. INTRODUZIONE

La seguente tesi ha lo scopo di illustrare i componenti principali di un impianto di generazione e distribuzione elettrica di un'imbarcazione, soffermandosi sui particolari di uno yacht di circa 50 metri di lunghezza (shore power, generatori diesel, stabilizzatore di frequenza, quadri elettrici).

Tale argomento è frutto della mia passione per il mondo degli impianti, del loro funzionamento e della loro gestione con un particolare interesse per la parte elettrica che svolge un ruolo fondamentale.

Le conoscenze mi sono state fornite dallo studio teorico e completate dall'esperienza del " tirocinio " e del lavoro che mi ha permesso di farmi un'esperienza sulla parte pratica, fondamentale per avere una visione più completa possibile dell'argomento.

Durante il tirocinio ho lavorato alla realizzazione dell'impianto elettrico ed il quadro generale di uno yacht di 50 metri, iniziando dal passaggio dei cavi elettrici, per poi eseguire i collegamenti dei vari impianti e quadri ed infine svolgere le prove di funzionamento.

2. L'AZIENDA

L'azienda dove ho svolto il tirocinio si chiama "FURLANETTO INTERNATIONAL SRL". Nata nel 1994, vanta tre generazioni di storia familiare che da più di 40 anni si dedica alla progettazione e realizzazione di impianti elettrici navali. Opera nel settore Industriale/Metalmeccanico con una tipologia di prodotti che va dalla realizzazione di impianti elettrici navali, alla costruzione di quadri elettrici fino all'installazione di sistemi di controllo (monitoraggio) e automazione, etc. L'azienda svolge la propria attività quasi esclusivamente nel comparto navale, avendo realizzato lavori su imbarcazioni della Marina Militare, della Guardia di Finanza, della Marina Mercantile nel settore della pesca, M/N trasporto e passeggeri, ma specializzata soprattutto nell'impiantistica di Motor Yachts e Motor Sailer in acciaio, alluminio, vetroresina e carbonio di medie e grandi dimensioni.

La mia esperienza si è svolta all'interno del cantiere Ferretti di Ancona. Il cantiere costruisce super yacht che vanno dai 40 agli 100 metri di lunghezza.

Il gruppo Ferretti si divide in quattro brand:

- CRN
- RIVA
- PERSHING
- CUSTOM LINE

La mia esperienza riguarda la realizzazione di un "Pershing" modello 140

3. YACHT

L'etimologia del termine yacht proviene dalla parola olandese "jacht" che all'epoca veniva utilizzata per indicare le veloci imbarcazioni a vela impiegate per dar la caccia ai pirati lungo le coste dell'Europa settentrionale.

Con il termine "yacht" si indicano invece oggi tutte imbarcazioni da diporto, a vela o a motore che siano, dotate almeno di una cabina in grado di consentire all'equipaggio di dormire a bordo.

Non esiste una definizione asseverata che definisca la lunghezza di questa famiglia di imbarcazioni ma, l'uso comune, tende a definire uno yacht come un'imbarcazione di lunghezza superiore ai 33 piedi, ovvero circa 10 metri.

Uno yacht può essere dotato di propulsione a vela, a motore, o mista. Può avere più di uno scafo e, se supera i 25 metri, merita anche la definizione di superyachts; invece, quando è maggiore di 50 metri viene definito megayacht e, caso sempre più frequente, quando supera i 100 metri diviene infine un gigayacht.

Gli yacht sono anche classificati in base alle condizioni acquatiche e al vento che possono sopportare:

- Gli yacht di **'Classe A'** sono quelli che possono sopportare venti fino a 70-80 chilometri orari e onde di circa 4 metri in mare aperto. Questi tipi di yacht d'alto mare sono costruiti per essere autosufficienti in mari ostili con venti che superano la forza 8 sulla scala di Beaufort, e comprendono yacht per la pesca sportiva, yacht a motore, grandi incrociatori e megayacht.

- Gli yacht di **'Classe B'** sono spesso chiamati 'navi d'altura' e sono costruiti per navigare nelle acque entro i 320 chilometri dalla costa.

- Gli yacht di 'Classe C' sono imbarcazioni costruite per la navigazione sottocosta, compresi i corsi d'acqua come laghi, fiumi e baie, e in genere sono in grado di gestire onde tra 1 e 1,5 metri prima di iniziare ad avere problemi.

- Gli yacht di 'Classe D' sono in grado di gestire in sicurezza venti di 20-25 Km/H e onde di mezzo metro o meno in corsi d'acqua riparati. Nota: qualsiasi barca al di sotto della Classe B viene indicata come imbarcazione, da cui la differenza.



Esempio di un imbarcazione di 50 m

4. ESPERIENZA DEL TIROCINIO

Nella mia esperienza ho avuto modo di seguire la progettazione e poi la realizzazione di un impianto elettrico per uno Yacht di circa 44 metri di lunghezza, nello specifico un Pershing 140.

4.1 CARATTERISTICHE YACHT

Il Pershing 140 piedi è realizzato presso la Ferretti Group Superyacht Yard di Ancona. La filosofia di progetto si è basata sulla volontà di mantenere performance molto elevate pur con dimensioni e pesi di categoria da superyacht.

La carena è in alluminio, progettata per ottenere alte performance con capacità idrodinamiche eccellenti sulle alte velocità e una propulsione che prevede 4 MTU 16V2000 M96L dalla potenza di 2600 hp.

Con la sua lunghezza di LOA 43,30 metri in grado di raggiungere i 38 nodi di velocità massima.

Lo Yacht è sviluppato in 3 ponti :

PONTE PRINCIPALE : è la zona principale dello yacht, qui è situato il pozzetto di poppa, il salone principale e a prua la zona armatoriale.

PONTE INFERIORE : è la zona situata sottocoperta ed è divisa in due aree, una riservata alla zona dell'equipaggio dove ci sono gli alloggi e la cucina ed un'altra zona, a prua, dove ci sono le cabine degli ospiti.

SUNDECK E AREA DI PRUA : comprende il ponte più alto, dove è situato un bar ed una timoneria esterna. Nella zona di prua è situata una vasca idromassaggio.

Le zone tecniche che comprendono :

GARAGE DI POPPA : dove sono situati gli avvolgicavo, i portelloni apribili e inoltre può contenere un piccolo tender movimentato per mezzo di una gru

TUNNEL : è la parte sopra la chiglia e percorre quasi l'intera imbarcazione da poppa a prua. Qui è installata gran parte della strumentazione come le pompe dell'autoclave, il water maker, le cassette di raccolta delle acque grige ecc.

ZONA BOWTRUSTER E POZZO CATENE : sono le zone stagne situate nella parte più a prua dell'imbarcazione. La prima contiene il motore dell'elica di manovra di prua, mentre la seconda contiene le catene delle ancore.

4.2 SPECIFICHE TECNICHE

Tech Specs

1939 kW MTU 16V2000 M96L (EPA 3)
140

LOA 43,30 [m] - 142 ft 1 in

LWL 36,38 [m] - 119 ft 4 in

Max beam 8,55 [m] - 28 ft 1 in

Draft 2,05 [m] - 6 ft 9 in

Unladen displacement 235.000 [kg] - 518,086 [lbs]

Laden displacement	250.000 [kg] - 551,156 [lbs]
Fuel	30.000 [l] - 7,925 [US gal]
Water	4.000 [l] - 1,057 [US gal]
Material	Aluminium
People on board	18
Engine	1939 kW MTU 16V2000 M96L (EPA 3)
Engine HP	2600
Transmission	Water Jet
Max speed	38 [kn]
Cruise speed	35 [kn]
Range at cruising speed	1400 [nm]
Cabins	5
Crew cabins	4
Bathrooms	7
Bathrooms in crew quarter	4
Daily bathrooms	Standard

5. LA SHORE POWER

Quando l'imbarcazione è ormeggiata in porto, può utilizzare la corrente fornita dalle colonnine elettriche dedicate. Questo sistema permette di spegnere i generatori elettrici interni così da ridurre l'inquinamento sia dell'aria che acustico e inoltre permette di fare la manutenzione.

Solitamente il porto riesce a fornire una tensione di 230V monofase per piccole imbarcazioni, una tensione trifase da 400V per medie e medio grandi imbarcazioni, mentre per le grandi navi e solo in porti attrezzati viene fornita una media tensione.

Per quanto riguarda la connessione fisica tra la colonnina e l'imbarcazione si usano uno o più cavi situati solitamente a poppa, ed arrotolati su avvolgicavi elettrici che ne permette l'estensione e il rientro.

Tra la torretta di alimentazione ed il quadro principale è presente un interruttore ed un convertitore di frequenza che serve per stabilizzare ed adattare la frequenza in base alla necessità richiesta.



