

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ LD/HD  
COMPRESSOR  
GAS HEATER ΚΑΙ FORCING VAPORIZER ΣΕ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ LNG/C**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΛΑΦΑΤΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΡΑΚΙΤΖΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ  
2015**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ LD/HD  
COMPRESSOR  
GAS HEATER ΚΑΙ FORCING VAPORIZER ΣΕ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ LNG/C**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΛΑΦΑΤΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

**ΑΜ: 5215**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ: ΙΟΥΝΙΟΣ 2015**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία περιγράφονται τρία βασικά μηχανήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των εξατμίσεων του φυσικού αερίου προς των λέβητα και προς τη στεριά, τη θέρμανση των εξατμίσεων αυτών και ένας ατμοποιητής βεβιασμένου βρασμού. Σκοπός της εργασίας είναι η γνωριμία με τα συγκεκριμένα μηχανήματα, τα οποία κατέχουν κύριο ρόλο στο πλοίο και είναι υπεύθυνα για την τροφοδοσία του λέβητα με καύσιμο φυσικό αέριο, προθερμαίνουν το αέριο αλλά και το κυκλοφορούν είτε προς τη στεριά είτε προς το λέβητα προκειμένου να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη παροχή. Στο Κεφάλαιο 1ο θα περιγραφούν οι συμπιεστές low duty compressor και high duty compressor με τα πλήρη ονομαστικά τους στοιχεία και τα διαγράμματα πίεσεως. Στο επόμενο κεφάλαιο θα περιγραφούν τα forcing vaporizer και LNG vaporizer και στη συνέχεια τα gas heaters τα οποία είναι υπεύθυνα για τη θέρμανση του αερίου σε κατάλληλη θερμοκρασία πριν καταναλωθεί απο το λέβητα. Στο τέλος της εργασίας θα έχουμε μία πλήρη εικόνα για τη διαδρομή του αερίου απο τη δεξαμενή ως το λέβητα, αλλά και για τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εξισορρόπηση της πίεσεως στα αμπάρια κατά τη διάρκεια της φόρτωσης.

## **ABSTRACT**

In the present dissertation, we present three basic cargo machinery used to transfer the LNG vapor to the boiler, to the shore and to heat the vapor as well as the use of the forced boil vaporizer. Aim of this dissertation is to become familiar with the use of the aforementioned and vital for the operation of the vessel machinery since it is responsible for feeding the boiler with LNG fuel, for the pre-heat of the gas and for its circulation either towards the shore or towards the boiler in order to achieve the required gas supply. In Chapter 1 we present the low and high duty compressors with their full features and pressure charts. In the next chapter, we describe the functions of the forcing vaporizer, the LNG vaporizer and the gas heaters that heat the gas in order to reach the required temperature before it is fed to the boiler. At the end of this dissertation, we will have a full overview of the gas flow path from the tank to the boiler and of the way that the balance of the pressure is performed at the hold of the ship during the cargo loading.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εγκατάσταση των μηχανημάτων vaporizer, gas heater και LNG compressor προορίζεται για υγραεριοφόρα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG/C και για εγκαταστάσεις στεριάς που διαχειρίζονται φυσικό αέριο, μιας και αποτελούν τα βασικά μηχανήματα, επι του πλοίου τα οποία έχουμε ως εργαλεία για να κάνουμε διαχείριση των φυσικών εξατμήσεων του φορτίου (gas management). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός βρίσκεται σε ξεχωριστό χώρο στο κατάστρωμα του караβιού (cargo compressor room) προστατευμένος από εξωτερικούς παράγοντες για προστασία του ίδιου του εξοπλισμού αλλά και για την αποφυγή ατυχημάτων και προστασία του πληρώματος. Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός σε συνεργασία τα μηχανήματα μεταξύ τους μας επιτρέπει να διοχετεύουμε εξατμήσεις του φορτίου στο λέβητα για να ανακουφίσουμε τις δεξαμενές από υψηλές πιέσεις (>250mbar) που δημιουργούνται από τις εξατμήσεις του φορτίου, αλλά και να προκαλέσουμε εξαναγκασμένο βρασμό του φορτίου προκειμένου να καλύψουμε τις εκάστοτε ανάγκες του λέβητα για κατανάλωση καυσίμου. Τα συγκεκριμένα μηχανήματα απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή λόγω του ότι είναι μεγάλης ακρίβειας, αλλά και υψηλού κόστους, αφού είναι κατασκευασμένα από κρυογενικό ατσάλι, κατασκευασμένο έτσι ώστε να αντέχει τις ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες του φορτίου (-163C).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### 1.1 Ιστορία Φυσικού Αερίου ( Natural Gas )

Η άσφαλτος και τα βιτουμένα, τα πιο παλιά γνωστά προϊόντα του πετρελαίου, όπως και ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου πρωτοβρέθηκαν μεταξύ 6000 και 2000 π.Χ. στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν. Η χρήση του φυσικού αερίου αναφέρεται στην Κίνα το 900 π.Χ. περίπου, όπου ανοίχθηκαν γύρω στα 900-1100 φρέατα και το αέριο μεταφερόταν με αγωγούς από μπαμπού.

Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία. Το αέριο από απόσταξη ανακαλύφθηκε το 1670 και άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790, γιατί ήταν πιο εύκολη η μεταφορά ανθράκων, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις και στον φωτισμό δρόμων και σπιτιών. Το 1821 η πόλη Φριντόνια (Fredonia) στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτιζόταν με φυσικό αέριο. Αλλά η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολουθούσε να είναι περιορισμένη, γιατί δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης, που βασίστηκε στον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του αερίου. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ακολούθησε μια περίοδος τεράστιας κατανάλωσης, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το 1950 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 14,6% το 1960 και σε 25% το 1980.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2.1 Συμπιεστές Πλοίου ( LD/HD Compressors )

Οι δύο συμπιεστές υψηλής παροχής που είναι εγκατεστημένοι στο χώρο στροβιλοσυμπιεστών στο κατάστρωμα, χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση υγρών αερίων, ατμών υγραερίου και διάφορων μίξεων ατμών υγραερίου, αδρανών αερίων ή ξηρού αέρα κατά τη διάρκεια της ψύξης, της λειτουργίας του πλοίου και των εργασιών στη δεξαμενή.

Οι συμπιεστές χαμηλής παροχής που είναι εγκατεστημένοι στο χώρο στροβιλοσυμπιεστών στο κατάστρωμα, χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του ατμού υγραερίου του λέβητα που χρησιμοποιείται ως καύσιμο και παράγεται από τη φυσική διαδικασία της εξάτμισης.

Οι συμπιεστές υψηλής και χαμηλής παροχής είναι ηλεκτροκίνητοι και οι ηλεκτροκινητήρες είναι εγκατεστημένοι σε ένα δωμάτιο ηλεκτροκινητήρων που διαχωρίζεται από το δωμάτιο συμπιεστή με έναν αεροστεγή νομέα. Ο άξονας εισέρχεται στον νομέα από τη στεγάνωση άξονα.

#### 4.4.1 Συμπιεστές υψηλής παροχής (βλ. Εικόνα 4.4.1.α)

#### Προδιαγραφές

Κατασκευαστής:	Cyrostar
Μοντέλο:	CM 400/55
Τύπος:	Φυγόκεντρος, Μονού σταδίου. Σταθερής ταχύτητας με ρυθμιζόμενες οδηγές βάνες.
Αριθμός:	2
Ροή όγκου:	35.000 m <sup>3</sup> /h
Πίεση εισόδου:	1,06 bar(a)
Πίεση εξόδου:	1,96 bar(a)
Θερμοκρασία εισόδου:	-140°C
Θερμοκρασία εξόδου:	-109.7°C
Ταχύτητα άξονα:	11.200 rpm
Ρύθμιση εσωτερικών οδηγών πτερυγίων:	-30 έως +80 βαθμοί

#### Κινητήρας

Κατασκευαστής:	Hyundai heavy Ind. Co.
Πηγή ηλεκτρισμού:	6.600 V/ 60Hz
Μέσος όρος κινητήρα:	3.580 rpm

Η λειτουργία των συμπιεστών πραγματοποιείται τοπικά ή από το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου που βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου του πλοίου. Στις παρακάτω περιπτώσεις πραγματοποιείται απόζευξη συμπιεστών:



- Ασφάλειες στο σύστημα αυτόματου τερματισμού έκτακτης ανάγκης (ESDS) και στο σύστημα προστασίας της δεξαμενής.

- Δεξαμενή Νο. 1, 2, 3 ή 4, διαφορική πίεση δεξαμενής/πρωτεύοντος χώρου  $\leq 5$  mbar
- Δεξαμενή Νο. 1,2,3 ή 4,: διαφορική πίεση δεξαμενής/πρωτεύοντος χώρου = 0 mbar
- Διαφορική πίεση: κεφαλής εξάτμισης/ατμοσφαιρικής πίεσης  $\leq 3$  mbar
- Διαφορική πίεση: κεφαλής εξάτμισης/κύριας κεφαλής πίεσης = 0 bar
- Δεξαμενή Νο. 1,2,3 ή 4 - υπερβολικά υψηλό επίπεδο υγρών (99,17% σε όγκο)
- Βλάβη παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και άλλο σήμα ενεργοποίησης από το ESDS
- Βλάβη ροής εξαερισμού στο μηχανοστάσιο του πλοίου

- Ασφάλειες στο τοπικό σύστημα ελέγχου (θερμοκρασία λαδιών, πίεση λαδιών, θερμοκρασία εκχεόμενου αερίου, πίεση στεγανοποίησης αερίου και δόνηση άξονα).

## 1. Συστήματα συμπίεστή:

### 1) Σύστημα στεγανοποίησης αερίου

Το σύστημα στεγανοποίησης αερίου εμποδίζει την ομίχλη-νέφος λαδιού να εισέλθει στην διαδικασία ατμοποίησης (συμπιεσμένος ατμός υγραερίου) καθώς και την εισροή κρύου αερίου στο κιβώτιο γρανάζωσης και στο σύστημα λίπανσης. Το στεγανοποιημένο αέριο είναι άζωτο που παράγεται από τη μονάδα παραγωγής αζώτου τύπου μεμβράνης στο μηχανοστάσιο [E/R].

Το στεγανοποιημένο αέριο εισάγεται στον δακτύλιο άνθρακα μέσω εφεδρικών παρεμβυσμάτων στεγανοποίησης τύπου λαβυρίνθου ανάμεσα στο γραναζωτό ρουλεμάν άξονα και το στρόφειο/τροχό συμπίεστή.

Το σύστημα συντηρείται από μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης στην οποία η πίεση του στεγανοποιημένου αερίου είναι πάντα υψηλότερη από την πίεση αναρρόφησης (συνήθως είναι ρυθμισμένη στα 300 mbar).

Το στεγανοποιημένο αέριο που εισέρχεται στο κιβώτιο γρανάζωσης από τη στεγάνωση του άξονα επιστρέφει στη δεξαμενή λαδιού, διαχωρίζεται από το λάδι και εξαερίζεται στην ατμόσφαιρα.

Εάν η μονάδα δεν λειτουργήσει για περισσότερες από 8 ημέρες, πρέπει να καθαρίζεται με ξηρό και θερμό άζωτο. Όσο το σύστημα στεγανοποιημένου αερίου βρίσκεται σε λειτουργία, η μηχανή μπορεί να βρίσκεται σε λειτουργία αναμονής (stand-by) με αέριο για εκτεταμένα χρονικά διαστήματα.

### 2) Σύστημα λίπανσης

Το λάδι λίπανσης του συστήματος φυλάσσεται σε μια δεξαμενή λίπανσης με εξαερισμό των 400 λίτρων. Στη δεξαμενή είναι ενσωματωμένος ένας θερμοαντήρας εμπάπτισης με μια θερμοστατική βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας και την αποφυγή συμπίκνωσης όταν σταματά η λειτουργία των συμπιεστών. Ο θερμοαντήρας ατμού κλείνει όταν η θερμοκρασία στη δεξαμενή λαδιού

φτάσει τους 25°C. Η λειτουργία της βοηθητικής αντλίας λαδιού παρεμποδίζεται όταν η θερμοκρασία της δεξαμενής πέσει στους 15°C.

Η παροχή του λαδιού λίπανσης πραγματοποιείται μέσω χωριστών φίλτρων στράγγισης και αναρρόφησης και μιας από τις δύο αντλίες λαδιού λίπανσης. Η έκχυση από τις αντλίες πραγματοποιείται μέσω βαλβίδων ελέγχου προς μια κοινή γραμμή προμήθειας λαδιού λίπανσης που τροφοδοτεί το κιβώτιο γρανάζωσης, τα ρουλεμάν και τη στεγάνωση του διαφράγματος. Η κύρια λειτουργική αντλία κινείται από τη γρανάζωση χαμηλής ταχύτητας του άξονα. Σε περίπτωση βλάβης της κύριας αντλίας, η βοηθητική ηλεκτροκινούμενη αντλία σε αναμονή ενεργοποιείται άμεσα. Η βοηθητική αντλία χρησιμοποιείται επίσης κατά τη διάρκεια της εκκίνησης των συμπιεστών. Το λάδι λίπανσης διέρχεται από έναν ψύκτη λαδιού με νερό και μια τρίοδη βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας έτσι ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία εισόδου του λαδιού λίπανσης περίπου στους 40 έως 50°C. Η παροχή λαδιού στα εφέδρανα τροφοδοτείται από ένα φίλτρο διπλής όψης των 5 micron.

