

C0	04/06/12	Emissione per approvazione	AL	AG	YE
REVISIONE	DESCRIZIONE			EL	CON. APP.

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
MAGISTRATO ALLE ACQUE**

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA
DI VENEZIA**

LEGGE N. 798 DEL 29-11-1984
CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991
ATTO ATTUATIVO REP. 8100 DEL 19-12-2005 (PROGETTAZIONE)
ATTO ATTUATIVO REP. 8308 DEL 16-12-2008 (PROGETTAZIONE)
ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 9^ ASSEGNAZIONE CIPE PER IL "SISTEMA MOSE" (OPERA)

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER
LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**

CUP: D51B02000050AC1

PROGETTO ESECUTIVO

(estratto del progetto esecutivo di WBS MA.L1.50, favorevolmente esaminato dal Comitato Tecnico di Magistratura del 21.04.2010 con voto n. 66 e del progetto esecutivo di WBS CH.L1.50, favorevolmente esaminato dal CTM del 18.09.2009 con voto n. 158)

WBS: MA.L1.50 - CH.L1.50

WBE: MA.L1.50.PE.02A - CH.L1.50.PE.02A


**BOCCA DI MALAMOCCO
IMPIANTI**

**FORNITURA MACCHINE PRINCIPALI - I FASE
IMPIANTI RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI
RELAZIONE TECNICA**

ELABORATO A. Comazzi	CONTROLLATO A. Gandini	APPROVATO Y. Eprim
N. ELABORATO MV100P-PE-MWR-0002-02A-C0 MV100P-PE-MWR-0002-C2	CODICE FILE MV100P-PE-MWR-0002-02A-C0.doc	DATA 4 Giugno 2012

CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

<p>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE</p> <p>VERIFICATO V. Arnone</p> <p>CONTROLLATO M. Brotto</p> <p>CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. M. Brotto</p>	<p>PROGETTAZIONE</p> <p>REGENTIA</p> <p>DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI Soc. A. Scotti a) civile ambientale b) industriale c) dell'informazione n° A 9782</p> <p>IL RESPONSABILE: Ing. A. SCOTTI</p>
--	---

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 2
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

LEGGE N.798 DEL 29-11-1984

CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991

ATTO ATTUATIVO REP. 8100 DEL 19-12-2005 (PROGETTAZIONE)

ATTO ATTUATIVO REP. 8308 DEL 16-12-2008 (PROGETTAZIONE)

ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 9^ ASSEGNAZIONE CIPE

PER IL "SISTEMA MOSE" (OPERA)

CONSORZIO VENEZIA NUOVA


**INTERVENTI ALLE BOCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE
DEI FLUSSI DI MAREA**

- PROGETTO ESECUTIVO -

BOCCA DI MALAMOCCO – IMPIANTI


FORNITURA MACCHINE PRINCIPALI – I FASE

**IMPIANTI RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI
RELAZIONE TECNICA**

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 3
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

INDICE

1.	SCOPO	4
2.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA	5
3.	CRITERI DI PROGETTO E DIMENSIONAMENTO	6
3.1.	Circuito raffreddamento compressori	6
3.2.	Dati di base per il calcolo delle calorie da smaltire	6
3.3.	Circuiti acqua glicolata	6
3.4.	Caratteristiche del sistema e delle pompe dell'acqua glicolata	7
3.5.	Dati di progetto di ciascun sistema di refrigerazione (air-coolers)	9
4.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI	10
4.1.	Documenti di riferimento	10
4.2.	Caratteristiche dei circuiti acqua glicolata	11
4.3.	Logiche di controllo circuito di raffreddamento compressori	13
4.3.1.	Assetto di marcia normale (raffreddamento di 2 compressori)	14
4.3.2.	Assetto di marcia a massimo carico.	15
4.4.	Tubazioni	16

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 4
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

1. SCOPO

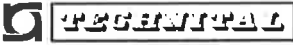
Le opere oggetto delle presenti MA.L1.50.PE.02A e CH.L1.50.PE.02A sono relative alla sola fornitura di n° 2 compressori centrifughi e di n° 2 gruppi elettrogeni della barriera di Malamocco e di n° 2 compressori centrifughi e di n° 2 gruppi elettrogeni della barriera di Chioggia.