Torretta di ricarica elettrica



Avvolgicavo

5.1 CARATTERISTICHE SHORE POWER PERSHIN 140

- FORMATO POLO: 5P = 3P + N + T
- CORRENTE NOMINALE: 125 A
- TENSIONE: 380V – 415V
- GRADO DI PROTEZIONE: IP 67
- GRADO DI PROTEZIONE E RESISTENZA AGLI URTI: IK 10
- STANDARD INTERNAZIONALE: IEC 309-2, EN 60309-2, DIN VDE 0623



Shore power

Il cavo che collega l'imbarcazione alla torretta di terra è di multipolare, di rame e di sezione $3 \times 35 \text{ mm}^2 + 3 \times 16/3 \text{ mm}^2$



Cavo shore power


La determinazione della sezione del cavo di terra per lo shore power dipende da vari fattori, tra cui la corrente nominale del sistema, la lunghezza del cavo, la caduta di tensione accettabile e le normative applicabili.

Considerando una tensione di 400 V, una lunghezza del cavo di 34m e un cavo tripolare in rame possiamo ricavare la sezione del cavo dalla seguente tabella:

Sezione	Posa in aria entro tubi		Posa in aria libera su passerella		Posa interrata in tubo	
	3 cavi unipolari	1 cavo tripolare	3 cavi unipolari	1 cavo tripolare	3 cavi unipolari	1 cavo tripolare
mm2	A	A	A	A	A	A
1,5	20	19,5	24	23	21	19
2,5	28	26	33	32	27	25
4	37	35	45	42	35	32
6	48	44	58	54	44	41
10	66	60	80	75	59	55
16	88	80	107	100	77	72
25	117	105	141	127	100	93
35	144	125	176	158	121	114
50	175	154	216	192	150	141
70	222	194	279	246	184	174
95	269	233	342	298	217	206
120	312	268	400	346	251	238
150	355	300	464	399	287	272
185	417	340	533	456	323	306
240	490	398	634	538	379	360
300	530	455	736	621	429	
400	605		868		500	

I valori riportati in tabella sono riferiti alle seguenti condizioni di esercizio di posa:

- Temperatura di esercizio del conduttore: 90 °C
- Temperatura ambiente per posa in aria: 30 °C
- Temperatura del terreno per posa interrata: 20 °C
- Resistività termica del terreno: 1,5 K x m/W
- Profondità di posa: 0,8 m



Dalla tabella vedo che posso usare un cavo multipolare con sezione 35mm²

Adesso posso verificare la caduta di tensione rientra dentro un 3 %

La resistenza specifica del rame (ρ) è circa 0.0175 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R_c \cdot \cos \phi + X_c \cdot \sin \phi)}{1000}$$

Dove:

- I è la corrente nominale (125A)
- L è la lunghezza del cavo (34 metri)
- R_c è la resistenza del cavo per unità di lunghezza (Ω/km)
- X_c è la reattanza del cavo per unità di lunghezza (Ω/km)
- $\cos \phi$ è il fattore di potenza (assumiamo 0.8)
- $\sin \phi$ è derivato da $\cos \phi$ (se $\cos \phi = 0.8$, allora $\sin \phi = \sqrt{1 - (0.8)^2} = 0.6$)

La resistenza per unità di lunghezza di un cavo di 35mm² di rame è calcolata come:

$$R_c = \frac{\rho}{S} = \frac{0.0175 \Omega \cdot mm^2 / m}{35 mm^2} = 0.0005 \Omega / m$$

Convertito in Ω/km :

$$R_c = 0.0005 \Omega / m \times 1000 = 0.5 \Omega / km$$

La reattanza per cavi di potenza trifase standard è di solito tra 0.08 e 0.1 Ω/km . Per questa stima, assumiamo $X_c=0.08 \Omega/km$

Calcolo la caduta di tensione:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 125 A \cdot 34 m \cdot (0.5 \Omega / km \cdot 0.8 + 0.08 \Omega / km \cdot 0.6)}{1000}$$

La caduta di tensione per un cavo tripolare di sezione 35 mm² lungo 34 metri con una corrente nominale di 125A è circa **6.27V**.

Una caduta di tensione del 3% per una tensione trifase corrisponde a:

$$\Delta V = 0.03 \cdot 400 = 12V$$

Considerando che $6.67V < 12V$ la caduta di tensione rientra nella soglia stabilita.

6. FREQUENCY CONVERTER

Gli stabilizzatori di frequenza sono dispositivi progettati per mantenere costante la frequenza di un segnale di uscita, indipendentemente dalle variazioni nella frequenza di ingresso.

Questi dispositivi sono utilizzati in contesti, come quello nautico, dove è essenziale mantenere la stabilità della frequenza per garantire il corretto funzionamento di apparecchiature elettroniche di bordo.

La linea da terra, prima di entrare nella barratura del quadro principale, passa appunto per il convertitore di frequenza. Questo permette di non far subire all'impianto danni causati da problemi della rete alla quale si è collegati ed anche di collegarsi in paesi con diverse frequenze della rete pubblica.

Ecco come generalmente funziona uno stabilizzatore di frequenza:

Rivelazione della Frequenza di Ingresso:

Il sistema di controllo dello stabilizzatore monitora costantemente la frequenza del segnale di ingresso proveniente da una sorgente esterna.

Comparazione con la Frequenza desiderata:

La frequenza di ingresso rilevata viene quindi confrontata con la frequenza di uscita desiderata. La frequenza di uscita desiderata è di solito la frequenza nominale specifica per l'applicazione o l'apparecchio collegato.

Regolazione della Frequenza:

Se la frequenza di ingresso varia al di sopra o al di sotto della frequenza di uscita desiderata, il controllore del sistema attiva componenti elettronici interni per regolare la frequenza.

Dispositivi di Regolazione della Frequenza:

Per regolare la frequenza del segnale di uscita, uno stabilizzatore di frequenza può utilizzare vari dispositivi, tra cui oscillatori controllati in tensione (VCO), quarzi o altri componenti elettronici adatti per generare un segnale stabile alla frequenza desiderata.

Controllo Continuo:

Lo stabilizzatore di frequenza è progettato per regolare continuamente la frequenza di uscita in risposta alle variazioni nella frequenza di ingresso. Questo processo avviene rapidamente per garantire una stabilità continua della frequenza.

Protezione da Variazioni Eccessive:

Alcuni stabilizzatori di frequenza includono meccanismi di sicurezza per proteggere da variazioni eccessive o da disturbi nella frequenza di ingresso, che potrebbero influire negativamente sulle apparecchiature collegate.

6.1 CARATTERISTICHE CONVERTER PERSHING 140

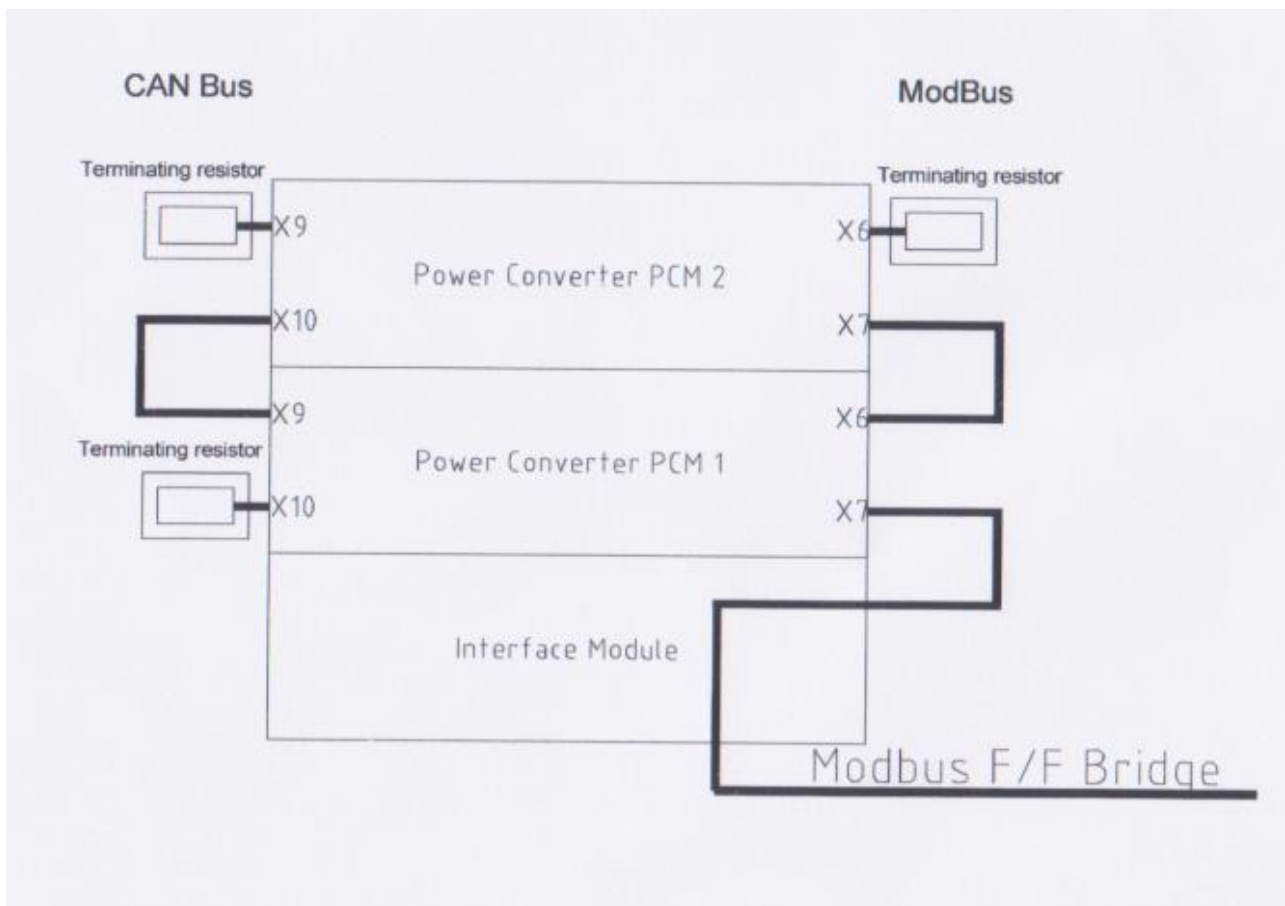
INPUT: 170-520Vac / 40-70Hz (3Ph/Pe)