Το φίλτρο διπλής όψης πρέπει να αλλάζεται όταν η πτώση της πίεσης φτάνει την διαφορική πίεση των 2 bar. Το στομωμένο φίλτρο φυσιγγίων πρέπει να αντικατασταθεί ή να καθαριστεί.

Η ροή του λαδιού λίπανσης προς τα εφέδρανα ελέγχεται από μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης. Το επιπλέον λάδι παρακάμπτεται και εκχέεται στη δεξαμενή. Οι βαλβίδες εκτόνωσης των αντλιών λειτουργούν ως αναπληρωματικές και είναι ρυθμισμένες στα 6 bar.

Το σύστημα λίπανσης λαδιού τροφοδοτεί τα παρακάτω:

Το έδρανο στροφέα και στις δύο μεριές του άξονα υψηλής ταχύτητας

Το έδρανο στροφέα στο οδηγούμενο άκρο του άξονα χαμηλής ταχύτητας.

Την ενσωματωμένη ώση και το έδρανο στροφέα στο οδηγούμενο άκρο του άξονα χαμηλής ταχύτητας.

Τους ψεκαστήρες για τον τροχό γρανάζωσης.

Τις στεγανώσεις διαφράγματος του συμπιεστή υψηλής παροχής.

### 3) Μεταβλητά οδηγία πτερύγια εισόδου

Για την επίτευξη της επιθυμητής ροής αερίου, οι συμπιεστές έχουν μεταβλητά οδηγία πτερύγια εισόδου στο άκρο της αναρρόφησης.

Τα πτερύγια λειτουργούν με πνευματικούς ενεργοποιητές οι οποίοι δέχονται σήματα ελέγχου από τον ελεγκτή ροής.

Η περιστροφή των πτερύγιων επιτυγχάνεται μέσω ενός πλήρους εύρους διαδρομής από -30° έως και +80°. Η θέση αναφέρεται τόσο τοπικά όσο και στο λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου (εύρος από 0 έως 100%)

## 2. Ελεγκτής ανάστροφης πίεσης

Ο έλεγχος της ανάστροφης πίεσης απαιτεί ροή ως διαφορική πίεση κατά μήκος ενός στοιχείου ροής στομίου, την πίεση εισόδου και εξόδου του συμπιεστή βλ. Σχέδιο 1.

1) Λειτουργίες του ελεγκτή ανάστροφης πίεσης σε αυτόματη λειτουργία

- Η μέτρηση της ροής πραγματοποιείται σε υπερδειγματοληψία δηλαδή με 50Hz και ο μέσος όρος των τελευταίων πέντε μετρήσεων χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς. Αυτό γίνεται για να φιλτραριστεί ο καταγεγραμμένος θόρυβος.
- Το λειτουργικό σημείο του συμπιεστή υπολογίζεται σε UPC (καθολική καμπύλη απόδοσης) όπου η αναλογία της αναρρόφησης για την αποβολή της πίεσης  $Rp = Pd/Ps$  υπολογίζεται σε συνάρτηση με τον συντελεστή υπολογιζόμενης ροής

$$\varphi = \frac{100}{K_{pv}} \sqrt{\frac{\Delta p \text{ ροής}}{p_s}} [\%] \text{ όπου το } K_{pv} \text{ υπολογίζεται για να ισούται το } \varphi \text{ με}$$

100% στο ποσοστό του σχεδίου ροής. Η γραμμή ανάστροφης πίεσης ορίζεται με βάση τις καμπύλες πώλησης του συμπιεστή και εισάγεται στον ελεγκτή.

Προσθέτοντας το δυναμικά υπολογισμένο περιθώριο ασφάλειας  $SM = 5 + 0,1 \Phi$  ανάστροφης πίεσης προκύπτει η γραμμή ελέγχου. Η απόκλιση ελέγχου (e) προκύπτει από τη διαφορά του υπολογιζόμενου λειτουργικού σημείου και της γραμμής ελέγχου.

- Ένας ελεγκτής πίεσης και οργάνων θα ανοίξει τη βαλβίδα ανακύκλωσης στην περίπτωση που η απόκλιση ελέγχου είναι αρνητική κάτι που συμβαίνει εάν το λειτουργικό σημείο του συμπιεστή βρίσκεται στα αριστερά της γραμμής ελέγχου. Ο ελεγκτής πίεσης οργάνων θα κρατήσει σταθερή τη λειτουργία στη γραμμή ελέγχου όταν χρειάζεται ανακύκλωση.
- Η λογική δράσης ανοιχτού βρόγχου απεικονίζει την απόκλιση ελέγχου. Στην περίπτωση που το σημείο λειτουργίας βρίσκεται στα αριστερά μιας γραμμής που βρίσκεται στη μέση ανάμεσα στη γραμμή ελέγχου και τη γραμμή ανάστροφης πίεσης και το σημείο λειτουργίας κινείται προς την ανάστροφη κίνηση, ο ελεγκτής εξόδου αυξάνεται κατά 20%/sec.
- Στην περίπτωση που το σύστημα ελέγχου χωρητικότητας της διαχείρισης αερίου απαιτεί λιγότερο αέριο από την ελάχιστη χωρητικότητα του συμπιεστή, το σύστημα ελέγχου χωρητικότητας ενεργοποιεί τη βαλβίδα ανακύκλωσης ανεξάρτητα από τον αλγόριθμο του ελέγχου ανάστροφης πίεσης. Πραγματοποιείται ομαλή μεταφορά και αντί-windup ανάμεσα στον ελεγκτή ανάστροφης πίεσης και τον ελεγκτή χωρητικότητας.

2) Λειτουργίες ελεγκτή ανάστροφης κίνησης στη χειροκίνητη θέση

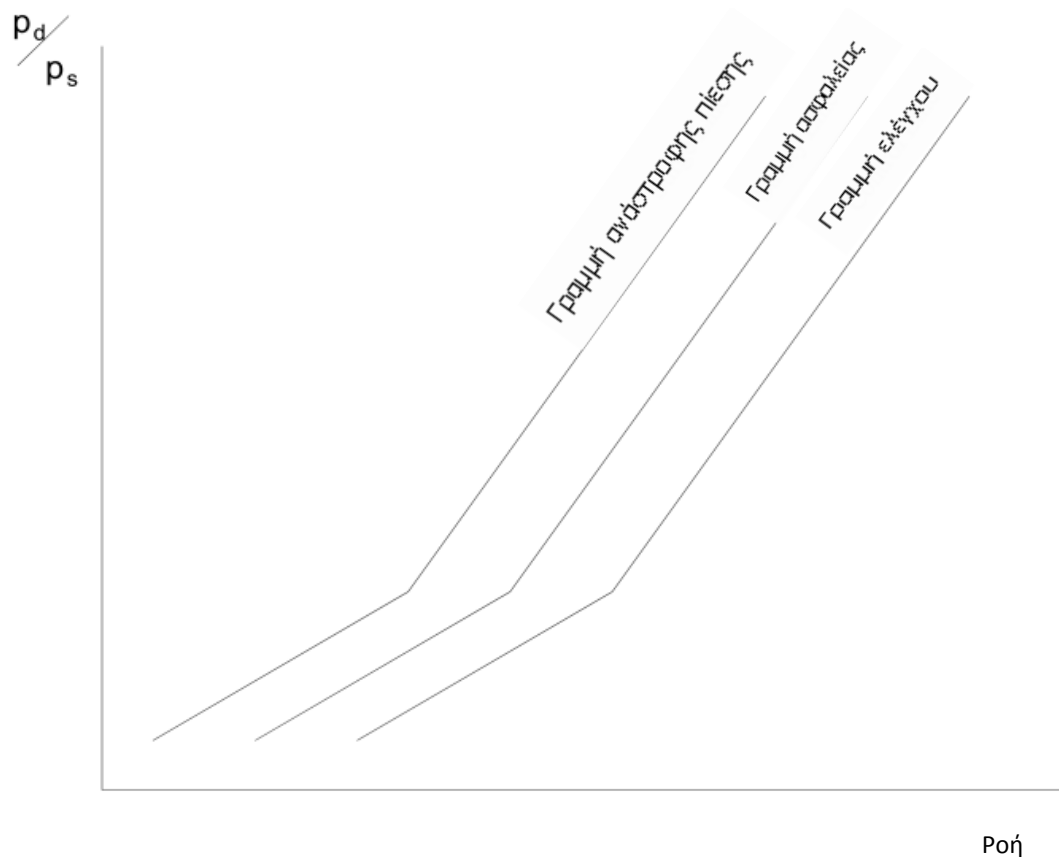
- Στην περίπτωση που σταματήσει ο συμπιεστής, ο ελεγκτής ανάστροφης πίεσης μπορεί να ρυθμιστεί σε χειροκίνητη θέση και η βαλβίδα θέσης να τεθεί σε λειτουργία.
- Στην περίπτωση που ο συμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία, ο ελεγκτής ανάστροφης πίεσης μπορεί να ρυθμιστεί σε χειροκίνητη θέση αλλά ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει ως λειτουργικό σημείο εκείνο στα αριστερά της γραμμής ελέγχου εξαιτίας της λειτουργίας αυτόματης παράκαμψης.

Ένδειξη βλάβης σε οποιαδήποτε από τις τρεις μετρήσεις παρακάμπτει τον αλγόριθμο συστήματος ανάστροφης πίεσης και θέτει τον ελεγκτή σε χειροκίνητη θέση με την βαλβίδα ανακύκλωσης πλήρως ανοιχτή.

Εάν το σήμα λειτουργίας του συμπιεστή χαθεί για περισσότερα από 10 δευτερόλεπτα, η βαλβίδα ελέγχου ανάστροφης πίεσης ανοίγει με ένα παλμικό σήμα. Αυτό συμβαίνει για να μη βρεθεί ο συμπιεστής σε βαθιά ανάστροφη πίεση εξαιτίας της ξαφνικής μείωσης της ταχύτητας.

Το όριο αντίδρασης ασφαλείας σε ποσοστό επί τοις εκατό του υπολογιζόμενου περιθωρίου ασφαλείας σημαίνει μια στροφή προς τα δεξιά στη γραμμή ανάστροφης πίεσης που παράγει τη γραμμή αντίδρασης ασφαλείας. Για παράδειγμα 50% σημαίνει ότι η γραμμή αντίδρασης ασφαλείας βρίσκεται στη μέση ανάμεσα στη γραμμή ελέγχου και ανάστροφης πίεσης. Βλ. γράφημα 3

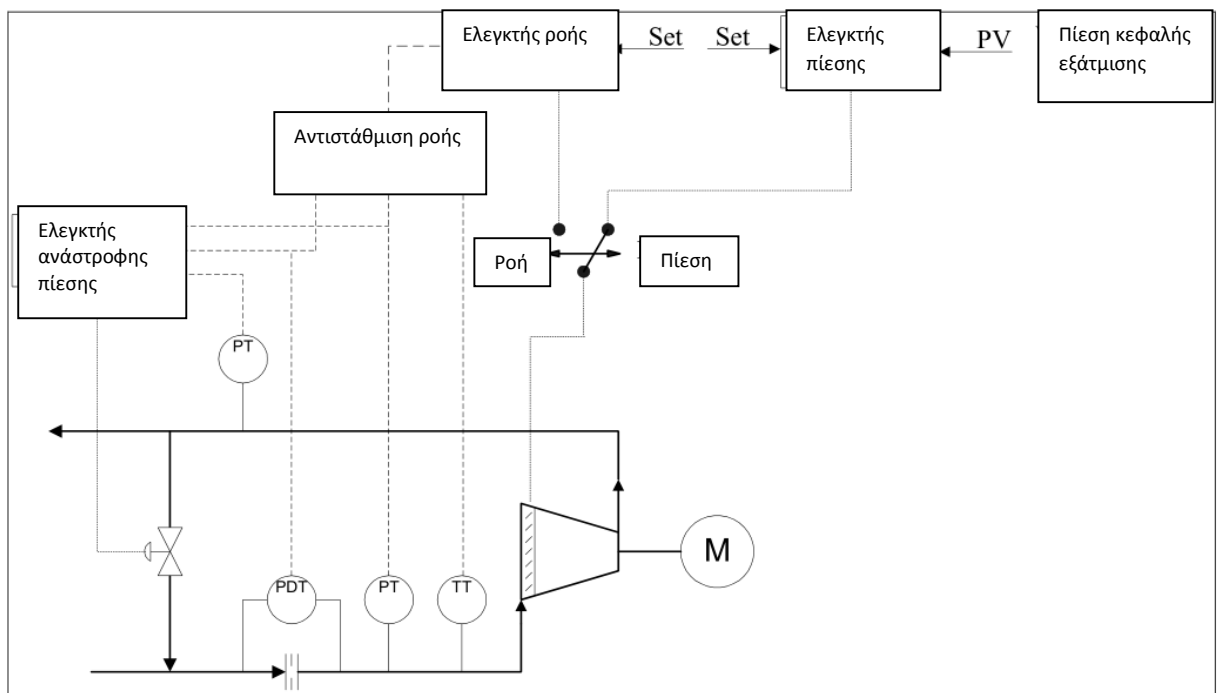
### Γράφημα 3 Λειτουργικό σημείο συμπιεστή