Nell'ambito degli interventi per la salvaguardia di Venezia, il progetto esecutivo "impianti" per le opere da realizzare alla Bocca di Malamocco (WBS MA.L1.50) comprende il sistema di raffreddamento compressori.

Il presente documento descrive le soluzioni impiantistiche adottate per il raffreddamento dei compressori che producono l'aria compressa necessaria per la movimentazione delle paratoie della barriera di Malamocco.

Le apparecchiature selezionate per questo servizio sono installate nell'area degli scambiatori acqua / aria (air-coolers), sulla spalla Sud di Malamocco.

Data l'atmosfera marina in cui si opera, il sistema prevede l'utilizzo di un fluido intermedio non corrosivo e a basso punto di congelamento (soluzione di acqua glicolata al 30-35%) che, dopo essere stato inviato ai compressori per raffreddarli, viene pompato a due sistemi di raffreddamento costituiti da refrigeranti ad aria.

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 5
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

L'impianto di raffreddamento è diviso in due parti distinte, ognuna costituita da sistema di pompaggio, tubazioni e scambiatori, che in condizioni normali operano una al servizio del circuito di compressione principale, l'altra a servizio del circuito secondario.

In condizioni di fuori servizio di una delle due parti o di una sala compressori o di un tratto di tunnel servizi, i due circuiti possono essere interconnessi.

Ognuno dei due sistemi di raffreddamento è costituito da 6 scambiatori di calore acqua-aria collegati in parallelo.


Tale configurazione è stata progettata seguendo i criteri di flessibilità, ridondanza e disponibilità adottati in tutto il progetto, in modo da garantire in ogni condizione il raffreddamento di almeno 3 compressori in qualunque delle due sale si trovino.

Per evitare pericoli di sversamenti della miscela glicolata o del solo glicole, le apparecchiature per la preparazione della soluzione glicolata e per il riempimento o il reintegro di liquido nei circuiti sono state allocate in un locale separato con le pareti impermeabilizzate fino ad una certa altezza a formare un bacino di contenimento dotato di sistema di raccolta dreni autonomo (da inviare in contenitori su pallet a incenerimento in idoneo impianto).

Il sistema di preparazione della soluzione e di riempimento e/o reintegro dei circuiti di raffreddamento comprende un serbatoio orizzontale, destinato al caricamento iniziale del glicole e dell'acqua per la preparazione della soluzione glicolata, la pompa, che inizialmente provvede a miscelare l'acqua ed il glicole e poi, ottenuta la miscela omogenea, invia la miscela ai vasi di espansione (uno per ciascun circuito) per il primo riempimento e/o per il reintegro, quando necessario.

La rete di raccolta degli scarichi dell'area interessata alla circolazione della miscela di acqua-glicole farà capo a pozzetti allarmati per la raccolta differenziata con pompa carrellata prima dell'invio allo smaltimento.

Il caricamento del glicole nel serbatoio di preparazione della soluzione avviene da fusti (che vengono portati in loco con motobarche e stoccati in apposito locale del magazzino) tramite pompa di travaso.

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 6
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

3. CRITERI DI PROGETTO E DIMENSIONAMENTO

3.1. Circuito raffreddamento compressori

L'assetto impiantistico, per la rimozione del calore di compressione, prevede l'utilizzo di due circuiti in ciclo chiuso, uno al servizio della sala compressori principale e uno di quella secondaria. In questi circuiti la soluzione glicolata provvede a refrigerare gli scambiatori all'interno dei compressori, e poi viene raffreddata dal sistema di scambiatori descritto nella presente relazione.