OUTPUT: 230V/400V / 50Hz (3Ph/N/Pe)

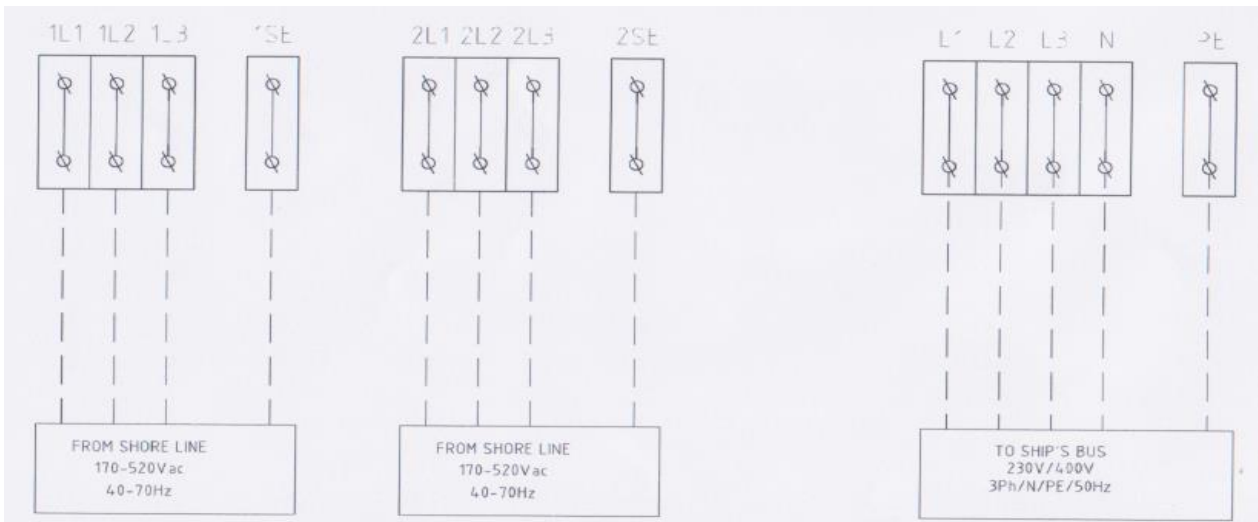
Il converter fornisce il conduttore di neutro, che in ingresso non è prese