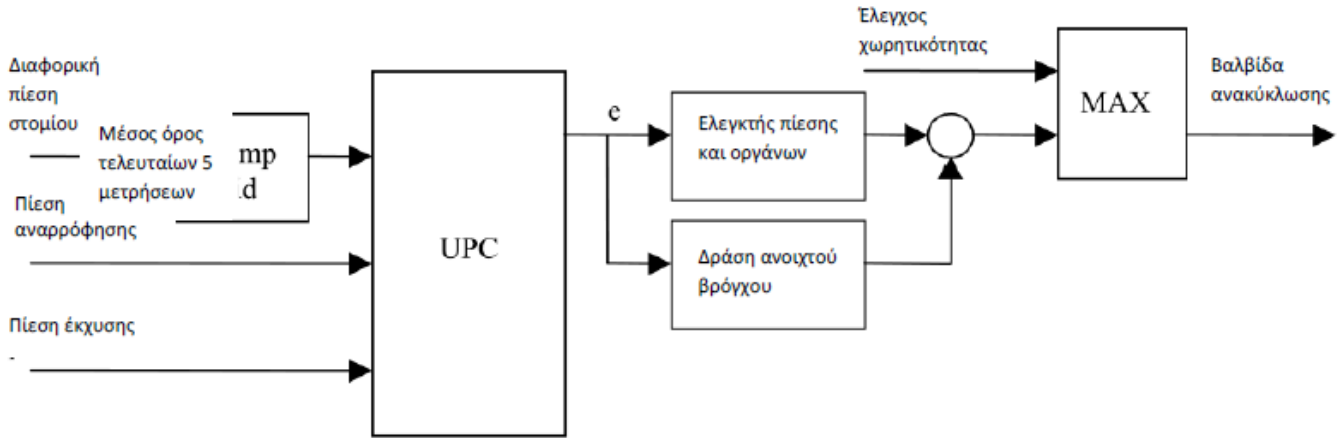
Ο ελεγκτής θα πραγματοποιήσει μια ανταπόκριση ασφαλείας τη στιγμή που το λειτουργικό σημείο μετακινηθεί προς τα αριστερά της γραμμής ανταπόκρισης ασφαλείας και ενεργοποιήσει έναν συναγερμό.

Για να επαναρυθμιστεί η ανταπόκριση ασφαλείας, πρέπει να πατηθεί το κουμπί RESET στον ελεγκτή ανάστροφης κίνησης. Εάν αυτό δεν συμβεί, ο συμπιεστής θα λειτουργήσει με μια γραμμή αντιστάθμισης ανάστροφης κίνησης στα δεξιά. Αυτό σημαίνει ότι ο συμπιεστής θα λειτουργεί με ένα υψηλότερο περιθώριο ανάστροφης κίνησης από εκείνο που χρειάζεται.

Σχήμα 1, Ελεγκτής συμπιεστή χαμηλής παροχής



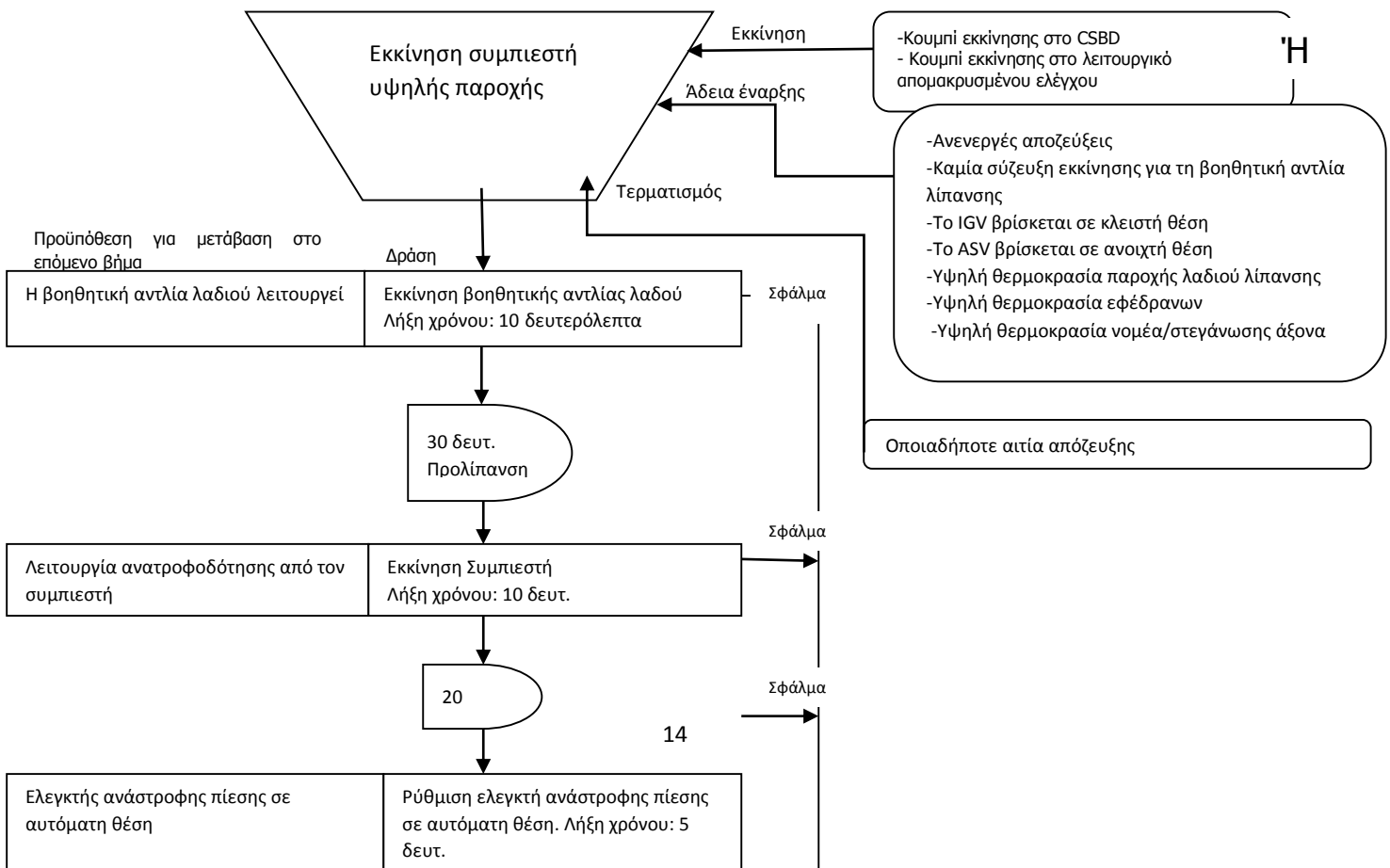
Σχήμα 2, Ελεγκτής ανάστροφης πίεσης



#### 4. Ακολουθία εκκίνησης συμπιεστή υψηλής παροχής

Στην περίπτωση που ο συμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία REMOTE, πρέπει να εκκινηθεί από το λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου πιέζοντας το κουμπί Start στην οθόνη ή το κουμπί Start στο CSBD. Προτού πραγματοποιηθεί η εκκίνηση, πρέπει να πληρείται η επιτρεπτική εκκίνηση. Η ακολουθία εκκίνησης παραθέτεται παρακάτω.

#### ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΨΗΛΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ



Ρύθμιση ελεγκτή IGTV σε χειροκίνητη θέση Λήξη χρόνου:5 δευτ.

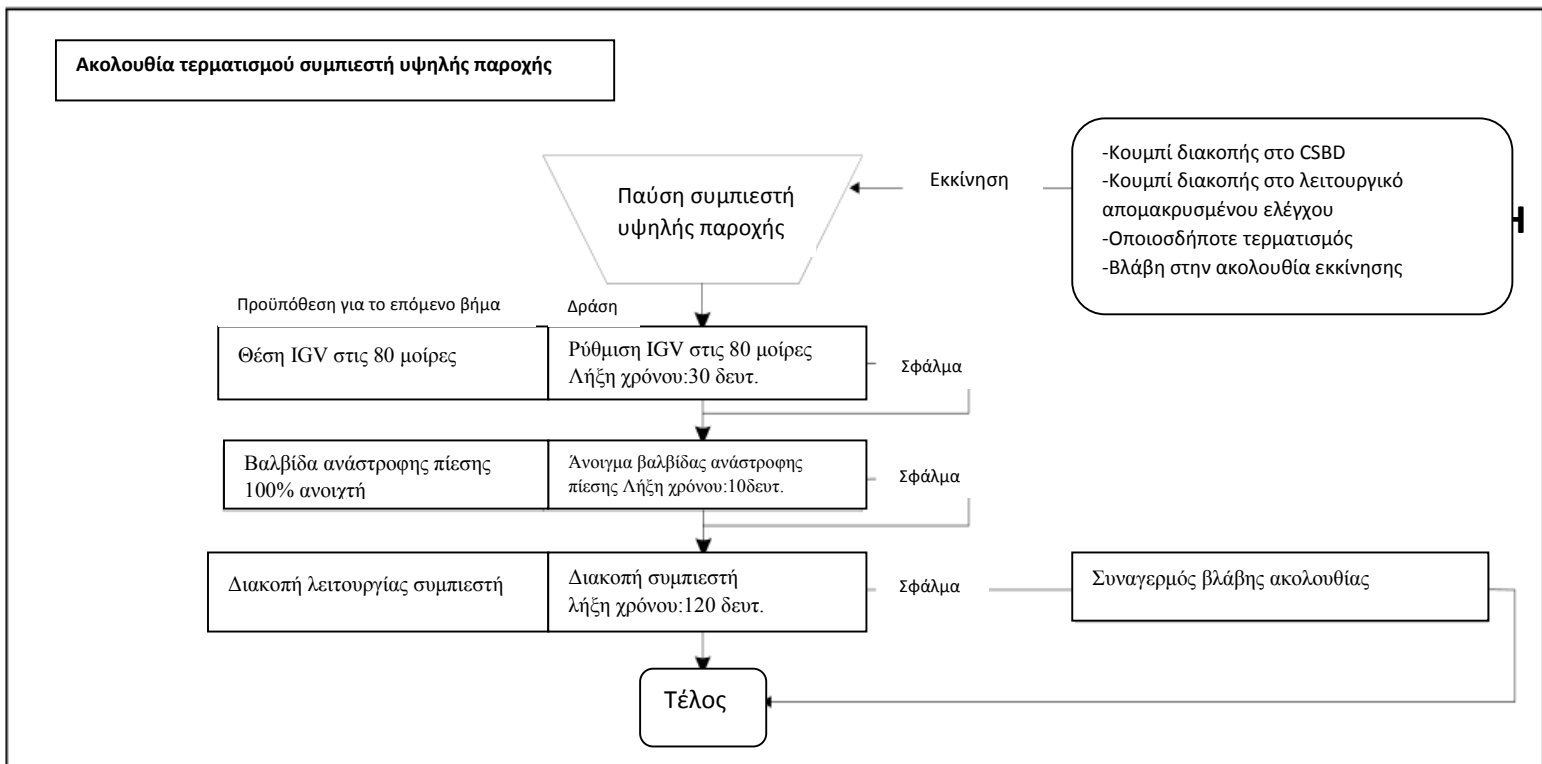
Συναγερμός βλάβης ακολουθίας, μετάβαση σε ακολουθία τερματισμού



#### 4. Ακολουθία τερματισμού του συμπιεστή υψηλής παροχής

Στην περίπτωση που ο συμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία REMOTE, πρέπει να τερματιστεί η λειτουργία του από το λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου πιέζοντας το κουμπί Stop στην οθόνη ή το κουμπί Stop στο CSBD.

Η ακολουθία τερματισμού του συμπιεστή τίθεται αυτόματα σε λειτουργία εάν πραγματοποιηθεί οποιοσδήποτε τερματισμός τη στιγμή που ο συμπιεστής λειτουργεί στη θέση LOCAL ή REMOTE.



## 5. Διαδικασίες λειτουργίας

- 1) Ανοίξτε την είσοδο και έξοδο ψύξης τρεχούμενου νερού για τον ψύκτη λαδού λίπανσης.
- 2) Ανοίξτε την παροχή αέρα οργάνων στον πίνακα ελέγχου.
- 3) Ελέγξτε το επίπεδο λαδιού λίπανσης στην ελαιολεκάνη.
- 4) Εκκινήστε τον θερμαντήρα λαδιού λίπανσης περίπου 30 λεπτά (εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος) πριν από την αναμενόμενη εκκίνηση του συμπιεστή.

### Σημείωση

Η θερμοκρασία στην ελαιολεκάνη λαδιού λίπανσης ελέγχεται από το TCV5. Η θερμοκρασία του λαδιού λίπανσης πρέπει να παραμένει ανάμεσα στους 40°C και τους 50°C σε περίοδο φυσιολογικής λειτουργίας. Μην θέτετε σε λειτουργία τη βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης σε θερμοκρασίες κάτω από τους 25°C.