Ciascun sistema è dimensionato in modo che un circuito sia in grado di asportare il calore generato da tutti e tre i compressori di una sottostazione in esercizio.

Nel caso sia fuori uso un collettore (di andata o di ritorno) di uno dei due circuiti dell'acqua glicolata (collegamento tra i compressori e gli scambiatori), il sistema di pompaggio nel suo complesso (P-3001 A/B; P-3002 A/B) è in grado di assicurare lo smaltimento di tutto il calore prodotto non solo dall'esercizio di tre compressori (una delle configurazioni più critiche previste per il sollevamento delle paratoie) ma, con le dovute e previste interconnessioni, anche quello prodotto dall'uso contemporaneo di 4 compressori (2 nel locale "A" e 2 nel locale "B", che corrisponde alla condizione normale di esercizio per il sollevamento delle paratoie).

3.2. Dati di base per il calcolo delle calorie da smaltire

Calore da asportare con N°2 compressori in funzione	813.371 kcal/h (*)
Calore da asportare con N°3 compressori in funzione	1.220.056 kcal/h (*)

(*) Valore ottenuto assumendo di dover asportare una quantità di calorie pari al valore della potenza assorbita dal compressore (430 kW) trasformata in Kcal/h (fattore di conversione 859,8) e maggiorata del 10%.

3.3. Circuiti acqua glicolata

Sono previsti due sistemi e circuiti distinti, uno per ogni sala compressori, interconnettibili in caso di fuori servizio di parti di essi, come di seguito indicato.

Il loro dimensionamento è stato effettuato sulla base delle ipotesi di lavoro qui di seguito riassunte:

- il glicole impiegato è quello propilenico e la soluzione circolante ha una concentrazione del 30 - 35%;
- per ciascun sistema di scambiatori, il calore di compressione da rimuovere, è stato calcolato considerando quello massimo prodotto (vedi tabella precedente) dall'esercizio di 3 compressori di una sola sala;

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 7
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

- la temperatura massima dell'acqua glicolata in uscita dagli scambiatori è stata considerata pari a 38°C;
- il dimensionamento è stato fatto considerando, a titolo cautelativo, un ΔT massimo di 12°C in riscaldamento nei compressori (38 → 50°C), e di 14°C in refrigerazione negli air-coolers (52 → 38°C);
- per il dimensionamento degli aircoolers, la temperatura massima estiva dell'aria è stata assunta pari a 32°C se riferita alle condizioni di bulbo secco e di 35°C se riferita a quella massima ambiente;
- l'umidità massima, in periodo estivo, è stata assunta pari a 75 %;
- per il calcolo delle perdite di carico lungo i circuiti idraulici si sono considerate le lunghezze massime ed i percorsi riportati nella planimetria generale ed in quella specifica entro l'area degli scambiatori a Malamocco. Per la stima dei percorsi vedere documenti MV100P-PE-MPD-5095/5096/5097/5098. Ciascun tratto del circuito è stato verificato caratterizzandolo con le lunghezze, il numero di curve e valvole rilevate dagli schemi P&I e planimetrici, ed il valore totale è stato ottenuto applicando la formula riportata a piè della tabella seguente, considerando per le curve la "lunghezza convenzionale" e sommando, per le valvole, i relativi valori di K^1 . Con queste premesse, il valore della perdita di carico per la portata massima è risultata inferiore a 0.5 bar (per il calcolo della prevalenza delle pompe si è assunto il valore di 0.5 bar);
- le perdite di carico localizzate, dovute alla presenza dello strumento di misura della portata agli scambiatori, sono state valutate pari a 0.5 bar ;
- le perdite di carico localizzate, dovute al passaggio attraverso i refrigeranti dei compressori, sono state valutate pari a 1 bar nelle condizioni di progetto.