Frequency convertitor



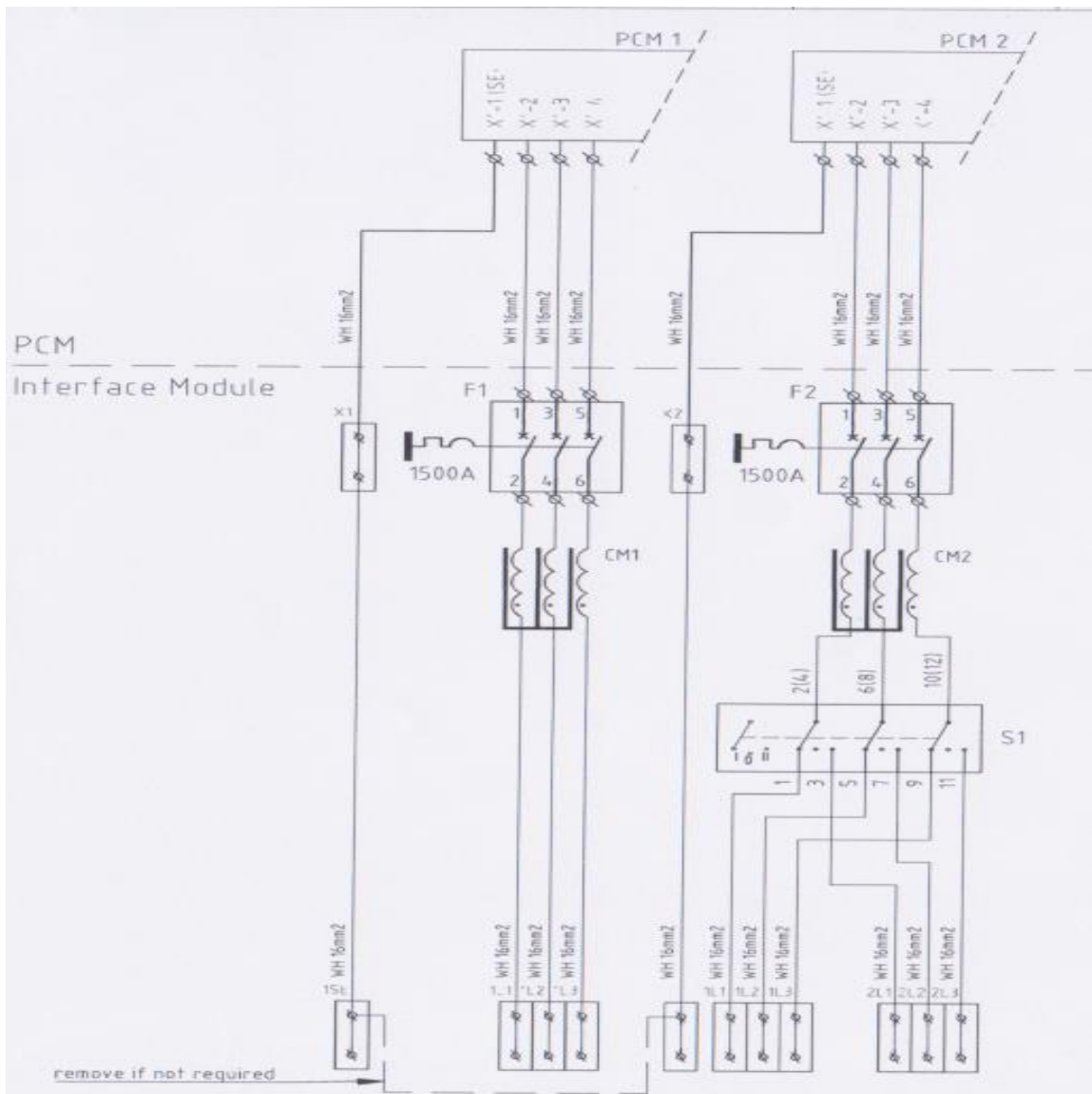
Converter modules



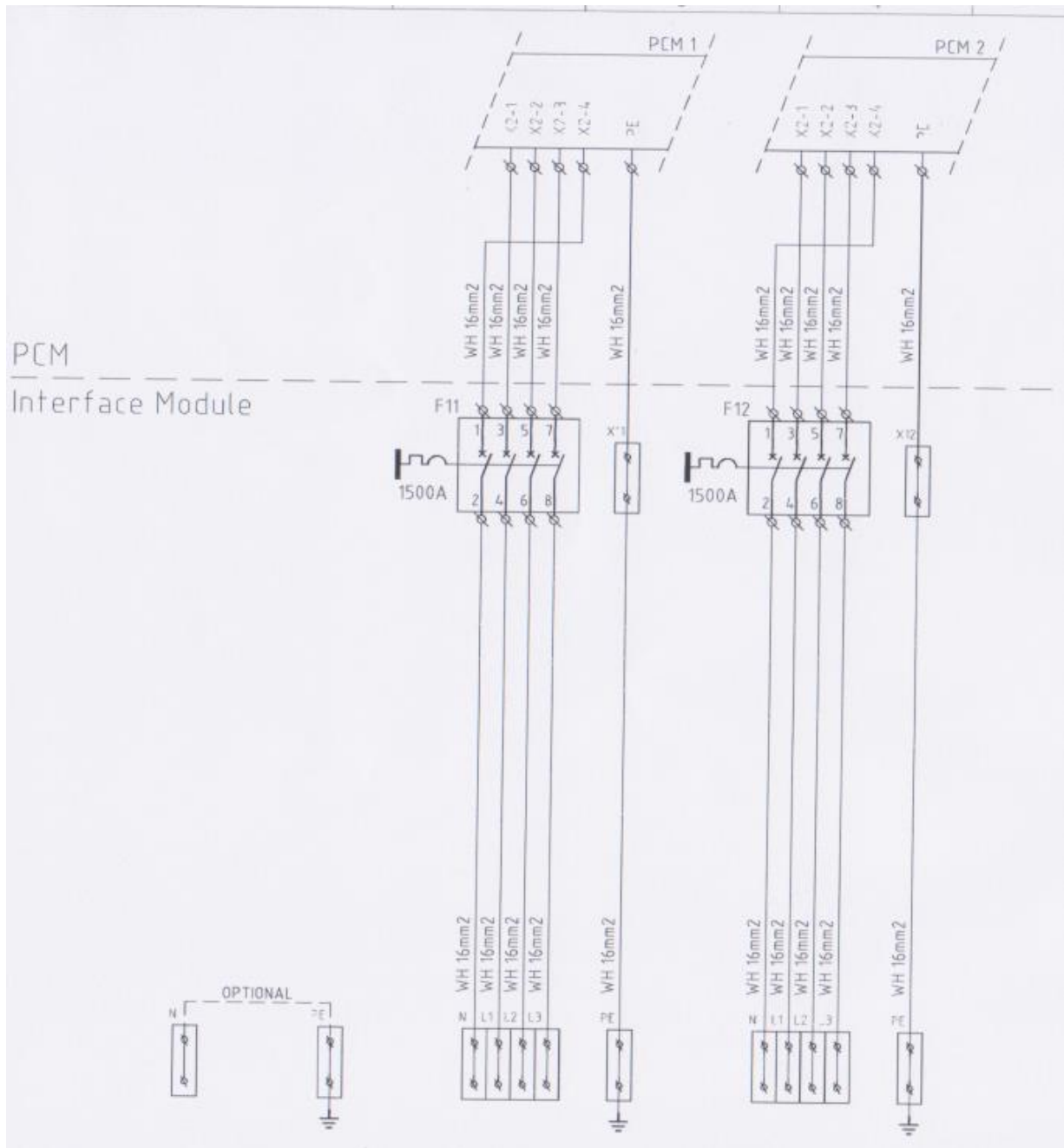
INPUT 1

INPUT 2

OUTPUT



Main circuit input



Main circuit output

7. GENERATORE ELETTRICO

Su tutte le navi sono installati impianti autonomi per la produzione di energia elettrica richiesta sia per la navigazione sia per le manovre in porto. I generatori più comuni sono:

Generatori Diesel: I generatori diesel sono comunemente utilizzati per produrre energia elettrica a bordo. Sono robusti, efficienti e possono essere avviati rapidamente.

Generatori a Turbina a Gas: Utilizzati in navi come le mega crociere o le navi che estraggono il metano e lo trasformano allo stato liquido che per la loro alta richiesta di potenza utilizzano questo sistema.

Energia Rinnovabile: Alcune navi moderne integrano pannelli solari o turbine eoliche per supportare la generazione di energia, ma per il momento è solo un piccolo ausilio alla produzione principale.



Generatore diesel

7.1 ALTERNATORE

L'alternatore è il componente che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. È messo in rotazione tramite il motore endotermico che trasferisce l'energia meccanica prodotta dal movimento del pistone, attraverso un albero motore, al generatore.

L'alternatore funziona attraverso il principio dell'induzione elettromagnetica: quando un magnete permanente ruota attorno a un filo conduttore, viene generata una corrente elettrica nel filo. Questa corrente viene quindi indirizzata attraverso un sistema di cablaggio per fornire energia elettrica ai dispositivi collegati al generatore.

Per mantenere una frequenza costante della corrente elettrica prodotta (di solito 50 o 60 Hz), il generatore è dotato di un regolatore di velocità che regola la quantità di carburante alimentato al motore in base al carico richiesto.

7.2 CARATTERISTICHE GENERATORE PERSCHING 140

Il generatore, prima di avviarsi, per evitare di essere danneggiato, necessita di una serie di consensi: diversi sensori rilevano ad esempio l'apertura della valvola dello scarico l'apertura della valvola dell'acqua mare che raffredda il motore. Questi dati arrivano ad una centralina che solo quando tutti i parametri che permettano l'accensione del generatore in sicurezza sono rispettati dà il consenso all'accensione. Oltre per il consenso questo sistema che permette di monitorare lo stato del motore e dei suoi componenti.

Il Pershing è dotato di due generatori con le seguenti caratteristiche: 400V 50Hz 80Kwe



Generatore diesel

Connection codes	L.L. voltage		Factory connection 6-wire
(D) 3-phase 	Winding	50 Hz	60 Hz
	6	380 - 415	380 - 480
		-	-
		-	-
D510C voltage sensing: 1-phase: V - W 3-phase: U - V - W			

8. QUANDRI ELETTRICI

Un quadro elettrico è la parte di un impianto elettrico che sta a valle di un circuito di distribuzione di energia elettrica. È generalmente costituito da insieme di dispositivi di comando, protezione, misura e controllo collegati tra loro e a linee in entrata (alimentazione) e in uscita (carichi). In genere sono alloggiati entro un involucro che può avere dimensioni e materiali diversi (plastica, resina, acciaio), a seconda dell'utilizzo e delle necessità in termini di ingombro e grado di protezione.

Le parole chiave della definizione di quadro sono: “combinazione di uno o più apparecchi...con tutte le interconnessioni elettriche e meccaniche interne”.



8.1 TIPI DI QUADRO ELETTRICO

Sostanzialmente si possono distinguere tre principali tipi di quadri elettrici: i quadri elettrici di distribuzione, i quadri elettrici di automazione e i quadri elettrici di bordo macchina.

I quadri elettrici di distribuzione : si occupano di distribuire energia, alimentare e proteggere le utenze. Hanno la funzione di portare corrente alle scatole di derivazione e a tutti i vari dispositivi elettrici. Solitamente sono caratterizzati da tensione a 400V trifase con neutro, 230 V monofase con neutro. I gradi di protezione da IP30 a IP65. I suoi componenti sono sempre accessibili in quanto è necessario garantire sia il corretto funzionamento dei dispositivi ad esso collegati, sia la sicurezza degli operatori che utilizzano l'impianto.

I quadri elettrici di automazione : sono preposti al comando e al controllo di apparecchiature automatizzate e macchine elettriche. Contengono interruttori cosiddetti "salvamotore", contattori in categoria AC3, inverter, softstart, PLC, relè ecc.

Sono applicabili in una vasta serie di ambiti, visto che possono automatizzare qualsiasi tipologia di funzione svolta dalle macchine: dal semplice avviamento, fino a gestire processi di controllo e regolazione molto più sofisticati.

I quadri elettrici di bordo macchina : contengono apparecchiature di potenza, organi di comando, segnalazione e controllo. Questo quadro viene utilizzato dall'operatore della macchina per azionarla e controllarla e di solito viene montato a valle del punto di consegna dell'energia elettrica che alimenta il macchinario. Contiene ogni genere di apparecchiatura di potenza e di controllo: contattori, interruttori automatici, interruttori di manovra, azionamenti, dispositivi di misura, relè: tutte componenti fondamentali per il corretto ed efficace funzionamento della macchina automatizzata.

Sulle superficie laterali o comunque esterne, si collocano i vari organi di comando tra pulsantiere e selettori, o anche lampade e LED spia per una buona segnalazione. Si tratta di tutti quegli strumenti utilizzati dall'operatore stesso per il funzionamento della macchina

industriale.

8.2 I COMPONENTI PRINCIPALI DEL QUADRO ELETTRICO

I quadri elettrici contengono vari componenti, ognuno con una funzione specifica, i principali componenti sono:

8.2.1 INTERRUTTORI AUTOMATICI: Sono comunemente chiamati interruttori magnetotermici, proteggono i circuiti interrompendo il flusso di corrente in caso di sovraccarico o cortocircuito.

La protezione termica degli interruttori magnetotermici è progettata per intervenire in caso di sovraccarico, cioè quando la corrente che attraversa il circuito supera il valore nominale per un periodo prolungato. Questo tipo di protezione utilizza un bimetallo, costituito da due metalli con diversi coefficienti di espansione termica saldati insieme.

Quando la corrente supera il valore nominale, il bimetallo si riscalda a causa dell'effetto Joule. Poiché i due metalli si espandono in modo diverso con il calore, il bimetallo si piega. Quando la deformazione raggiunge un certo punto, il bimetallo aziona un meccanismo che interrompe il circuito, aprendo i contatti dell'interruttore.