- 5) Ανοίξτε τη χειροκίνητη βαλβίδα παροχής στεγανοποίησης αερίων.
- 6) Ανοίξτε τις βαλβίδες αναρρόφησης και έκχυσης του συμπιεστή υψηλής παροχής.
- 7) Θέστε σε λειτουργία τη βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης για να ζεσταθούν το κιβώτιο γρανάζωσης και τα εφέδρανα για περίπου 15 με 30 λεπτά πριν την εκκίνηση του συμπιεστή. Ελέγξτε το σύστημα λαδιού λίπανσης για τυχόν διαρροές.
- 8) Βεβαιωθείτε ότι η θέση των οδηγών πτερύγιων εισόδου είναι ρυθμισμένη στο 0% (θέση εκκίνησης) και η βαλβίδα ελέγχου ανάστροφης πίεσης είναι ανοιχτή. Όταν ο συμπιεστής σταματήσει τη λειτουργία του, η θέση των οδηγών πτερύγιων εισόδου είναι ρυθμισμένη στο 0% και η βαλβίδα ελέγχου ανάστροφης πίεσης είναι ανοιχτή.
- 9) Πιέστε το κουμπί επανεκκίνησης (reset) του συμπιεστή και ελέγξτε ότι όλες οι λυχνίες συναγερμών/αποζεύξεων είναι ανενεργές και η λυχνία «ready to start» είναι ενεργοποιημένη.
- 10) Για να υπάρχει αρκετή διαθέσιμη ισχύς στους πίνακες διανομής του πλοίου, πρέπει τουλάχιστον δύο γεννήτριες να είναι συνδεδεμένες στον κύριο πίνακα διανομής.
- 11) Ο συμπιεστής υψηλής παροχής μπορεί να εκκινηθεί από τον τοπικό πίνακα ελέγχου ή από το λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου. Ο διακόπτης επιλογής λειτουργίας Local/Remote βρίσκεται στον τοπικό πίνακα ελέγχου.
- 12) Το σύστημα ελέγχου ανάστροφης πίεσης δεν αποτελεί μέρος της λειτουργίας του λογισμικού απομακρυσμένου ελέγχου. Μετά από την εκκίνηση του συμπιεστή στον τοπικό πίνακα ελέγχου ή στο λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου, η βαλβίδα ελέγχου ανάστροφης πίεσης κλείνει αυτόματα σε 120 δευτερόλεπτα.



13) Κατά τη διαδικασία τερματισμού του συμπιεστή, αφήστε τη βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης και την πίεση στεγανοποίησης αερίων σε λειτουργία μέχρι να ζεσταθεί ο συμπιεστής (περίπου 1 ώρα). Η βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης πρέπει να λειτουργεί συνέχεια κατά τη διάρκεια της ελεύθερης ροής αερίου μέσα από τον συμπιεστή για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του λαδιού λίπανσης και του νομέα.

#### Προσοχή

Επιτρέπονται μέχρι και δύο διαδοχικές εκκινήσεις. Πρέπει να παρεμβάλλονται 180 λεπτά για να κρυώσει ο μετασχηματιστής αντιστάθμισης ομαλής εκκίνησης πριν πραγματοποιηθεί μια νέα προσπάθεια επανεκκίνησης.

**Ρυθμίσεις συναγερμών και αποζεύξεων συμπίεστη (Τ:απόζευξη, Α:Συναγερμος/Ι1: Εκκίνηση σύζευξης αντλίας λαδιού λίπανσης/Ι2:εκκίνηση μηχανισμού σύζευξης**

Αριθμός	Αντικείμενο	Αριθμός ετικέτας	Κατάσταση φυσιολογικής λειτουργίας	Εύρος οργάνου Εύρος ρυθμίσεων	Δράση		Σημείο αναφοράς	Σήμα
					H,HH,L, LL	Τύπος		
1	Πίεση αερίου αναρρόφησης	PT1	0,06 bar	0 έως 2 bar -0,15 έως 0,2 bar	-	-	-	4 έως 20 mA
2	Πίεση εκχεόμενου αερίου	PT2	0,96 bar	0 έως 2 bar 0 έως 1,5 mbar	-	-	-	4 έως 20 mA
3	Θερμοκρασία αναρρόφησης αερίου	TT1	-140°C	-200 έως +200°C	-	-	-	4 έως 20 mA
4	Θερμοκρασία εκχεόμενου αερίου TE2A	TT 2A	-109,7 °C	-200 έως +200°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSHH 2A	-	-	HH	T	+100°C	Contact
5	Θερμοκρασία εκχεόμενου αερίου TE2B	TT2B	-109,7 °C	-200 έως +200°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSH 2B	-	-	H	A	+90°C	Contact
6	Θέση εκκίνησης οδηγών πτερύγιων εισόδου	2SL3	-	-	-	I2	-	Contact
7	Θέση βαλβίδας ανάστροφης πίεσης	ZSH 1	-	-	-	I2	-	Contact
		ZSH 1	-	-	-	-	-	-
8	Ελεγκτής ροής αερίου	PDT 1	68mbar	0 έως 620 mbar 72mbar	-	-	-	4 έως 20 mA
9	Δόνηση YE 9	YET 9	10 έως 30 μm	0 έως 100 μm	-	-	-	4 έως 20 mA
		YSH 9	-	-	H	A	50μm	Contact
		YSHH 9	-	-	HH	T	75μm	Contact
10	Διαφορική πίεση φίλτρου λαδιού	PDT 7	0,5 bar	0 έως 21 bar 0 έως 5 bar	-	-	-	4 έως 20 mA
		PDSH 7A	-	-	H	A	2,5 bar	Contact
11	Επίπεδο δεξαμενής λαδιού	LSL 5	-	-	L	A, I1	-	Contact
12	Θερμοκρασία θερμαντήρα λαδιού	TCV 5	-	40°C	-	-	-	-
13	Θερμοκρασία δεξαμενής λαδιού	TSL 5	55°C	-45+93°C	L	A, I1	25°C	Contact
		TSH 5	-	-	H	A	60°C	Contact
14	Θερμοκρασία συστήματος λαδιού TE8	TT 8	~42°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSL 8	-	-	L	I2	20°C	Contact
		TSH 8	-	-	H	A	55°C	Contact
15	Θερμοκρασία νομέα λαδιού TE10A	TT 10A	~60°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSHH 10A	-	-	HH	T	+80°C	Contact
16	Θερμοκρασία νομέα λαδιού TE10B	TT 10B	~60°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSH 10B	-	-	H	A	75°C	Contact
17	Θερμοκρασία εφέδρανων TE9A	TT 9A	~65°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSHH 9A	-	-	HH	T	75°C	Contact
18	Θερμοκρασία εφέδρανων TE9F	TT9F	~65°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSL9F	-	-	L	A, I2	15°C	Contact
		TSH9F	-	-	H	A	70°C	Contact
19	Κιβώτιο γρανάζωσης πίεσης λαδιού λίπανσης	PT8	~1,6 bar	0 έως 10 bar 0 έως 6 bar	-	-	-	4 έως 20 mA
		PSL8A	-	-	L	A, I2	1 bar	Contact
20	Κιβώτιο γρανάζωσης πίεσης λαδιού λίπανσης	PSLL8A	~1,6mbar	-1 έως 1,25 bar	LL	T	0,8 bar	Contact
21	Νομέας πίεσης λαδιού λίπανσης	PSL8C	~1,1 mbar	-1 έως 1,25 bar	L	A, I2	0,4 bar	Contact
22	Νομέας πίεσης λαδιού λίπανσης	PSLL8C	~1,1 mbar	-1 έως 1,25 bar	LL	T	0,3 bar	Contact
23	Βαλβίδα ελέγχου στεγανοποίησης αερίου	PCV11	-	0,25 bar	-	-	-	-
24	Πίεση στεγανοποίησης αερίου	PSL11	-	-1 έως 1,25 bar	L	A, I1, I2	0,2 bar	Contact
25	Πίεση στεγανοποίησης αερίου	PSLL11	-	-1 έως 1,25 bar	LL	T	0,15 bar	Contact
26	Θέση οδηγών πτερύγιων εισόδου ZE3	ZT3	-	-30 έως +80°C	-	-	-	4 έως 20 mA
27	Βαλβίδα ελέγχου μετασχηματιστή IP	PCV 3A	-	2bar	-	-	-	-
28	Βαλβίδα ελέγχου HIC	PCV 3B	-	1bar	-	-	-	-
29	Βαλβίδα ελέγχου ενεργοποιητή ακροφυσίου	PCV3C	-	6bar	-	-	-	-
30	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης στεγάνωσης νομέα	PCV3D	-	0,2 bar	-	-	-	-

## 2.1 Συμπιεστές χαμηλής παροχής ( LD Compressors )

(βλ. Πίνακα 4.4.2.a)

### Προδιαγραφές

Κατασκευαστής:	Cryostar
Μοντέλο:	CM 300/45
Τύπος:	Κεντρόφυγος. Μονού σταδίου. Ρυθμιζόμενες οδηγές βάνες.
Ροή όγκου:	8,500 m <sup>3</sup> /h
Πίεση εισόδου:	1,06 bar(a)
Πίεση εξόδου:	1,96 bar(a)
Θερμοκρασία εισόδου:	-42 °C
Θερμοκρασία εξόδου:	3,3°C
Ταχύτητα στεγάνωσης:	24.000 rpm
Ρύθμιση οδηγών πτερύγιων εισόδου:	-30 έως +80 μοίρες
<b>Κινητήρας</b>	
Κατασκευαστής:	Hyundai heavy Ind.Co
Πηγή ηλεκτρικού ρεύματος:	440 V/60 Hz
Ισχύς κινητήρα	260 kW
Ταχύτητα:	3.580 rpm

Η λειτουργία των συμπιεστών πραγματοποιείται τοπικά ή από το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου που βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου. Στις παρακάτω περιπτώσεις διακόπτεται η λειτουργία των πραγματοποιείται απόξευξη συμπιεστών:

- Ασφάλειες στο σύστημα ασφαλείας καυστήρα αερίου και στο σύστημα προστασίας δεξαμενής:

- Δεξαμενή No. 1,2,3 ή 4- διαφορική πίεση δεξαμενής/πρωτεύοντος χώρου  $\leq 5$  mbar
- Δεξαμενή No. 1,2,3 ή 4- διαφορική πίεση δεξαμενής/πρωτεύοντος χώρου =0 mbar
- Διαφορική πίεση: κεφαλής εξάτμισης/ατμοσφαιρικής πίεσης  $\leq 3$ mbar
- Διαφορική πίεση: κεφαλής εξάτμισης/κύριας κεφαλής πίεσης =0mbar
- Βλάβη παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και άλλο σήμα απόξευξης από το ESDS

- Ασφάλειες στο τοπικό σύστημα ελέγχου (θερμοκρασία λαδιών, πίεση λαδιών, θερμοκρασία εκχεόμενου αερίου, πίεση στεγανοποίησης αερίου και δόνηση άξονα).

Στις παρακάτω συνθήκες πραγματοποιείται αυτόματο κλείσιμο των συμπιεστών:

- Η βαλβίδα μεταβλητών οδηγών πτερύγιων εισόδου είναι εντελώς κλειστή.
- Η γεννήτρια συχνότητας της πίεσης της κεφαλής φτάσει στο ανώτατο όριο
- Στην περίπτωση απόξευξης της κύριας βαλβίδας αερίου

### 2.1.1. Συστήματα συμπιεστή:

#### 1) Σύστημα στεγανοποίησης αερίου

Το σύστημα στεγανοποίησης αερίου εμποδίζει την ομίχλη-νέφος λαδιού να εισέλθει στην διαδικασία ατμοποίησης (συμπιεσμένος ατμός υγραερίου) καθώς και την εισροή κρύου αερίου στο κιβώτιο γρανάζωσης και στο σύστημα λίπανσης. Το στεγανοποιημένο αέριο είναι άζωτο που παράγεται από τη γεννήτρια αζώτου τύπου μεμβράνης που βρίσκεται στο πλοίο. Το στεγανοποιημένο αέριο εισάγεται στον δακτύλιο άνθρακα μέσω εφεδρικών παρεμβυσμάτων στεγανοποίησης τύπου λαβυρίνθου ανάμεσα στο γραναζωτό ρουλεμάν άξονα και το στρόφειο/τροχό συμπιεστή.

Το σύστημα συντηρείται από μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης στην οποία η πίεση του στεγανοποιημένου αερίου είναι πάντα υψηλότερη από την πίεση αναρρόφησης (συνήθως είναι ρυθμισμένη στα 300 mbar).

Το στεγανοποιημένο αέριο που εισέρχεται στο κιβώτιο γρανάζωσης από τη στεγάνωση του άξονα επιστρέφει στη δεξαμενή λαδιού, διαχωρίζεται από το λάδι και εξαερίζεται στην ατμόσφαιρα.