3.4. Caratteristiche del sistema e delle pompe dell'acqua glicolata

Descrizione	Unità di misura e valore
Calore da asportare per 2 compressori che assorbono complessivamente 860 kW/h	813.371 kcal/h
Calore da asportare per 3 compressori che assorbono complessivamente 1290 kW/h	1.220.056 kcal/h
Fluido intermedio di refrigerazione costituito da soluzione acqua-glicole	Concentrazione 30 - 35%

¹ $K = E'$ il valore tipico per le perdite di carico localizzate per l'elemento considerato espresso in metri lineare di lunghezza della tubazione.


Descrizione	Unità di misura e valore
Portata di progetto delle pompe	150 m ³ /h
Perdite di carico distribuite nel circuito	0.5 bar (1)
Perdite di carico localizzate negli aircooler	0,5 bar
Perdite di carico localizzate negli scambiatori del compressore	1.0 bar
Perdite di carico localizzate dovute allo strumento di misura della portata	0.5 bar
Perdite di carico totali del sistema	2.5 bar
Prevalenza geodetica max.	0.4 bar
Prevalenza totale richiesta per le pompe	29 m.c.l.
Prevalenza di progetto pompe	35 m.c.l.
Girante e Corpo pompa	AISI 316 L
Tipo pompa	Centrifuga orizzontale
Numero pompe per circuito	1+1
Sigla delle pompe del circuito A	P-3001 A/B
Sigla delle pompe del circuito B	P-3002 A/B

Nota (1) La perdita di carico per ogni metro di lunghezza convenzionale, inclusiva delle curve, viene calcolata con la seguente formula: $\Delta P = \frac{\lambda \cdot v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D \cdot 10^{-3}}$

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D \cdot 10^{-3}}$$

dove:

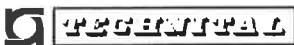
Δp	= Perdita di carico distribuita per metro	Pa/m
λ	= coefficiente di attrito	funzione N° di Reynolds
V	= velocità	m/s
ρ	= massa volumica, funzione della temperatura	kg/m ³
D	= diametro interno della tubazione	mm

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 9
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

3.5. Dati di progetto di ciascun sistema di refrigerazione (air-coolers)

- potenza termica nominale (relativa al raffreddamento di 3 compressori)	1.220.056	kcal/h
- temperatura massima del bulbo secco	32	°C
- umidità relativa alla temperatura massima estiva	75	max. %
- salto termico nominale circuito acqua gli colata	38-52	°C
- tenore glicole propilenico nella miscela	30-35	%
- massa volumica della miscela (30%, a 38°C)	1.028	kg/m ³
- capacità termica massica della miscela (30%, 38°C)	3,75	kJ / kg °C
- viscosità dinamica della miscela(30%, 38°C)	2,26	mPa
- portata nominale delle elettropompe centrifughe	150	m ³ /h
- scambiatori ad aria	6	n°
- potenza termica nominale di uno scambiatore	205.000	kcal/h
- perdita di carico localizzata di uno scambiatore	50	kPa
- portata nominale di acqua glicolata a ciascun scambiatore	25	m ³ /h
- portata acqua glicolata per un compressore	50	m ³ /h
- perdita di carico localizzata per passaggio in un compressore	100	kPa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ alla portata nominale di 50 m³/h in quanto le pompe dei circuiti di raffreddamento sono dimensionate per una portata complessiva pari alle necessità di 3 compressori.


	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 10
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI

4.1. Documenti di riferimento

L'impianto di raffreddamento compressori, illustrato nella presente relazione va analizzato unitamente alla seguente documentazione di riferimento:

Bocca di Malamocco - Impianto acqua raffreddamento compressori - circuito principale / circuito secondario - Schema di principio	MV100P-PE-MWK-3002
Bocca di Malamocco - Impianti pneumatici - Produzione aria compressa - Schema funzionale	MV100P-PE-MRK-3101
Bocca di Malamocco - Impianto acqua raffreddamento compressori Preparazione soluzione acqua glicolata - Schema funzionale	MV100P-PE-MWK-3131
Bocca di Malamocco - Impianto acqua raffreddamento compressori. Distribuzione circuito principale Schema funzionale"	MV100P-PE-MWK - 3133
Bocca di Malamocco - Impianto acqua raffreddamento compressori. Distribuzione circuito secondario - Schema funzionale	MV100P-PE-MWK - 3134
Bocca di Malamocco - Impianto acqua raffreddamento compressori (aircoolers). Circuito principale - Schema funzionale	MV100P-PE-MWK - 3135
Bocca di Malamocco - Impianto acqua raffreddamento compressori (aircoolers). Circuito secondario Schema funzionale	MV100P-PE-MWK - 3136
Bocca di Malamocco - Unità di raffreddamento ad aria (aircoolers) – Specifica tecnica con foglio dati	MV100P-PE-MMS-1003
Bocca di Malamocco - Impianto di raffreddamento compressori Disposizione apparecchi - Piante e sezioni"	MV100P-PE-MRD-4516
Bocca di Malamocco - Edificio per raffreddamento compressori "A" - Locali pompe e sale quadri Disposizione apparecchiature - Piante e sezioni	MV100P-PE-MWD-4517
Bocca di Malamocco - Edificio per raffreddamento compressori "B" - Locali pompe e sale quadri Disposizione apparecchiature - Piante e sezioni	MV100P-PE-MWD-4518
Bocca di Malamocco - Impianto di raffreddamento compressori - Locali pompe e sale quadri Disposizione tubazioni - Piante e sezioni	MV100P-PE-MPD-5095

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 11
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

4.2. Caratteristiche dei circuiti acqua glicolata

La preparazione della soluzione glicolata avviene in un serbatoio orizzontale, atmosferico (D-3003) con capacità di 12 m³, nel quale viene immesso il glicole propilenico (approvvigionato in fusti da 200 l. o in contenitori plastici su pallets trasportati in loco da motobarca e stoccati in idoneo locale del magazzino). Il trasferimento dai fusti al serbatoio di preparazione della soluzione si effettua con pompa carrellata, operando nel locale ove è ubicato il serbatoio stesso.

Nel serbatoio viene fatta affluire anche l'acqua servizi necessaria a diluire il glicole sino alla concentrazione desiderata del 30 - 35%.

I quantitativi di glicole ed acqua necessari per preparare un determinato volume di acqua glicolata vengono misurati con contatori volumetrici o valutati attraverso la lettura dei livelli.

Ad avvenuto completamento della carica di entrambi i fluidi, una pompa (P-3005), del tipo centrifugo orizzontale, provvede a miscelare il glicole e l'acqua e ad omogeneizzare la soluzione, riciclando il contenuto del serbatoio su se stesso.

La strumentazione di cui è dotato il serbatoio è costituita da un indicatore di livello locale e da un trasmettitore di livello per la lettura a distanza.

Un livellostato, direttamente connesso al cassetto del quadro elettrico, provvede a fermare la pompa in marcia in caso di bassissimo livello nel serbatoio.

Raggiunta la concentrazione stabilita, la soluzione acqua-glicole, con la stessa pompa (P-3005) e operando sulle valvole di intercettazione, viene trasferita in uno o in entrambi i sistemi di circolazione. L'avvenuto riempimento dei circuiti è rilevato dai livelli installati nei vasi di espansione (D-3001 e D-3002) che sono uno a servizio di ciascun circuito di distribuzione del fluido refrigerante.

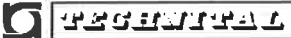
L'operazione di ricambio della soluzione glicolata viene normalmente programmata ogni 1-2 anni, previa verifica della torbidità.

La soluzione esausta scaricata dai circuiti viene raccolta in contenitori ed inviata a smaltimento in idoneo impianto in terraferma.

I due distinti circuiti di raffreddamento sono così previsti :

- uno principale per i compressori K-3001 A/B/C posizionati nel locale "A" dell'edificio compressori,
- uno secondario per i compressori K-3002 A/B/C posizionati nel locale "B" del medesimo edificio.