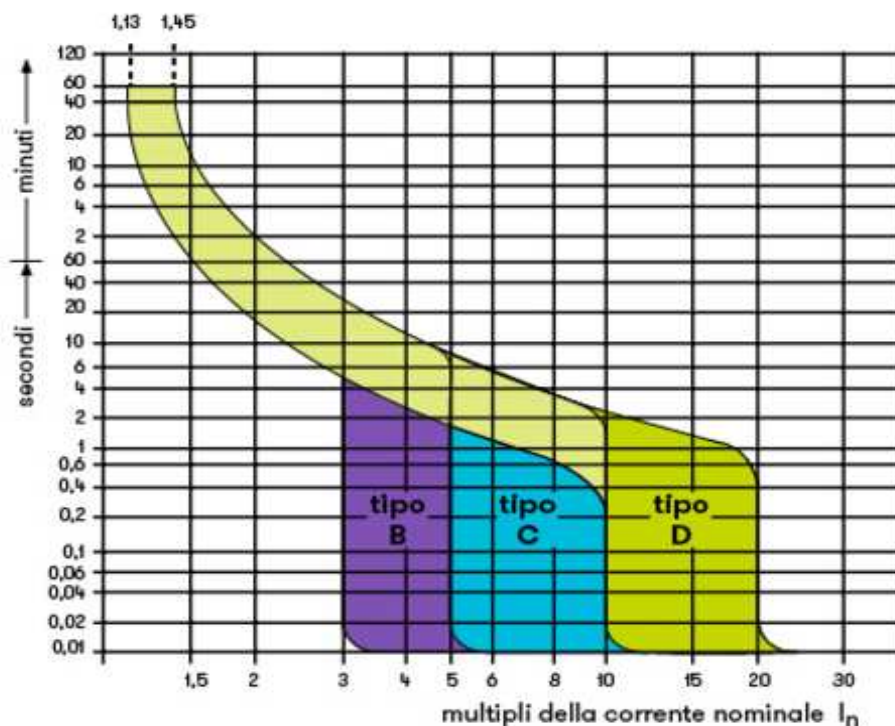
La protezione magnetica entra in funzione per proteggere il circuito dai cortocircuiti, che si verificano quando c'è un percorso a bassa resistenza che permette un flusso di corrente molto elevato.

In caso di cortocircuito, la corrente che attraversa l'interruttore aumenta drasticamente, questa passa attraverso una bobina magnetica all'interno dell'interruttore. L'elevata corrente genera un forte campo magnetico che attrae un nucleo mobile, il quale agisce su un meccanismo che apre rapidamente i contatti dell'interruttore, interrompendo il circuito quasi istantaneamente per evitare danni ai cavi e agli apparecchi collegati.

Curve di Intervento: Gli interruttori magnetotermici sono disponibili con diverse curve di intervento (curve B, C, D, ecc.), selezionate in base alle caratteristiche del carico e alla necessità di protezione.



Interruttore magnetotermico tetrapolare



Esempio di curva di intervento di un interruttore magnetotermico

8.2.2 INTERRUZZORI DIFFERENZIALI: Proteggono le persone da scosse elettriche interrompendo il circuito in caso di dispersione di corrente verso terra.

Il suo funzionamento si basa sul rilevamento delle correnti di dispersione a terra, che indicano un'anomalia nel circuito.

Principio di Funzionamento

L'interruttore differenziale monitora continuamente la corrente che entra e esce da un circuito. In condizioni normali, la corrente che scorre nel conduttore di fase (che porta la corrente al carico) dovrebbe essere uguale alla corrente che scorre nel conduttore neutro (che riporta la corrente dal carico). Se c'è una differenza significativa tra queste due correnti, significa che c'è una dispersione di corrente verso terra, che potrebbe essere pericolosa.

Funzionamento

Condizione Normale: In un circuito normale, la corrente che scorre attraverso il conduttore di fase è uguale a quella che ritorna attraverso il conduttore neutro. Le correnti nel toroide si annullano a vicenda, quindi non c'è campo magnetico generato e l'interruttore rimane chiuso, permettendo il passaggio della corrente.

Condizione di Dispersione: Se c'è una dispersione di corrente (ad esempio, un cavo danneggiato o una persona che tocca un filo sotto tensione), la corrente che ritorna attraverso il conduttore neutro sarà inferiore a quella che scorre nel conduttore di fase. Questa differenza genera un campo magnetico nel toroide, che induce una corrente nella bobina di rilevamento.

Apertura del Circuito: La corrente indotta nella bobina di rilevamento attiva il relè elettromagnetico, che a sua volta aziona il meccanismo di apertura dei contatti. Questo interrompe immediatamente il circuito, impedendo ulteriori dispersioni di corrente e proteggendo le persone e le attrezzature da potenziali pericoli.

Tipi di Interruttori Differenziali

Tipo AC: Rileva solo correnti di dispersione alternate.

Tipo A: Rileva correnti di dispersione alternate e pulsanti (a semi-onda).

Tipo B: Rileva correnti di dispersione continue, oltre a quelle alternate e pulsanti.



Differenziale puro



Blocco differenziale (si abbina ad un interruttore magnetotermico)

8.2.3 CONTATTORI: Un contattore è un dispositivo elettromeccanico utilizzato per accendere e spegnere un circuito elettrico. È comunemente utilizzato per controllare motori elettrici e altre apparecchiature elettriche ad alta corrente.

Funzionamento

Condizione di Riposo: In assenza di corrente nella bobina, l'ancora è mantenuta in posizione da una molla di ritorno. I contatti di potenza sono nella loro posizione normale (NO sono aperti, NC sono chiusi).

Eccitazione della Bobina: Quando si applica una tensione alla bobina del contattore, questa genera un campo magnetico. Il campo magnetico attira l'ancora verso la bobina, superando la forza della molla di ritorno.

Chiusura dei Contatti di Potenza: L'ancora in movimento chiude i contatti di potenza NO, permettendo alla corrente di fluire attraverso il circuito e alimentare il carico. Se ci sono contatti NC, questi si aprono.

Contatti Ausiliari: Contemporaneamente, i contatti ausiliari si commutano. Quelli NO si chiudono e quelli NC si aprono. Questi contatti ausiliari possono essere utilizzati per funzioni di segnalazione, logiche di controllo o interblocchi.

Disattivazione della Bobina: Quando la tensione alla bobina viene rimossa, il campo magnetico scompare. La molla di ritorno riporta l'ancora alla posizione originale.

Riapertura dei Contatti di Potenza: Con il ritorno dell'ancora, i contatti di potenza NO si aprono interrompendo il circuito di alimentazione del carico. I contatti NC, se presenti, si chiudono di nuovo.



Contattore

8.2.4 RELE': Un relè è un dispositivo elettromeccanico che permette di controllare un circuito elettrico mediante un altro circuito a bassa potenza. È utilizzato per commutare un circuito ad alta potenza usando un segnale di controllo a bassa potenza.

Funzionamento

Condizione di Riposo: In assenza di corrente nella bobina, l'ancora è mantenuta in posizione dalla molla di ritorno. I contatti sono nella loro posizione normale (NO sono aperti, NC sono chiusi).

Eccitazione della Bobina: Quando si applica una tensione alla bobina del relè, questa genera un campo magnetico. Il campo magnetico attira l'ancora verso la bobina, superando la forza della molla di ritorno.

Chiusura o Apertura dei Contatti: L'ancora in movimento chiude i contatti NO e apre i contatti NC. Questo permette alla corrente di fluire attraverso il circuito di carico (se i contatti NO si chiudono) o interrompe il flusso di corrente (se i contatti NC si aprono).

Disattivazione della Bobina: Quando la tensione alla bobina viene rimossa, il campo magnetico scompare. La molla di ritorno riporta l'ancora alla posizione originale.

Riapertura o Chiusura dei Contatti: Con il ritorno dell'ancora, i contatti NO si aprono interrompendo il circuito di carico. I contatti NC, se presenti, si chiudono di nuovo.



Relè

8.2.5 BARRE DI DISTRIBUZIONE: Le barre di distribuzione, (busbar) sono componenti fondamentali nei quadri elettrici e nelle apparecchiature di distribuzione di energia. Servono per distribuire l'energia elettrica a vari circuiti all'interno di un sistema elettrico in modo efficiente e sicuro.

Utilizzo

Distribuzione della Corrente: Permettono la distribuzione della corrente elettrica da una sorgente principale a vari circuiti secondari.

Connessione: Facilitano la connessione tra diversi componenti elettrici come interruttori, trasformatori e dispositivi di controllo.

Riduzione delle Perdite: Grazie alla loro bassa resistenza e alta capacità di corrente, riducono le perdite di potenza rispetto ai cavi tradizionali.

Componenti e Materiali

Rame: Utilizzato per la sua eccellente conducibilità elettrica e resistenza alla corrosione.

Alluminio: Più leggero e meno costoso del rame, ma con una conducibilità elettrica inferiore.

Tipologie di Barre di Distribuzione

Barre Rigide: Sono fatte di solidi conduttori metallici e utilizzate in applicazioni dove la flessibilità non è un requisito.

Barre Flessibili: Costituite da strisce o fogli metallici laminati, permettono una maggiore flessibilità per adattarsi a configurazioni complesse.

Struttura e Installazione

Isolamento: Le barre di distribuzione possono essere rivestite con materiale isolante per prevenire cortocircuiti e aumentare la sicurezza.