#### 2) Σύστημα λαδιού λίπανσης

Το λάδι λίπανσης του συστήματος φυλάσσεται σε μια δεξαμενή λίπανσης με εξαερισμό των 400 λίτρων. Στη δεξαμενή είναι ενσωματωμένος ένας θερμοαντήρας εμπάπτισης με μια θερμοστατική βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας για τη διατήρηση σταθερής θετικής θερμοκρασίας και την αποφυγή συμπύκνωσης όταν σταματά η λειτουργία των συμπιεστών.

Η παροχή του λαδιού λίπανσης πραγματοποιείται μέσω χωριστών φίλτρων στράγγισης και αναρρόφησης και μιας από τις δύο αντλίες λαδιού λίπανσης. Η έκχυση από τις αντλίες πραγματοποιείται μέσω βαλβίδων ελέγχου προς μια κοινή γραμμή προμήθειας λαδιού λίπανσης που τροφοδοτεί το κιβώτιο γρανάζωσης, τα ρουλεμάν και τη στεγάνωση του διαφράγματος. Η κύρια λειτουργική αντλία κινείται από τη γρανάζωση χαμηλής ταχύτητας του άξονα. Σε περίπτωση βλάβης της κύριας αντλίας, η βοηθητική ηλεκτροκινούμενη αντλία σε αναμονή ενεργοποιείται άμεσα. Η βοηθητική αντλία χρησιμοποιείται επίσης και κατά τη διάρκεια της εκκίνησης των συμπιεστών.

Το λάδι λίπανσης διέρχεται από έναν ψύκτη λαδιού με θαλασσινό νερό και μια τρίοδη θερμική βαλβίδα ελέγχου θερμοκρασίας έτσι ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία εισόδου του λαδιού λίπανσης περίπου στους 40 έως 50°C. Η παροχή λαδιού στα εφέδρανα τροφοδοτείται από ένα φίλτρο διπλής όψης των 25 micron με αυτόματη βαλβίδα αλλαγής συνεχούς ροής.

Η ροή του λαδιού λίπανσης προς τα εφέδρανα ελέγχεται από μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης. Το επιπλέον λάδι παρακάμπτεται και εκχέεται στη δεξαμενή. Οι βαλβίδες εκτόνωσης των αντλιών λειτουργούν ως αναπληρωματικές και είναι ρυθμισμένες στα 6 bar.

Το σύστημα λαδιού λίπανσης τροφοδοτεί τα παρακάτω:

- Το έδρανο στροφέα και στις δύο μεριές του άξονα υψηλής ταχύτητας
- Το έδρανο στροφέα στο οδηγούμενο άκρο του άξονα χαμηλής ταχύτητας.
- Την ενσωματωμένη ώση και το έδρανο στροφέα στο οδηγούμενο άκρο του άξονα χαμηλής ταχύτητας.
- Τους ψεκασθήρες για τον τροχό γρανάζωσης.
- Τις στεγανώσεις διαφράγματος του συμπιεστή υψηλής παροχής.

### 3) Μεταβλητά οδηγιά πτερύγια εισόδου και έλεγχος ταχύτητας του κινητήρα

Για την επίτευξη της επιθυμητής ροής αερίου, οι συμπιεστές έχουν μεταβλητά οδηγιά πτερύγια εισόδου στο άκρο της αναρρόφησης. Τα πτερύγια λειτουργούν (-30°C έως -80°C) με πνευματικούς ενεργοποιητές οι οποίοι δέχονται σήματα ελέγχου ανάλογα με τη ζήτηση καυσίμων από τα μπόιλερ.

Η περιστροφή των πτερύγιων επιτυγχάνεται σε γωνία 110°. Η θέση αναφέρεται τόσο τοπικά όσο και στο λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου.

Η ταχύτητα του κινητήρα είναι μεταβλητή σε εύρος 50~100% και ελέγχεται από τη μονάδα κίνησης θυρίστορ η οποία κρατά τη συχνότητα ανάμεσα στα 30 και 60 Hz.

### 4) Νομείς στεγάνωσης άξονα

Ο κάθε άξονας του συμπιεστή είναι εξοπλισμένος με ένα νομέα στεγάνωσης άξονα με λίπανση υπό πίεση για να αποφευχθεί η είσοδος καυσίμου αερίου στον θάλαμο του ηλεκτροκινητήρα.

## 2.1.2. Σύστημα ελέγχου

Ο έλεγχος του συμπιεστή χαμηλής παροχής πραγματοποιείται από έναν από τους δύο ελεγκτές, τον ελεγκτή χωρητικότητας του συμπιεστή χαμηλής παροχής και τον ελεγκτή ελάχιστης πίεσης δεξαμενής. Η τιμή του σήματος ελάχιστης εξόδου ανάμεσα σε αυτούς τους δύο ελεγκτές επιλέγεται όπως και το σήμα ελέγχου του συμπιεστή.

Η ταχύτητα ροής του συμπιεστή χαμηλής παροχής ελέγχεται από τον ελεγκτή χωρητικότητας του συμπιεστή χαμηλής παροχής και ποικίλει σε σχέση με τη ζήτηση καυσίμου από τον ελεγκτή αυτόματης καύσης υπό φυσιολογικές συνθήκες πίεσης της δεξαμενής του πλοίου. Η μεταβολή στην απαίτηση καυσίμων αλλάζει τη θέση της βαλβίδας ελέγχου καυσίμου από την προκαθορισμένη της αξία και το σήμα απαίτησης καυσίμων ενεργοποιεί την οδηγία βάνα εισόδου και την ταχύτητα του κινητήρα του συμπιεστή χαμηλής παροχής για να αυξήσει ή να μειώσει τη χωρητικότητα. Στην περίπτωση που ο ρυθμός ροής καυσίμου είναι ίδιος με τη ζήτηση καυσίμου, η βαλβίδα ελέγχου ροής καυσίμου επανέρχεται στην προκαθορισμένη τιμή. Η οδηγία βάνα εισόδου και η ταχύτητα του κινητήρα ελέγχονται χειροκίνητα ή από το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου.

Στην περίπτωση που η πίεση της δεξαμενής πέσει κάτω από την ελάχιστη ορισμένη τιμή του ελεγκτή πίεσης της δεξαμενής, το σήμα εξόδου του ελεγκτή ελάχιστης πίεσης δεξαμενής μειώνεται μέχρι όσο έχει οριστεί από τους επιλογείς ελάχιστης πίεσης του κινητήρα του συμπιεστή χαμηλής παροχής και της θέσης των οδηγών πτερυγίων εισόδου. Ο συμπιεστής χαμηλής παροχής ελέγχεται από το PID του ελεγκτή ελάχιστης πίεσης δεξαμενής στην περίπτωση που ο low selector [χαμηλός επιλογέας] του ελεγκτή ελάχιστης πίεσης δεξαμενής επιλέγει τον ελεγκτή ελάχιστης πίεσης δεξαμενής.

Ο ελεγκτής διατηρεί τη λειτουργία του συμπιεστή χαμηλής παροχής στη χειροκίνητη θέση για 120 δευτερόλεπτα από την έναρξη λειτουργίας του συμπιεστή. Μετά από αυτό το χρόνο ο συμπιεστής μπορεί να λειτουργεί αυτόματα. Το σημείο αναφοράς για τη χωρητικότητα του συμπιεστή χαμηλής παροχής και των ελεγκτών ελάχιστης πίεσης της δεξαμενής μπορεί να προσαρμοστεί από τον χρήστη στο λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου ενώ βρίσκεται σε αυτόματη λειτουργία. Η άμεση λειτουργία του συμπιεστή χαμηλής παροχής μπορεί να πραγματοποιηθεί θέτοντας τους ελεγκτές σε χειροκίνητη θέση.

Όταν ο συμπιεστής σταματήσει, ο ελεγκτής χωρητικότητας του συμπιεστή χαμηλής παροχής τίθεται αυτόματα σε χειροκίνητη θέση και η έξοδος του συμπιεστή χαμηλής παροχής ρυθμίζεται στο 0%.

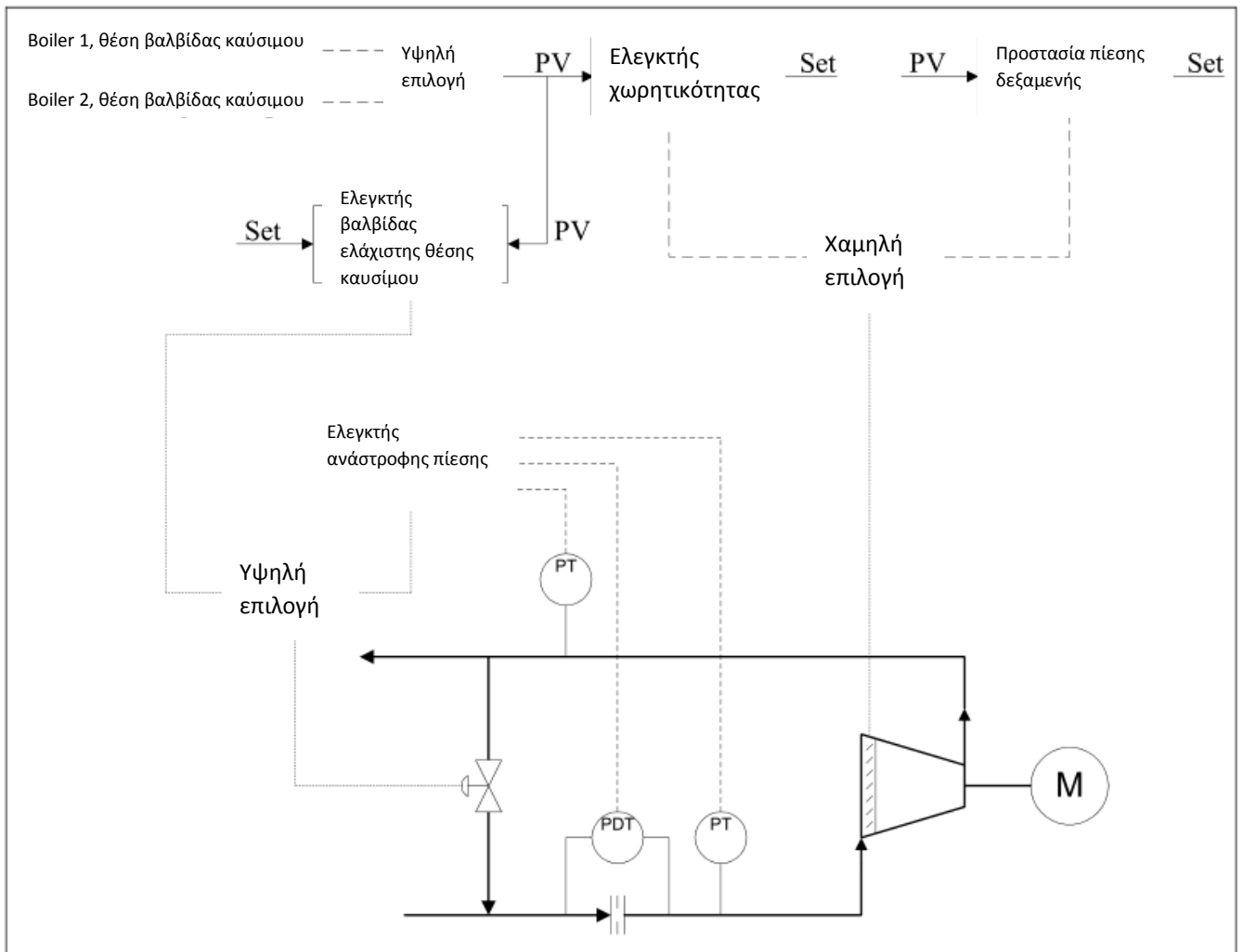
### 2.1.3. Ελεγκτής ανάστροφης πίεσης

Ο έλεγχος της ανάστροφης πίεσης απαιτεί ροή ως διαφορική πίεση κατά μήκος ενός στοιχείου ροής στομίου και των πιέσεων εισόδου και εξόδου του συμπιεστή βλ. Σχέδιο 1.