Ciascun circuito di acqua glicolata collega i compressori con l'area ove sono installati gli scambiatori ed è essenzialmente costituito da :

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 12
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

- una pompa di tipo centrifugo, con relativa riserva (P-3001 A/B per il circuito principale, P-3002 A/B per il secondario), la cui funzione è quella di assicurare la circolazione del fluido refrigerante che asporta dall'aria di processo il calore di compressione (prodotto dai compressori) e lo invia agli scambiatori.
- un vaso di espansione, (D-3001 per il circuito principale, D-3002 per il secondario), a pressione atmosferica, con capacità circa 1,2 m³, destinato ad assorbire le fluttuazioni di volume originate dal riscaldamento e dal raffreddamento dell'acqua glicolata. La strumentazione, di cui ciascun vaso di espansione è provvisto, risulta del tutto simile a quella installata nel serbatoio di preparazione della soluzione glicolata; il bassissimo livello ferma la pompa di ricircolazione e di un allarme all'operatore della indisponibilità del circuito;
- un sistema di tubazioni in acciaio al carbonio da 6", dedicate rispettivamente all'adduzione ed al ritorno della soluzione glicolata ai/dai compressori dell'aria e ai/dagli scambiatori ad aria (aircoolers);
- due regolatori di pressione differenziale per mantenere, in ciascuno dei circuiti, adeguata differenza di pressione tra ingresso e uscita dei compressori, (anche quando su un circuito si effettua l'interconnessione con la seconda stazione di compressione);
- un sistema di raffreddamento di 6 scambiatori di pari potenzialità installati in parallelo alimentati dalle pompe (P-3001 A/B e P-3002 A/B);

La capacità del singolo scambiatore è un sesto di quella totale necessaria in condizioni di massimo carico (raffreddamento del calore prodotto dall'esercizio di 3 compressori).

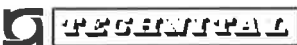
Gli scambiatori sono identificati dalle sigle AC-3001 A/B/C/D/E/F (circuito principale) e AC-3002 A/B/C/D/E/F (circuito secondario) e sono ubicati all'aperto sul tetto dell'edificio elettrico della spalla Sud di Malamocco.

Ogni singolo scambiatore è dotato di doppia bancata di 4 ventilatori (8 totali) e doppia batteria di scambio termico disposta a V (o sistema equivalente).

Ogni bancata è, a sua volta, suddivisa in 2 sezioni indipendenti, ciascuna dotata di una coppia di ventilatori per l'aria di raffreddamento.

Questa configurazione consente un'elevata flessibilità di regolazione della temperatura e garantisce una maggiore disponibilità di impianto (ad es.: la perdita di una sezione di ventilatori, diminuisce la capacità di scambio della singola sezione, ma non è persa la funzionalità globale).

Dal dimensionamento effettuato si è ricavata una configurazione di 6 macchine installate e funzionanti in parallelo per ogni circuito. I ventilatori di ogni singolo scambiatore sono azionati a velocità variabile tramite un inverter dotato di un numero di uscite pari al numero dei ventilatori da azionare. L'inverter sarà installato all'aperto, a bordo macchine, con una protezione adeguata all'ambiente marino. Il PLC di controllo e la strumentazione installata in ogni circuito per la gestione del

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 13
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

sistema, in funzione della temperatura dell'acqua in uscita dagli scambiatori regolano la velocità dei ventilatori. In questo modo tutti gli scambiatori sono sempre in funzione e viene variata solo la velocità di rotazione dei ventilatori in base alle necessità

All'uscita di ciascun sistema di raffreddamento ad aria, la soluzione glicolata fredda affluisce ai compressori di una singola sottostazione dove raffredda l'aria compressa. Dai compressori, attraverso le pompe di circolazione, ritorna calda di nuovo agli scambiatori.