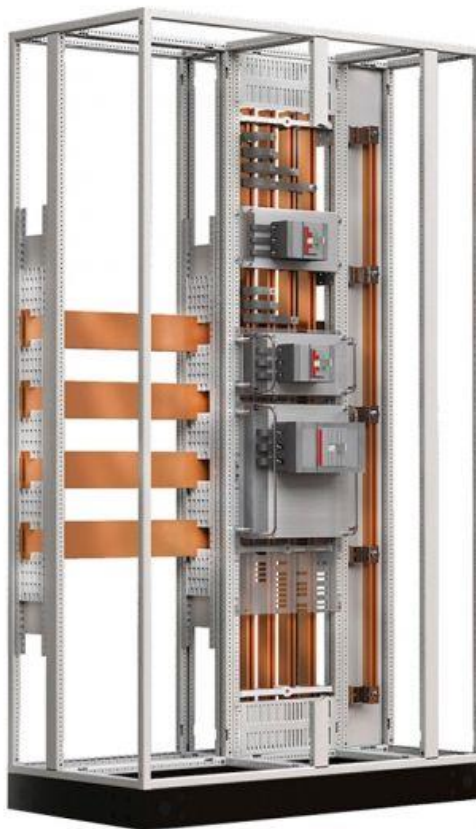
Supporti e Montaggi: Vengono installate su supporti isolanti che le mantengono in posizione e garantiscono un corretto isolamento elettrico.

Configurazioni Comuni

Bus Singolo: Una singola barra che distribuisce energia a tutti i circuiti.

Bus Doppio: Due barre parallele che permettono una maggiore flessibilità e ridondanza.

Bus Sandwich: Barre di distribuzione disposte in modo compatto e stratificato per ridurre l'ingombro e migliorare la gestione termica.



Busbar quadro elettrico

8.2.6 FUSIBILI: I fusibili sono dispositivi di protezione elettrica utilizzati per interrompere il circuito in caso di sovraccarico o cortocircuito, prevenendo così danni ai componenti elettrici e riducendo il rischio di incendi.

Tipi di Fusibili

Fusibili a Cartuccia: Contenuti in un involucro cilindrico, questi fusibili possono essere a loro volta divisi in fusibili rapidi e fusibili ritardati (o a tempo).

Fusibili a Lamella: Utilizzati principalmente nelle automobili, sono piatti e a forma di U.

Fusibili Termici: Proteggono contro il surriscaldamento piuttosto che contro la sovracorrente. Sono progettati per interrompere il circuito a una certa temperatura.

Caratteristiche

Corrente Nominale: La massima corrente che il fusibile può gestire senza fondersi. Deve essere scelta in base al carico massimo del circuito.

Capacità di Interruzione: La massima corrente che il fusibile può interrompere senza causare danni.

Tempo di Intervento: Quanto velocemente il fusibile interrompe il circuito quando viene superata la corrente nominale. Questo può variare tra fusibili rapidi e ritardati.



Portafusibile



Fusibile a cartuccia

8.3 TARGA E CARATTERISTICHE DEL QUADRO

Nel quadro elettrico deve essere applicata la targa marcata in maniera indelebile e posta in modo da essere leggibile quando il quadro è installato ed in esercizio. Nella targa devono essere riportate obbligatoriamente (cei en 61439-1) le seguenti informazioni :

Nome e marchio di fabbrica del costruttore

L'indicazione del tipo, numero o altro mezzo di identificazione del quadro

La data di costruzione

CEI EN 61439-X, ove X sta per la cifra che identifica la norma di prodotto applicabile al tipo di quadro.

Nella documentazione tecnica da fornire al committente assieme al quadro sono:

La Tensione nominale del quadro (U_n): è la tensione di impiego del circuito principale

La tensione di impiego di un circuito del quadro (U_e): è il valore della tensione che, unitamente alla corrente, determina l'utilizzazione del circuito stesso. Normalmente in un quadro elettrico vengono assegnate la tensione di impiego del circuito principale e una o più tensioni per l'impiego dei circuiti ausiliari

La tensione di isolamento di un circuito del quadro (U_i): è il valore al quale sono riferite le tensioni di prova d'isolamento e le sostanze superficiali di isolamento

La tensione nominale di tenuta di impulso del quadro (U_{imp}): è il valore di picco dell'impulso normalizzato in forma e polarità, che il circuito principale può supportare in condizioni specificate di prova

Corrente nominale di un circuito del quadro (I_{nc}): è la corrente che un circuito deve essere in grado di portare senza che le sovratemperature nelle diverse parti del circuito superi i limiti specificati dalla norma sui quadri, in condizioni di prova prefissate.

Corrente nominale del quadro (I_{nA}): è la più piccola corrente tra la somma della correnti nominali dei circuiti di entrata che funzionano in parallelo e la corrente totale che le sbarre principali sono in grado di distribuire nella specifica configurazione del quadro

Fattore nominale di contemporaneità (RDF): è il numero per cui bisogna moltiplicare le correnti nominali dei circuiti di uscita (I_{nc}) per ottenere le massime correnti con le quali i circuiti di uscita possono essere caricati contemporaneamente ed in maniera continuativa

Corrente nominale ammissibile di breve durata (I_{cw}): è il valore efficace della corrente di corto circuito che un circuito del quadro può portare senza danneggiarsi in condizione di prova prefissata

Corrente nominale ammissibile di picco (I_{pk}): è il valore istantaneo massimo della corrente di cortocircuito che un circuito del quadro può portare in condizioni di prova prefissate

Corrente nominale di cortocircuito condizionata (I_{cc}): è il valore efficace della corrente di cortocircuito che il circuito considerato, protetto da un dispositivo di protezione specificato dal costruttore del quadro, può sopportare in modo soddisfacente per il tempo di funzionamento del dispositivo in condizioni di prova specificate

Frequenza nominale (f_n): designa il quadro ed a esse fanno riferimento le condizioni di funzionamento

Grado di protezione IP: indica il livello di protezione dell'involucro contro l'accesso a parti pericolose, contro l'ingresso di corpi solidi e liquidi

Grado di protezione IK: indica la resistenza agli urti dell'involucro

Compatibilità elettromagnetica (EMC): si intende l'idoneità di un apparecchio a funzionare in un definito ambiente elettromagnetico in modo soddisfacente e senza

produrre perturbazioni elettromagnetiche inaccettabili per altre apparecchiature in tale campo.

8.4 CARATTERISTICHE QUADRO PRINCIPALE PERSHIN 140

8.4.1 LA CARPENTERIA

La carpenteria del quadro principale 230V/400V è realizzata direttamente dalla ditta Furlanetto, è realizzata in alluminio ed ha un IP 55.

Dimensioni : 1820mm L, 1700mm H e 450mm D

Peso : 190Kg

8.4.2 L'ALIMENTAZIONE ELETTRICA

Il quadro è alimentato da tre fonti:

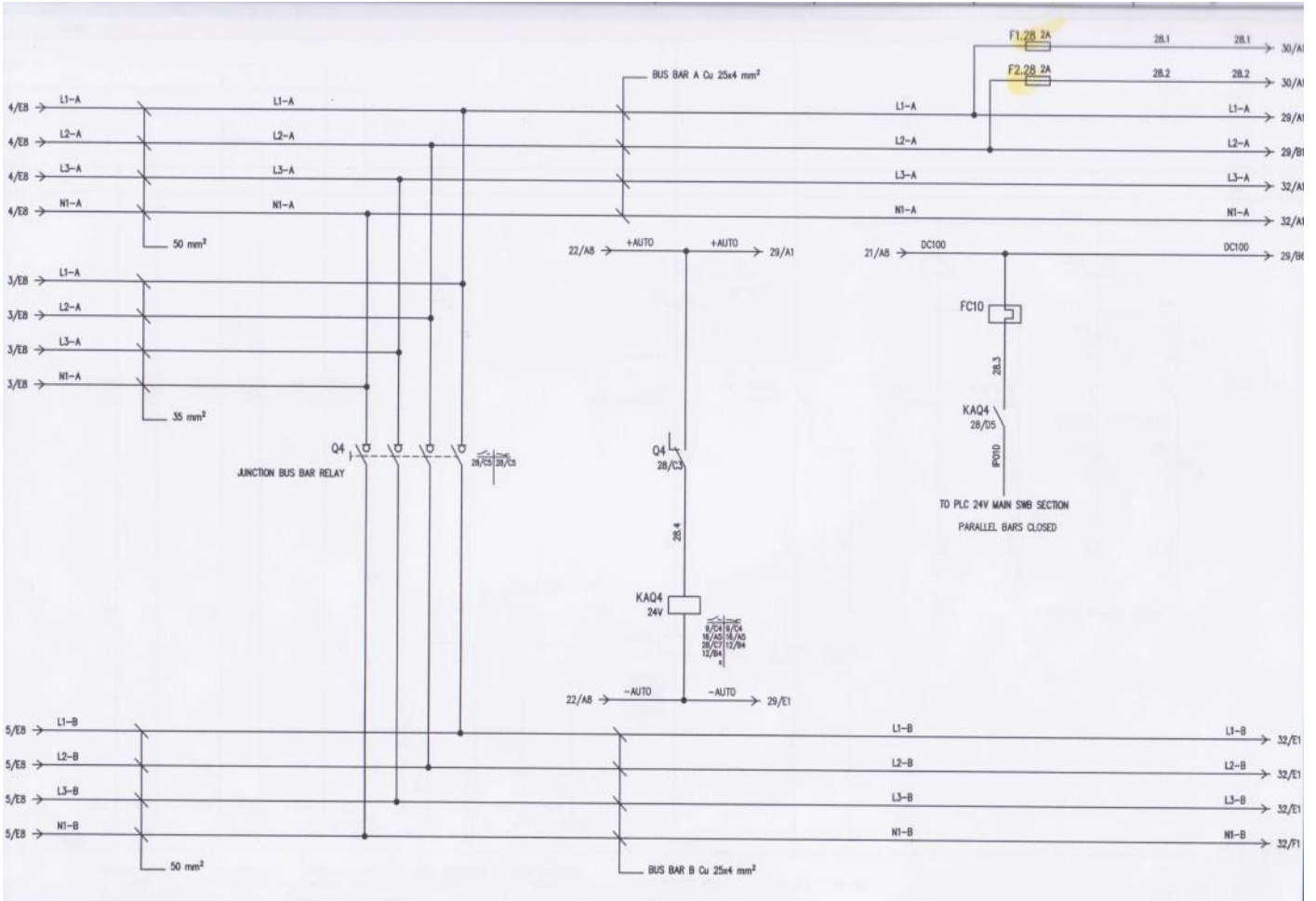
-FREQUENCY CONVERTER che è alimentato dalla SHORE POWER SUPPLY e arriva al quadro elettrico attraverso 4 corde da 35mm²