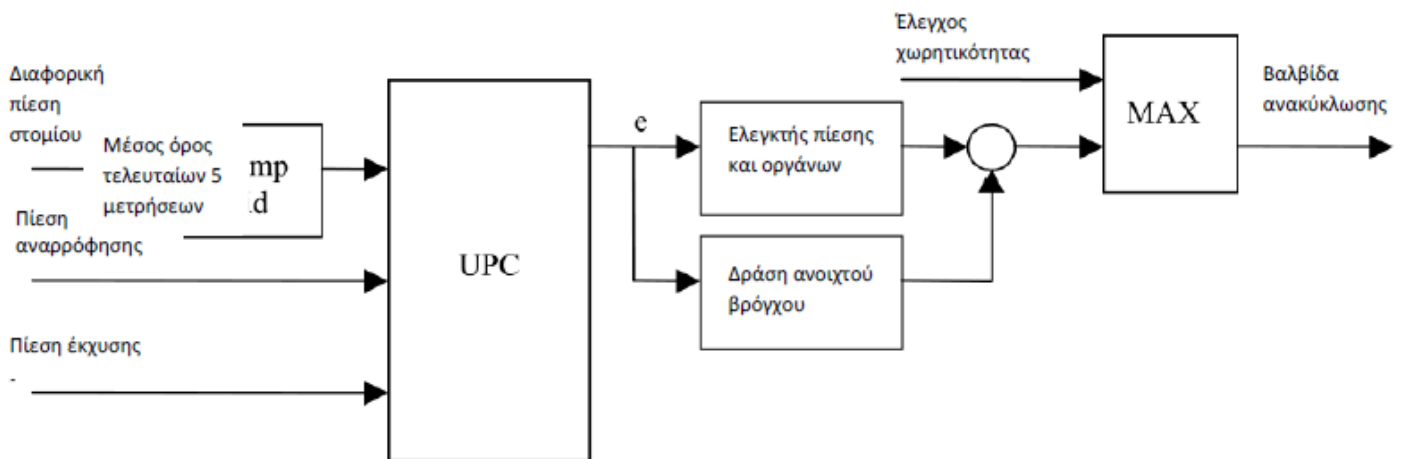
1) Λειτουργίες του ελεγκτή ανάστροφης πίεσης σε αυτόματη λειτουργία

- Η μέτρηση της ροής πραγματοποιείται σε υπερδειγματοληψία δηλαδή με 50Hz και ο μέσος όρος των τελευταίων πέντε μετρήσεων χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς. Αυτό γίνεται για να φιλτραρισθεί ο καταγεγραμμένος θόρυβος.

**Σχήμα 1, Σύστημα ελέγχου χαμηλής παροχής**



Σχήμα 2, ελεγκτής ανάστροφης κίνησης



- Το λειτουργικό σημείο του συμπιεστή υπολογίζεται σε UPC (καθολική καμπύλη απόδοσης) όπου η αναλογία της αναρρόφησης για την αποβολή της πίεσης  $Rp = Pd/P_S$  υπολογίζεται σε συνάρτηση με τον συντελεστή υπολογιζόμενης ροής

$$\varphi = \frac{100}{K_{pv}} \sqrt{\frac{\Delta p \text{ ροής}}{p_s}} [\%] \text{ όπου το } K_{pv} \text{ υπολογίζεται για να ισούται το } \varphi \text{ με}$$

100% στο ποσοστό του σχεδίου ροής. Η γραμμή ανάστροφης πίεσης ορίζεται με βάση τις καμπύλες πώλησης του συμπιεστή και εισάγεται στον ελεγκτή.

Προσθέτοντας το δυναμικά υπολογισμένο περιθώριο ασφάλειας  $SM = 5 + 0,1 \Phi$  ανάστροφης πίεσης προκύπτει η γραμμή ελέγχου. Η απόκλιση ελέγχου (e) προκύπτει από τη διαφορά του υπολογιζόμενου λειτουργικού σημείου και της γραμμής ελέγχου.

- Ένας ελεγκτής πίεσης και οργάνων θα ανοίξει τη βαλβίδα ανακύκλωσης στην περίπτωση που η απόκλιση ελέγχου είναι αρνητική κάτι που συμβαίνει εάν το λειτουργικό σημείο του συμπιεστή βρίσκεται στα αριστερά της γραμμής ελέγχου. Ο ελεγκτής πίεσης οργάνων θα κρατήσει σταθερή τη λειτουργία στη γραμμή ελέγχου όταν χρειάζεται ανακύκλωση
- Η λογική δράσης ανοιχτού βρόγχου απεικονίζει την απόκλιση ελέγχου. Στην περίπτωση που το σημείο λειτουργίας βρίσκεται στα αριστερά μιας γραμμής που βρίσκεται στη μέση ανάμεσα στη γραμμή ελέγχου και τη γραμμή ανάστροφης πίεσης και το σημείο λειτουργίας κινείται προς την ανάστροφη κίνηση, ο ελεγκτής εξόδου αυξάνεται κατά 20%/sec.
- Στην περίπτωση που το σύστημα ελέγχου χωρητικότητας της διαχείρισης αερίου απαιτεί λιγότερο αέριο από την ελάχιστη χωρητικότητα του συμπιεστή, το σύστημα ελέγχου χωρητικότητας ενεργοποιεί τη βαλβίδα ανακύκλωσης ανεξάρτητα από τον αλγόριθμο του ελέγχου ανάστροφης πίεσης. Πραγματοποιείται ομαλή μεταφορά και αντί-windup ανάμεσα στον ελεγκτή ανάστροφης πίεσης και τον ελεγκτή χωρητικότητας.

## 2) Λειτουργίες ελεγκτή ανάστροφης κίνησης στη χειροκίνητη θέση

- Στην περίπτωση που σταματήσει ο συμπιεστής, ο ελεγκτής ανάστροφης πίεσης μπορεί να ρυθμιστεί σε χειροκίνητη θέση και η βαλβίδα θέσης τεθεί σε λειτουργία.
- Στην περίπτωση που ο συμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία, ο ελεγκτής ανάστροφης πίεσης μπορεί να ρυθμιστεί σε χειροκίνητη θέση αλλά ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει ως λειτουργικό σημείο εκείνο στα αριστερά της γραμμής ελέγχου εξαιτίας της λειτουργίας αυτόματης παράκαμψης.

Ένδειξη βλάβης σε οποιαδήποτε από τις τρεις μετρήσεις παρακάμπτει τον αλγόριθμο συστήματος ανάστροφης πίεσης και θέτει τον ελεγκτή σε χειροκίνητη θέση με την βαλβίδα ανακύκλωσης πλήρως ανοιχτή.

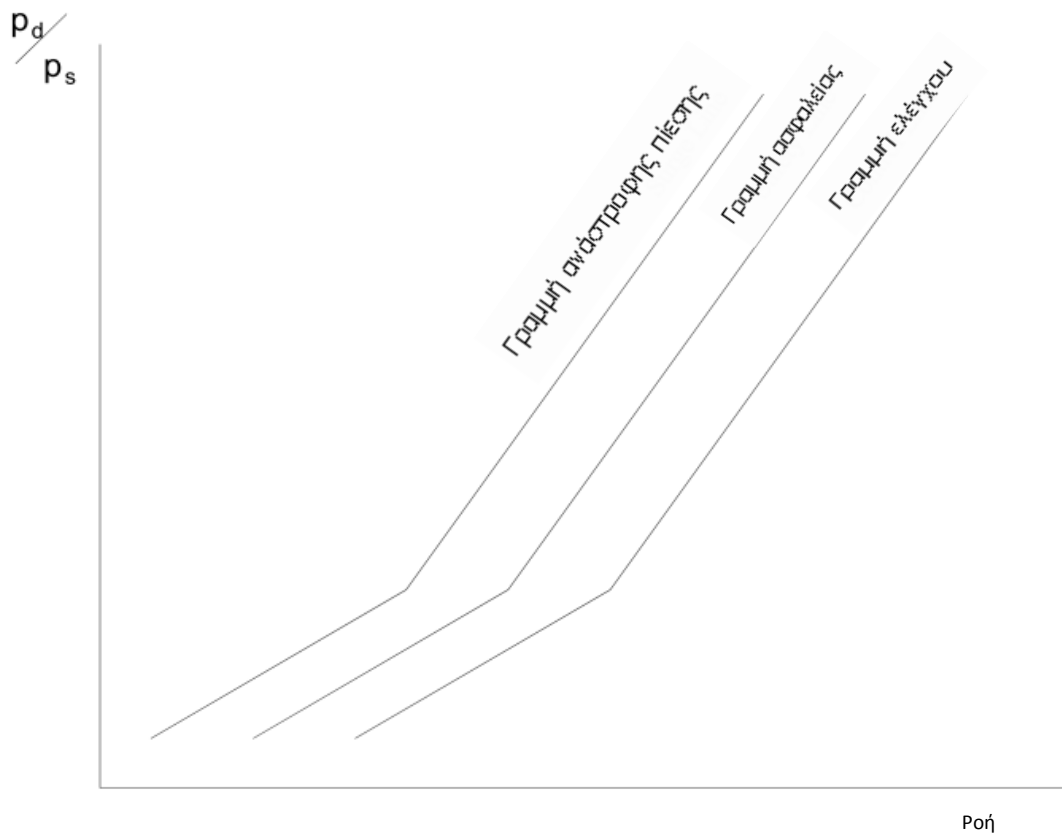
Εάν το σήμα λειτουργίας του συμπιεστή χαθεί για περισσότερα από 10 δευτερόλεπτα, η βαλβίδα ελέγχου ανάστροφης πίεσης ανοίγει με ένα παλμικό σήμα. Αυτό συμβαίνει



για να μη βρεθεί ο συμπιεστής σε βαθιά ανάστροφη πίεση εξαιτίας της ξαφνικής μείωσης της ταχύτητας.

Το όριο αντίδρασης ασφαλείας σε ποσοστό επί τοις εκατό του υπολογιζόμενου περιθωρίου ασφαλείας σημαίνει μια στροφή προς τα δεξιά στη γραμμή ανάστροφης πίεσης που παράγει τη γραμμή αντίδρασης ασφαλείας. Για παράδειγμα 50% σημαίνει ότι η γραμμή αντίδρασης ασφαλείας βρίσκεται στη μέση ανάμεσα στη γραμμή ελέγχου και ανάστροφης πίεσης. Βλ. γράφημα 3

**Γράφημα 3, λειτουργικό σημείο συμπιεστή**



Ο ελεγκτής θα πραγματοποιήσει μια ανταπόκριση ασφαλείας τη στιγμή που το λειτουργικό σημείο μετακινηθεί προς τα αριστερά της γραμμής ανταπόκρισης ασφαλείας και ενεργοποιήσει έναν συναγερμό.

Για να επαναρυθμιστεί η ανταπόκριση ασφαλείας πρέπει να πατηθεί το κουμπί RESET στον ελεγκτή ανάστροφης κίνησης. Εάν αυτό δεν συμβεί, ο συμπιεστής θα λειτουργήσει με μια γραμμή αντιστάθμισης ανάστροφης κίνησης στα δεξιά. Αυτό σημαίνει ότι ο συμπιεστής θα λειτουργεί με ένα υψηλότερο περιθώριο ανάστροφης κίνησης από εκείνο που χρειάζεται.

#### **4. Ακολουθία εκκίνησης συμπιεστή υψηλής παροχής (βλ. σχήμα 4)**

Στην περίπτωση που ο συμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία REMOTE, πρέπει να εκκινηθεί από το λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου πιέζοντας το κουμπί Start στην οθόνη ή το κουμπί Start στο CSBD.

#### **5. Ακολουθία τερματισμού του συμπιεστή υψηλής παροχής**

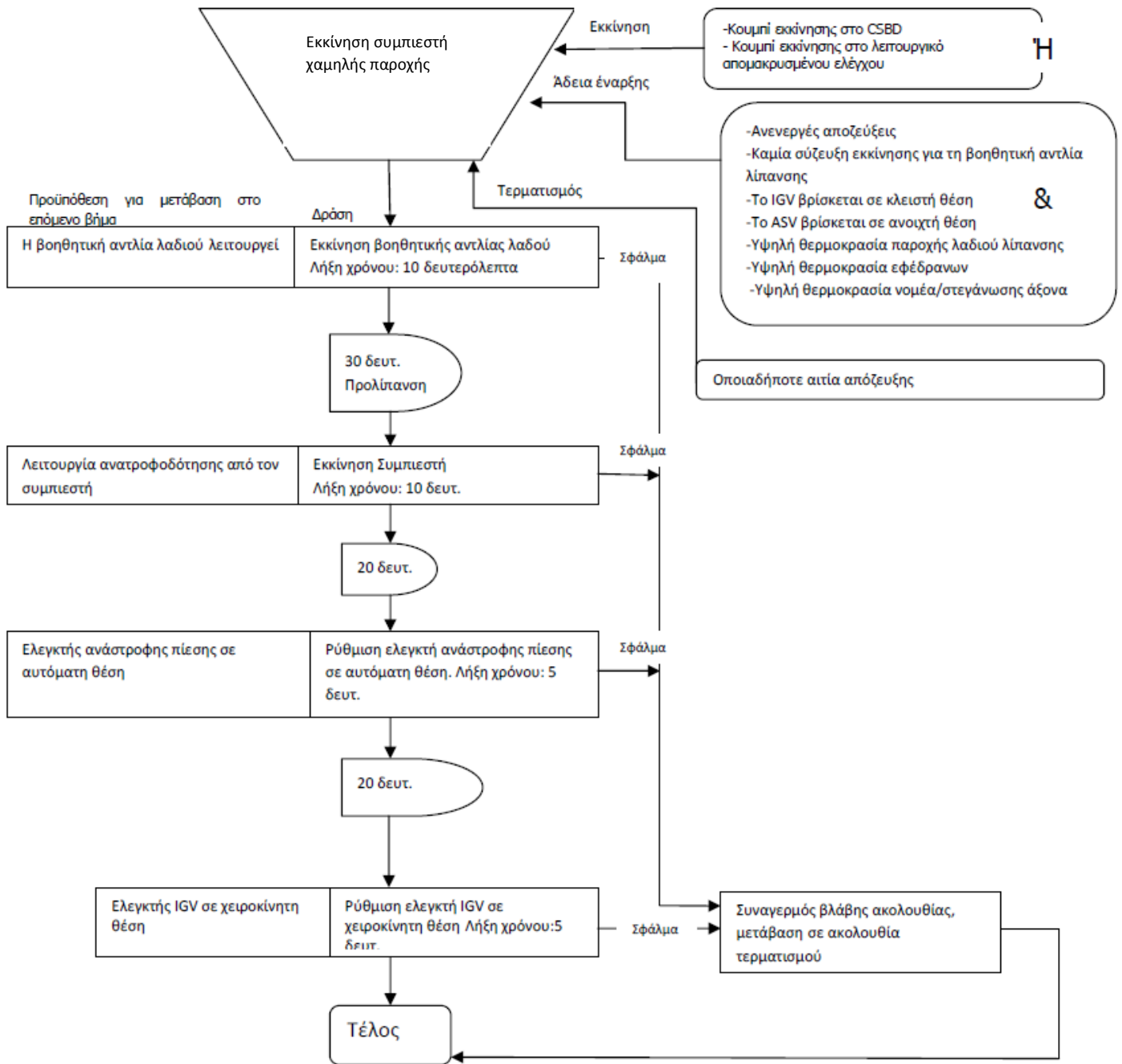
(βλ. σχήμα 5)

Στην περίπτωση που ο συμπιεστής βρίσκεται σε λειτουργία REMOTE, πρέπει να τερματιστεί η λειτουργία του από το λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου πιέζοντας το κουμπί Stop στην οθόνη ή το κουμπί Stop στο CSBD.