Essendo la produzione di aria compressa un servizio essenziale per l'innalzamento delle paratoie, allo scopo di garantire il servizio di raffreddamento a tutti i compressori dell'aria in caso di indisponibilità totale di uno dei due circuiti, ciascuno di essi è collegabile, con un sistema di valvole motorizzate, a entrambe le sale della stazione di compressione. In questo modo, ciascuna sala dispone di due sistemi autonomi e ridondati di alimentazione della soluzione refrigerante. Viceversa in caso di perdita di un circuito, o di una sala compressori, l'altro è in grado di raffreddare i 3 compressori dell'altra sala.

Nell'assetto di marcia normale i due circuiti operano separatamente e le tubazioni di interconnessione, tra un circuito di raffreddamento e l'altro, sono intercettate con apposite valvole motorizzate che vengono comandate dall'operatore.

In caso necessità queste valvole vengono aperte per realizzare l'interconnessione.

I segnali di allarme dell'avvenuta indisponibilità o del malfunzionamento di uno dei circuiti è rilevato dal segnale di basso livello nei vasi di espansione e dai sensori di temperatura, pressione e portata installati sui circuiti stessi.


4.3. Logiche di controllo circuito di raffreddamento compressori

L'attivazione di uno o più compressori di una semisala può essere fatta solo previa messa in funzione del circuito ad acqua glicolata e delle unità di raffreddamento ad aria ad essa dedicato.

Poiché il circuito ad acqua glicolata ha pompe di circolazione e strumentazione ridondate, la logica di controllo centralizzata provvederà ad alternarne l'impiego sulla base di una equa ripartizione delle ore di funzionamento.

Il quadro di comando e controllo dell'unità di raffreddamento liquido ad aria, regolerà, tramite idoneo inverter, la velocità dei ventilatori in funzione della temperatura di uscita del fluido dagli scambiatori.

Ogni circuito di raffreddamento di una semisala ha la possibilità di alimentare, in caso di necessità, anche le utenze dell'altra semisala in caso di indisponibilità parziale o totale del sistema di raffreddamento ad essa dedicato.

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 14
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

4.3.1. Assetto di marcia normale (raffreddamento di 2 compressori)

L'assetto di marcia normale è quello caratterizzato dall'impiego di entrambe le sottostazioni di compressione, ciascuna delle quali viene alimentata dal proprio sistema di distribuzione di acqua glicolata, mentre l'interconnessione con il collettore dell'altra sottostazione di compressione resta esclusa per la chiusura della valvola motorizzata installata sul tratto di collettore che le collega.

Dagli schemi di marcia relativi al sistema di raffreddamento compressori si evince che la sottostazione principale (compressori K-3001 A/B/C), in marcia normale, viene alimentata dal circuito acqua glicolata dove operano le pompe P-3001 A/B e la relativa unità di raffreddamento ad aria AC-3001 A/B/C/D/E/F mentre le valvole motorizzate di interconnessione restano chiuse escludendo le utenze dell'altra sala. Analogo assetto è previsto per il circuito di raffreddamento della sottostazione di compressione secondaria sul quale operano le pompe P-3002 A/B dell'acqua glicolata e la relativa unità di raffreddamento ad aria AC-3002 A/B/C/D/E/F; le valvole di interconnessione, anch'esse motorizzate, restano chiuse.

L'avviamento della pompa di circolazione di ciascun circuito avviene dopo che il sistema avrà accertato il corretto stato delle valvole dotate di fine corsa in servizio sul circuito acqua glicolata selezionato e la presenza di adeguato livello nei vasi di espansione di cui lo stesso è provvisto.


Tutte le valvole manuali non motorizzate in servizio su un circuito, comprese quelle in servizio ai refrigeranti dei compressori, sono invece normalmente aperte per distribuire il flusso d'acqua sui 6 scambiatori per contenere le perdite di carico (regolazione modulata dei flussi con volantino).