- GENERATOR PORT O STBD che arriva al quadro elettrico attraverso 4 cavi unipolari da 50mm²

Queste corde si collegano alla propria bus bar che le collega ognuna con un interruttore magnetotermico scatolato che a sua volta si collega alla bus bar di distribuzione.

Nel quadro ci sono due Bus bar (A e B) ognuna collegata ad un generatore , ed una junction bus bar dove è collegato è collegata la line filtrata dal converter.

Quest'ultima barra è interrotta da un sezionatore che permette di utilizzare un generatore per barra o alimentarle entrambe con uno, in base alle esigenze.



Schema Bus Bar

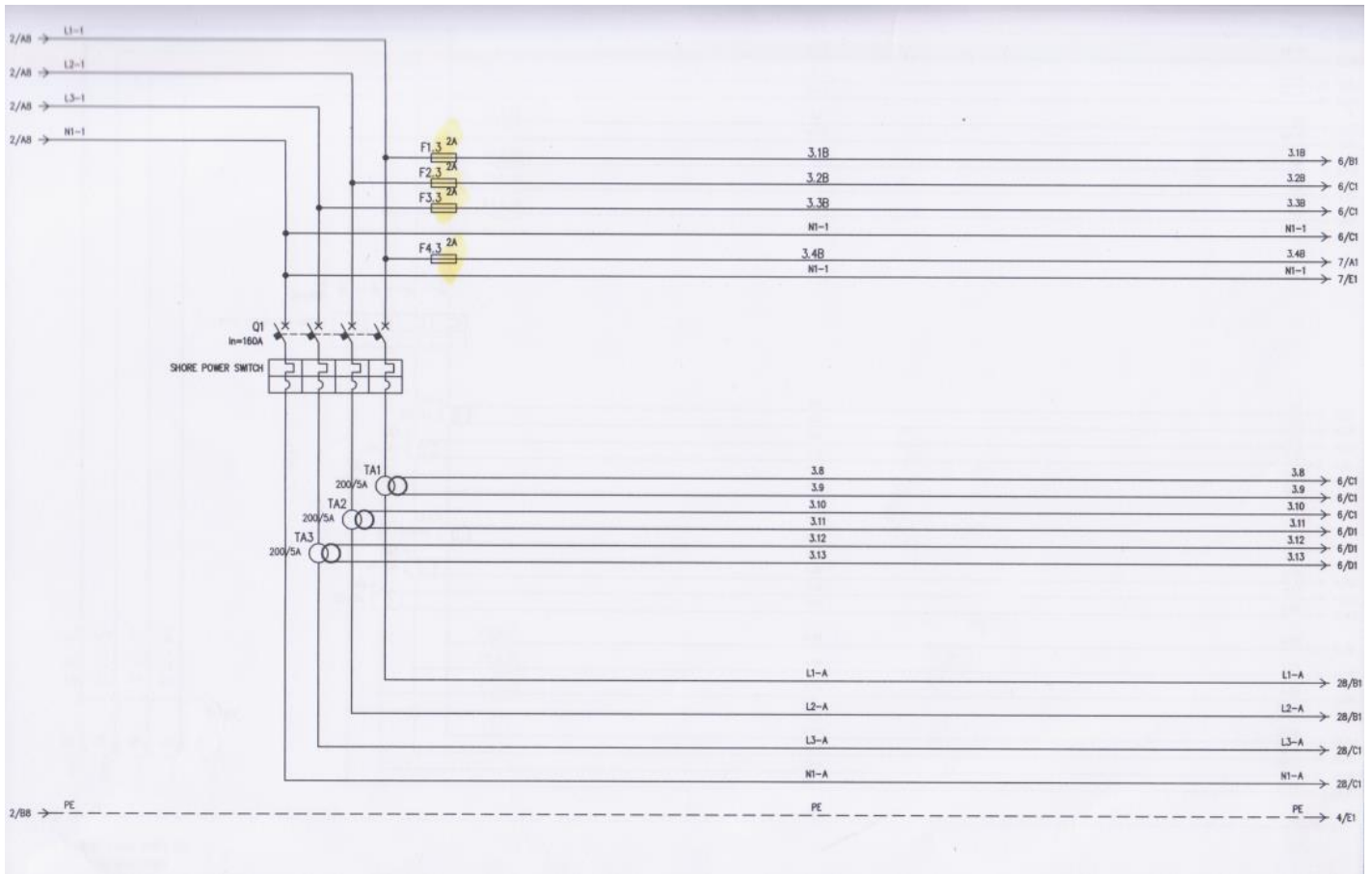
8.4.3 STRUMENTI DI MISURA

Nel Quadro elettrico è presente uno strumento di misurazione multifunzione per ogni linea in arrivo.

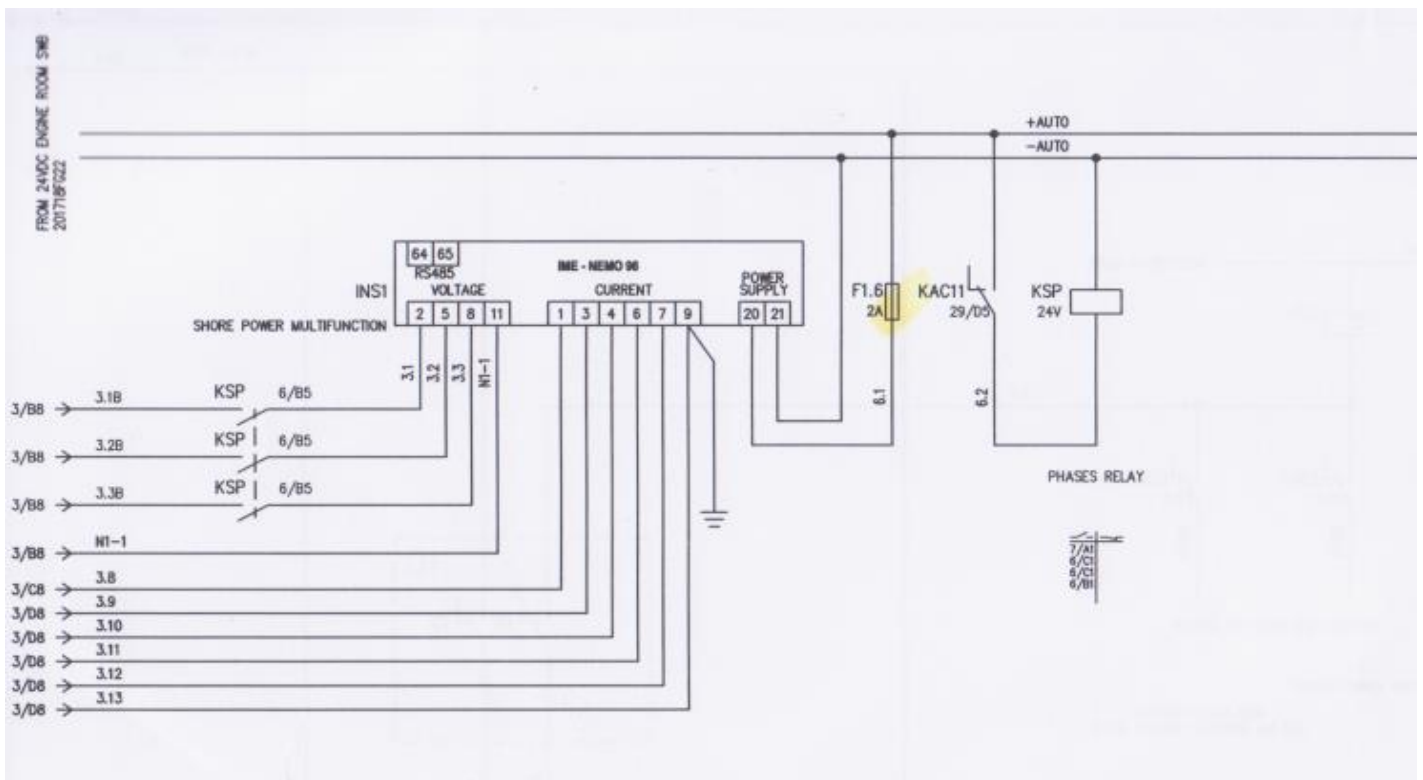
Lo strumento utilizzato è il NEMO 96-EA che consente di controllare la qualità della rete che misura e di registrare gli eventi che possono verificarsi. NEMO 96-EA viene fornito di serie con il modulo di comunicazione RS485 Modbus RTU/TCP ed è dotato di memoria interna di 8Mb per la registrazione di dati real time (corrente, tensione, potenze, frequenza,...) e dati di tipo integrati (energie).