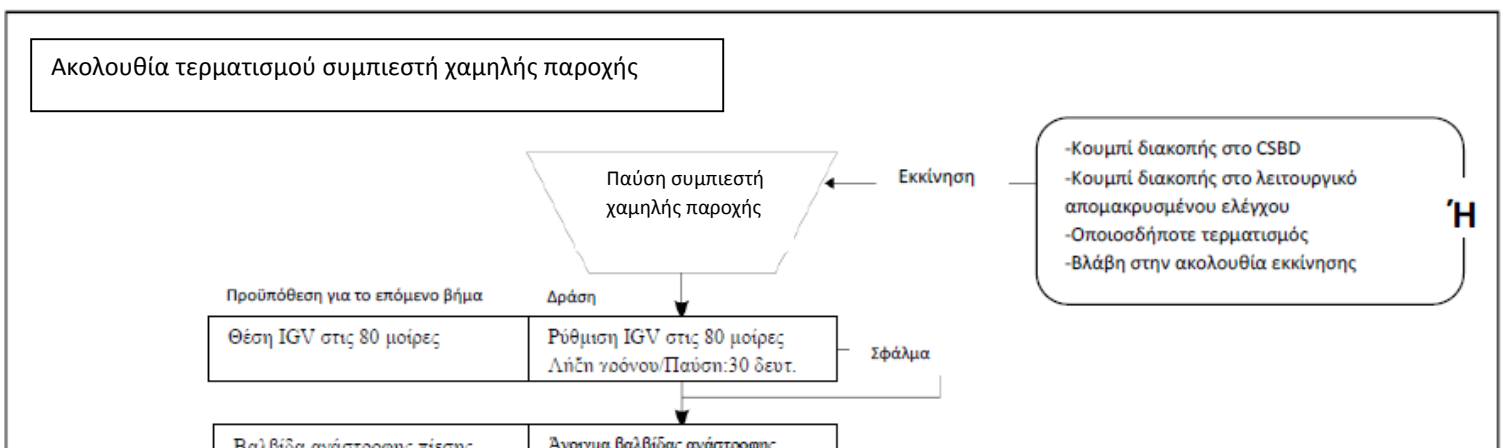
Η ακολουθία τερματισμού του συμπιεστή τίθεται αυτόματα σε λειτουργία εάν πραγματοποιηθεί οποιοσδήποτε τερματισμός τη στιγμή που ο συμπιεστής λειτουργεί στη θέση LOCAL ή REMOTE (βλ. ακολουθία τερματισμού, σχήμα 5).

#### **Σχήμα 4, Ακολουθία εκκίνησης συμπιεστή χαμηλής παροχής**

## ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ



Σχήμα 5, Ακολουθία τερματισμού συμπιεστή χαμηλής παροχής



### 3. Διαδικασίες λειτουργίας

Για να προετοιμάσετε τους συμπιεστές χαμηλής ταχύτητας για λειτουργία:

- 1) Ανοίξτε τις βαλβίδες εισόδου και εξόδου ψύξης τρεχούμενου νερού για τον ψύκτη λαδιού λίπανσης (συνήθως παραμένουν ανοιχτές).
- 2) Ανοίξτε την παροχή αέρα οργάνων στον πίνακα ελέγχου.
- 3) Ελέγξτε το επίπεδο λαδιού λίπανσης στην ελαιολεκάνη.
- 4) Εκκινήστε τον θερμαντήρα λαδιού λίπανσης περίπου 30 λεπτά (εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος) πριν από την αναμενόμενη εκκίνηση του συμπιεστή.

#### Σημείωση

Η θερμοκρασία στην ελαιολεκάνη λαδιού λίπανσης ελέγχεται από το TCV5. Η θερμοκρασία του λαδιού λίπανσης πρέπει να παραμένει ανάμεσα στους 40°C και τους 50°C σε περίοδο φυσιολογικής λειτουργίας. Μη λειτουργείτε τη βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης σε θερμοκρασίες κάτω από τους 25°C.

- 5) Ανοίξτε τη χειροκίνητη βαλβίδα παροχής στεγανοποίησης αερίων.
- 6) Ανοίξτε τις βαλβίδες αναρρόφησης και έκχυσης του συμπιεστή.
- 7) Λειτουργήστε τη βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης για να θερμανθούν το κιβώτιο γρανάζωσης και τα εφέδρανα για περίπου 15 με 30 λεπτά πριν την εκκίνηση του συμπιεστή και ελέγξτε το σύστημα λαδιού λίπανσης για τυχόν διαρροές. Η βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης πρέπει να λειτουργεί συνεχώς κατά τη διάρκεια ελεύθερης ροής αερίου στον συμπιεστή για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του λαδιού λίπανσης/της στεγάνωσης του νομέα.
- 8) Ανοίξτε τον διακόπτη παροχής ρεύματος στον θάλαμο ελέγχου.
- 9) Ανοίξτε τον διακόπτη παροχής ρεύματος στον ελεγκτή μεταβλητής ταχύτητας. (Κάθε συμπιεστής χαμηλής παροχής τροφοδοτείται από ένα ξεχωριστό πίνακα διανομής π.χ. στην αριστερή και στη δεξιά πλευρά του πλοίου).

10) Η βοηθητική αντλία λαδιού λίπανσης πρέπει να λειτουργεί συνεχώς κατά τη διάρκεια ελεύθερης ροής αερίου στον συμπιεστή για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του λαδιού λίπανσης/της στεγάνωσης του νομέα.

Στο λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου:

- 1) Ρυθμίστε το σύστημα σωληνώσεων του πλοίου έτσι ώστε να πραγματοποιεί τη σωστή λειτουργία.
- 2) Επιλέξτε το σωστό μιμικό στον συμπιεστή χαμηλής παροχής για τη σωστή λειτουργία.
- 3) Η θέση των οδηγών πτερύγων εισόδου πρέπει να είναι ρυθμισμένη στο 0% και η ταχύτητα του κινητήρα στο 50% πριν από την εκκίνηση του συμπιεστή.
- 4) Το μήνυμα «Ready to start» εμφανίζεται στη μιμική οθόνη/διάταξη κάτω από τους συμπιεστές όταν δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την ασφάλεια.
- 5) Εκκινήστε τον κινητήρα του συμπιεστή.
- 6) Αλλάξτε τον έλεγχο του συμπιεστή σε αυτόματη θέση.

Εκκίνηση παράλληλης λειτουργίας

- 1) Ανοίξτε τις βαλβίδες εισόδου και εξόδου ψύξης τρεχούμενου νερού για τον ψύκτη λαδού λίπανσης (συνήθως παραμένουν ανοιχτές).
- 2) Ανοίξτε την παροχή αέρα οργάνων στον πίνακα ελέγχου.
- 3) Ελέγξτε το επίπεδο λαδιού λίπανσης στην ελαιολεκάνη.
- 4) Εκκινήστε τον θερμαντήρα λαδιού λίπανσης περίπου 30 λεπτά (εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος) πριν από την αναμενόμενη εκκίνηση του συμπιεστή.
- 5) Ανοίξτε τη χειροκίνητη βαλβίδα παροχής στεγανοποίησης αερίων.
- 6) Επιλέξτε τη λειτουργία «Even Mode» στο μιμικό GMS.
- 7) Αυξήστε εξίσου το φορτίο και των δύο συμπιεστών (οδηγά πτερύγια εισόδου % ανοιχτά)
- 8) Εάν η πίεση της δεξαμενής σταθεροποιηθεί και τα φορτία και των δύο συμπιεστών είναι παρόμοια, επιλέξτε τη λειτουργία «even and automatic».

Στο λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου: από παράλληλη σε απλή λειτουργία συμπιεστή χαμηλής παροχής

- 1) Αποεπιλέξτε τη λειτουργία «even mode».
- 2) Μειώστε σταδιακά το φορτίο του συμπιεστή χαμηλής παροχής Νο. 2 (περίπου 10% κάθε 10 λεπτά) ενώ ταυτόχρονα αυξάνετε το φορτίο του συμπιεστή Νο. 1 χειροκίνητα.
- 3) Εάν το φορτίο του συμπιεστή χαμηλής ταχύτητας Νο. 2 φτάσει στο ελάχιστο, σταματήστε τον συμπιεστή χαμηλής ταχύτητας Νο. 2 και επιλέξτε τον συμπιεστή χαμηλής ταχύτητας Νο 1 ως αυτόματη λειτουργία.
- 4) Απενεργοποιήστε την επιλογή «Dump Mode» - πρέπει να επιλέξετε «Non Mode» ή «Vent Mode» στο μιμικό GMS εάν το πλοίο βρίσκεται σε λειτουργία «FG».

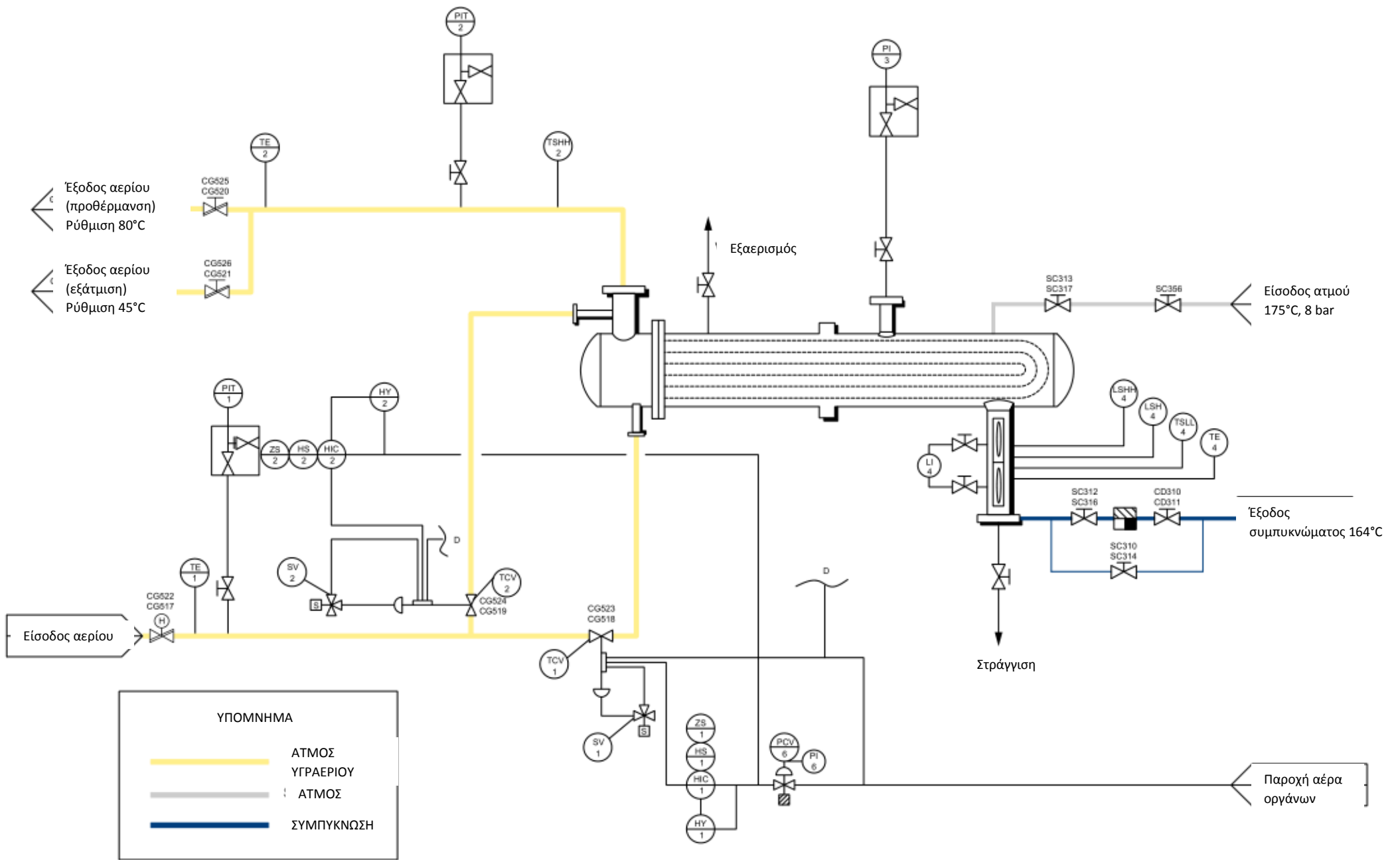
**Ρυθμίσεις συναγερμών και αποζεύξεων συμπίεστη χαμηλής παροχής (T:απόζευξη, A:Συναγερμος/I1: Εκκίνηση σύζευξης αντλίας λαδιού λίπανσης/I2:εκκίνηση μηχανισμού σύζευξης)**