Il regolatore di pressione differenziale collocato all'estremità di ciascun circuito di acqua glicolata, ha la funzione di mantenere costante la differenza di pressione tra i collettori di mandata e di ritorno dalle utenze di ciascuna sala compressori. La pressione nel collettore di ritorno è infatti anch'essa costante poiché si identifica con il battente di liquido presente nei vasi di espansione di ciascun circuito.

Per contenere le perdite di carico l'assetto di marcia prevede che la distribuzione del fluido refrigerante avvenga comunque a tutti i compressori, siano essi operativi che in stand-by.

Il corretto esercizio dell'impianto di raffreddamento è monitorato attraverso alcuni strumenti:

- l'avviamento della pompa acqua glicolata è rilevato da un segnale di ritorno di motore in marcia;
- la pressione dell'acqua glicolata è monitorata dal trasmettitore installato sul collettore destinato alle utenze della sottostazione servita;
- l'avvenuto scambio termico negli aircoolers è rilevato dalle misure di temperatura tra i collettori di mandata/ritorno dell'acqua glicolata;

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	El. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 15
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

- l'avvenuta asportazione del calore dai compressori è rilevata dall'indicatore di temperatura dell'acqua glicolata in uscita compressori/ingresso al sistema air-coolers;
- il corretto riempimento dei circuiti ad acqua glicolata è riscontrabile dall'indicatore di livello installato sui vasi di espansione.

Eventuali anomalie nel servizio di raffreddamento sono rilevate dagli strumenti sopra elencati che allertano l'operatore in caso di scostamenti delle variabili dalle condizioni abituali. Il persistere o l'aggravarsi dell'anomalia determina l'esclusione del circuito di raffreddamento attivo e l'interconnessione con l'altro. Tale operazione di commutazione sarà comandata dall'operatore da sala controllo.

Le grandezze di allarme sono le seguenti:

- la soglia di bassissima portata di acqua glicolata o il mancato avvio delle pompe di circolazione relative;
- l'altissima temperatura dell'acqua glicolata inviata ai compressori;
- la bassissima pressione nel collettore distribuzione dell'acqua glicolata;
- il basso livello vaso di espansione.

Una logica di avviamento e di gestione di tutti gli scambiatori avvia le pompe di circolazione dell'acqua glicolata e l'inserimento del sistema di regolazione degli scambiatori e la regolazione della velocità dei ventilatori in funzione della temperatura di ingresso/uscita dell'acqua glicolata dell'intero sistema.


4.3.2. Assetto di marcia a massimo carico.

Tale assetto si registra quando uno dei due circuiti di raffreddamento ad acqua glicolata viene escluso dal sistema di controllo perché deficitario e quello in servizio deve provvedere allo smaltimento del calore prodotto da 3 compressori (condizioni di progetto) e, quando possibile, in funzione delle condizioni ambientali, allo smaltimento del calore di 4 compressori (condizioni ottimali di esercizio con 2 compressori in una sala e 2 nell'altra).

Per soddisfare quest'ultima esigenza è necessaria l'apertura delle valvole motorizzate di inter-collegamento tra i due circuiti.

Per assicurare una regolare ripartizione del flusso ad entrambe le sottostazioni il sistema di controllo deve provvedere a :

- verificare la corretta impostazione del regolatore di pressione differenziale in servizio all'estremità del collettore destinato alle utenze prima escluse;
- ricevere/inviare segnali al PLC locale di avviamento e gestione degli scambiatori per autorizzare le operazioni e monitorare lo stato del sistema aircoolers.

	Rev. C0	Data: 04/06/2012	EI. MV100P-PE-MWR-0002-02A	Pag. n. 16
			IMPIANTO RAFFREDDAMENTO COMPRESSORI - RELAZIONE TECNICA	

4.4. Tubazioni

Tubazioni e valvole sono selezionate in accordo alla classe di linea AR della “Specificazione tecnica Classi di Linea” MV100P-PE-MPS-0002.