Multifunzione Nemo



Schema di collegamento NEMO



Schema di collegamento NEMO anno strumento

8.4.4 CARICHI ED INTERRUTTORI DEL QUADRO

CARICHI BUS BAR A

CREW AREA SWB

Potenza : 8Kw

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 32A, classe C

SWIMMING POOL

Potenza : 18kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 32A, classe C

EXTERNAL LIGHTS SWB

Potenza : 8kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 25A, classe C

SUN DECK SWB

Potenza : 3kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 16A, classe C

GALLEY SWB

Potenza : 30kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 63A, classe C

BOW THRUSTER

Potenza : 55kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 100A, classe C

SUB LOWER DECK SWB

Potenza : 30kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 63A, classe C

OWNER/CAPTAIN SWB

Potenza : 10kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 32 A, classe C

PORT. ENGINE ROOM FAN

Potenza : 15kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 32 A, classe C

MJP PORT STEERABLE JET HYD OIL CONTROLLER

Potenza : 3kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

MJP PORT BOOSTER LUB OIL CONTROLLER

Potenza : 0,55kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

PORT ANCHOR CAPSTAN

Potenza : 7,5kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 20A, classe D

PORT AFT MOORING CAPSTAN

Potenza : 5kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 16A, classe D

CHAIN LOCKER AUT. BILGE PUMP SWB

Potenza : 0,37kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

HAMANN SEWAGE TREATMENT

Potenza : 6,5kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tetrapolare, In 32 A, classe C

SWIMMING LADDER POWER PACK

Potenza : 2,2kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

AFT HYDRAULIC POWER PACK

Potenza : 7,7kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 20A, classe D

MAIN BILGE PUMP

Potenza : 4kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 16A, classe C

PORT FUEL PURIFIER SWB

Potenza : 1,1kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

FUEL TRANSFER PUMP

Potenza : 1,5kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

PORT ENGINE ROOM EXTRACTR

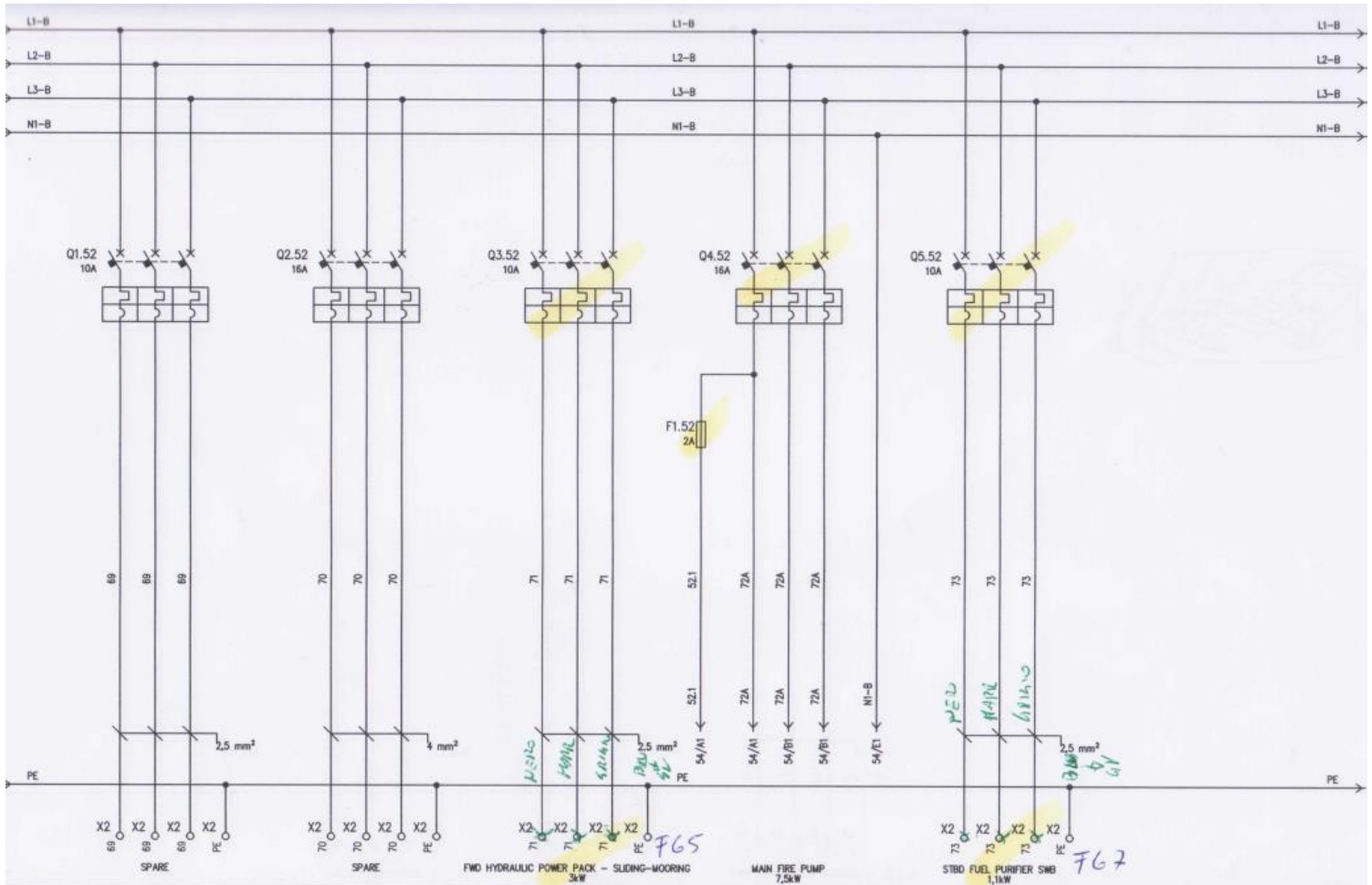
Potenza : 3kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C

CABLE REELS SHORE POWER

Potenza : 0,25kW

Dispositivo di protezione : magnetotermico tripolare, In 10A, classe C



Rappresentazione multifilare del collegamento di utenze protette da interruttori magnetotermici

9. CONCLUSIONI

Durante questo tirocinio, ho avuto l'opportunità di approfondire la conoscenza e la comprensione degli impianti elettrici navali, con un focus particolare sulla realizzazione e gestione dell'impianto elettrico di uno yacht di 50 metri. Questo percorso formativo mi ha permesso di coniugare teoria e pratica, fornendomi una visione completa e dettagliata dei vari componenti e delle loro funzioni.

L'esperienza presso Furlanetto International SRL e il cantiere Ferretti di Ancona mi ha permesso di partecipare attivamente a tutte le fasi di progettazione e installazione dell'impianto elettrico dello yacht Pershing 140. Dalla posa dei cavi alla configurazione dei quadri elettrici, fino alle prove di funzionamento, ogni fase ha contribuito a rafforzare le mie competenze tecniche e la mia capacità di problem solving.

In particolare, ho appreso l'importanza di:

1. **Precisione e accuratezza:** Ogni dettaglio, dalla scelta dei cavi alla configurazione dei quadri, deve essere curato con la massima precisione per garantire la sicurezza e l'efficienza dell'impianto.
2. **Collaborazione e lavoro di squadra:** La realizzazione di un impianto complesso richiede una stretta collaborazione tra vari professionisti, inclusi ingegneri, tecnici e operai.
3. **Adattabilità e flessibilità:** Le condizioni di lavoro in un cantiere navale possono essere variabili e spesso richiedono di adattarsi rapidamente a nuove situazioni e problemi imprevisti.
4. **Innovazione e aggiornamento continuo:** La tecnologia navale è in continua evoluzione, e per rimanere competitivi è essenziale aggiornarsi costantemente sulle nuove tecnologie e metodologie.

Questo tirocinio non solo ha consolidato le mie competenze tecniche, ma mi ha anche fornito una preziosa esperienza pratica che sarà fondamentale per il mio futuro

professionale. Sono grato alla Furlanetto International e al cantiere Ferretti per l'opportunità e il supporto ricevuti, e sono certo che quanto appreso sarà un solido punto di partenza per la mia carriera nel settore degli impianti elettrici navali.

In conclusione, questo percorso formativo ha dimostrato come la teoria appresa durante gli studi possa essere applicata efficacemente alla pratica, contribuendo a realizzare progetti complessi e ambiziosi come quello dello yacht Pershing 140. Continuerò a sviluppare le competenze acquisite e a perseguire l'eccellenza nel mio campo, con l'obiettivo di contribuire a progetti sempre più innovativi e sostenibili.