Αριθμός	Αντικείμενο	Αριθμός ετικέτας	Κατάσταση φυσιολογικής λειτουργίας	Εύρος οργάνου	Δράση		Σημείο αναφοράς	Σήμα
				Εύρος ρυθμίσεων	H,HH,L,LL	Τύπος		
1	Πίεση αερίου αναρρόφησης	PT1	0,06 bar	0 έως 2 bar -0,15 έως 0,2 bar	-	-	-	4 έως 20 mA
2	Πίεση εκχεόμενου αερίου	PT2	0,96 bar	0 έως 2 bar 0 έως 1,5 mbar	-	-	-	4 έως 20 mA
3	Θερμοκρασία αναρρόφησης αερίου	TT1	-140°C	-200 έως +200°C	-	-	-	4 έως 20 mA
4	Θερμοκρασία εκχεόμενου αερίου TE2A	TT 2A	-94,8 °C	-200 έως +200°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSHH 2A	-	-	HH	T	+100°C	Contact
5	Θερμοκρασία εκχεόμενου αερίου TE2B	TT2B	-94,8 °C	-200 έως +200°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSH 2B	-	-	H	A	+90°C	Contact
6	Θέση εκκίνησης οδηγών πτερύγιων εισόδου	ZSL3	-	-	-	I2	-	Contact
7	Θέση βαλβίδας ανάστροφης πίεσης	ZSH 1	-	-	-	I2	-	Contact
		ZSL 1	-	-	-	-	-	-
8	Ελεγκτής ροής αερίου	PDT 1	30mbar	0 έως 620 mbar	-	-	-	4 έως 20 mA
				40mbar	-	-	-	
9	Δόνηση YE 9	YET 9	10 έως 30 μm	0 έως 100 μm	-	-	-	4 έως 20 mA
		YSH 9	-	-	H	A	50μm	Contact
		YSHH 9	-	-	HH	T	75μm	Contact
10	Διαφορική πίεση φίλτρου λαδιού	PDT 7	0,5 bar	0 έως 21 bar 0 έως 5 bar	-	-	-	4 έως 20 mA
		PDSH 7A	-	-	H	A	2,5 bar	Contact
11	Επίπεδο δεξαμενής λαδιού	LSL 5	-	-	L	A, I1	-	Contact
12	Θερμοκρασία θερμαντήρα λαδιού	TCV 5	-	40°C	-	-	-	-
13	Θερμοκρασία δεξαμενής λαδιού	TSL 5	55°C	-45+93°C	L	A, I1	25°C	Contact
		TSH 5	-	-	H	A	60°C	Contact
14	Θερμοκρασία συστήματος λαδιού TE8	TT 8	~42°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSL 8	-	-	L	I2	20°C	Contact
		TSH 8	-	-	H	A	55°C	Contact
15	Θερμοκρασία νομέα λαδιού TE10A	TT 10A	~60°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSHH 10A	-	-	HH	T	+80°C	Contact
16	Θερμοκρασία νομέα λαδιού TE10B	TT 10B	~60°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSH 10B	-	-	H	A	75°C	Contact
17	Θερμοκρασία εφέδρανων TE9A	TT 9A	~65°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSHH 9A	-	-	HH	T	75°C	Contact
18	Θερμοκρασία εφέδρανων TE9F	TT9F	~65°C	0 έως +100°C	-	-	-	4 έως 20 mA
		TSL9F	-	-	L	A, I2	15°C	Contact
		TSH9F	-	-	H	A	70°C	Contact
19	Κιβώτιο γρανάζωσης πίεσης λαδιού λίπανσης	PT8	~1,6 bar	0 έως 10 bar 0 έως 5 bar	-	-	-	4 έως 20 mA
		PSL8A	-	-	L	A, I2	1 bar	Contact
20	Κιβώτιο γρανάζωσης πίεσης λαδιού λίπανσης	PSLL8A	~1,6mbar	-1 έως 1,25 bar	LL	T	0,8 bar	Contact
21	Νομέας πίεσης λαδιού λίπανσης	PSL8C	~1,1 mbar	-1 έως 1,25 bar	L	A, I2	0,4 bar	Contact
22	Νομέας πίεσης λαδιού λίπανσης	PSLL8C	~1,1 mbar	-1 έως 1,25 bar	LL	T	0,2 bar	Contact
23	Βαλβίδα ελέγχου στεγανοποίησης αερίου	PCV11	-	0,25 bar	-	-	-	-
24	Πίεση στεγανοποίησης αερίου	PSL11	-	-1 έως 1,25 bar	L	A, I1, I2	0,2 bar	Contact
25	Πίεση στεγανοποίησης αερίου	PSLL11	-	-1 έως 1,25 bar	LL	T	0,15 bar	Contact
26	Θέση οδηγών πτερύγιων εισόδου ZE3	ZT3	-	-30 έως +90°C	-	-	-	4 έως 20 mA
27	Βαλβίδα ελέγχου μετασχηματιστή IP	PCV 3A	-	2bar	-	-	-	-
28	Βαλβίδα ελέγχου HIC	PCV 3B	-	1bar	-	-	-	-
29	Βαλβίδα ελέγχου ενεργοποιητή ακροφυσίου	PCV3C	-	6bar	-	-	-	-

30	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης στεγάνωσης νομέα	PCV3D		0,2 bar				
----	---	-------	--	---------	--	--	--	--

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

Σχέδιο 4.5.a, Θερμαντήρας αερίου





### 3. Θερμαντήρες αερίου ( Gas Heaters )

#### 3.1. Γενικά

(Βλ. Σχέδιο 4.5.a)

Υπάρχουν δύο θερμαντήρες αερίου που θερμαίνονται με ατμό στο δωμάτιο συμπιεστή του πλοίου που βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του φρεατίου προσπέλασης καταστρώματος.

Οι θερμαντήρες είναι τύπου κελύφους και αυλού.

Οι θερμαντήρες χρησιμοποιούνται για τις ακόλουθες λειτουργίες:

1. Για τη θέρμανση του ατμού υγραερίου που διανέμεται από οποιονδήποτε από τους συμπιεστές υψηλής παροχής στη συγκεκριμένη θερμοκρασία και για τη θέρμανση των δεξαμενών του πλοίου πριν από την απελευθέρωση αερίου.
2. Για τη θέρμανση του αερίου εξατμίσεων που διανέμεται από οποιονδήποτε από τους συμπιεστές χαμηλής παροχής ως καύσιμο για τον λέβητα ή για εξάτμιση στην ατμόσφαιρα μέσω της κεφαλής υγροποίησης ή μέσω του αγωγού αερίου. Εναλλακτικά μπορεί να εφαρμοστεί ελεύθερη ροή.

#### Προσοχή

Κατά τη διάρκεια επιστροφής θερμού αερίου στις δεξαμενές του πλοίου, η θερμοκρασία στην έξοδο του θερμαντήρα δεν πρέπει να ξεπερνάει τους +80°C για να αποφευχθεί τυχόν βλάβη στη μόνωση των σωληνώσεων του πλοίου και των βαλβίδων ασφαλείας.

#### Προδιαγραφές

Κατασκευαστής:

Cryostar

Μοντέλο:

34-UT-38/34-3.6

Τύπος/Είδος:

BEU

Πλευρά αυλού (Διαδικασία υγροποίησης)	Μονάδα	Περίσταση λειτουργίας				
		Σχέδιο	Beg WU	Μέσο	Τέλος WU	BOG
Ροή μάζας	kg/h	17.570	18.727	13.546	8.365	8.607
Ροή όγκου εισόδου	m <sup>3</sup> /h	6.420	6.843	7.857	6.647	4.335
Ροή όγκου εξόδου	m <sup>3</sup> /h	14.007	14.956	13.350	9.539	7.128
Θερμοκρασία εισόδου	°C	-130	-130	-46	38	-52
Θερμοκρασία εξόδου (μη ελεγχόμενη)	°C	3	0	65	118	77

Θερμοκρασία εξόδου (ελεγχόμενη)	°C	0				45
Πίεση εισόδου	bar	1				
Πίεση εξόδου	bar	0,75				
Πτώση πίεσης (υπολογισμένη)	mbar	180	210	150	70	50
Ανταλλαγή πίεσης (πραγματική)	kW	1.446	1.547	948	421	471
Πίεση σχεδίου	bar	10				
Θερμοκρασία σχεδίου	°C	-196/+220				

Πλευρά κελύφους (κορεσμένος ατμός)	Μονάδα	Περίσταση λειτουργίας				
		Σχέδιο	Beg WU	Μέσο	Τέλος WU	Εξάτμιση
Κατανάλωση ατμού	kg/h	2.539	2.716	1.664	740	828
Θερμοκρασία εισόδου	°C	169				
Θερμοκρασία εξόδου	°C	περίπου 164				
Πίεση εισόδου	bar	7,0				
Πίεση εξόδου	bar	7,0				
Πίεση σχεδίου	bar	10,0				
Θερμοκρασία σχεδίου	°C	+220				

## 2. Διαδικασία λειτουργίας κατά τη διαμόρφωση προθέρμανσης

Οι γραμμές ατμού είναι ρυθμισμένες για να χρησιμοποιείται ο συμπιεστής υψηλής παροχής για να διανέμει ατμό στους θερμαντήρες αερίου Νο. 1 και Νο.2. Οι θερμαντήρες Νο. 1 και Νο. 2 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτή τη λειτουργία ανοίγοντας τη βαλβίδα διασταύρωσης CG519/CG524 σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

- 1) Ανοίξτε τη βαλβίδα εξαερισμού από την πλευρά του κελύφους.
- 2) Ανοίξτε της βαλβίδες συμπίκνωσης της πλευράς του κελύφους και ελέγξτε τους αγωγούς αποστράγγισης.
- 3) Ανοίξτε τη χειροκίνητη βαλβίδα παροχής ατμού SC313/SC317 (Βεβαιωθείτε ότι η ρύθμιση «steam to deck» είναι διαθέσιμη και η βαλβίδα απομόνωσης SC356 είναι ανοιχτή).
- 4) Όταν όλος ο αέρας έχει εξατμιστεί από τον αυλό, κλείστε αεροστεγώς τη βαλβίδα εξαερισμού.
- 5) Όταν έχει αποστραγγιστεί όλο το νερό από τον αυλό, κλείστε τη βαλβίδα αποστράγγισης.
- 6) Ανοίξτε σταδιακά τη βαλβίδα εισόδου ατμού SC313/SC317.

7) Ρυθμίστε τις γραμμές ατμού υγραερίου όπως περιγράφεται για τη συγκεκριμένη λειτουργία και θέστε τον θερμαντήρα υγραερίου No. 1 ή No. 2 σε λειτουργία.

8) Στο CCR ρυθμίστε τους ελεγκτές για τον θερμαντήρα στη θέση ON στο λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου.

9) Ανοίξτε την παροχή αέρα οργάνων στους ελεγκτές για τον θερμαντήρα.

10) Ελέγξτε το επίπεδο συμπύκνωσης στο οπτικό γυαλί.

11) Ρυθμίστε τη θερμοκρασία και τον ελεγκτή επιπέδου στις ρυθμίσεις που απαιτούνται για τη λειτουργία που πραγματοποιείται (πρώτο στάδιο 0°C, δεύτερο στάδιο +80°C για τη λειτουργία προθέρμανσης με ατμό υγραερίου και περίπου 50 °C για προθέρμανση και αδρανή λειτουργία με αδρανές αέριο).

12) Ανοίξτε την υδραυλική βαλβίδα εισόδου αερίου CG517/CG522 και τη χειροκίνητη βαλβίδα εξόδου CG520/CG525.

13) Παρακολουθήστε την έξοδο ατμού αερίου και τις θερμοκρασίες συμπύκνωσης.

Με την ολοκλήρωση της λειτουργίας:

1) Αλλάξτε την επιλογή αυτόματου ελέγχου σε χειροκίνητη.

2) Κλείστε τη βαλβίδα παροχής αερίου CG517/CG522 στον θερμαντήρα.

3) Κλείστε τη βαλβίδα παροχής αερίου SC313/SC317 στον θερμαντήρα όταν η θερμοκρασία της εξόδου του θερμαντήρα είναι πάνω από 0°C.

4) Ανοίξτε τον πλευρικό εξαερισμό ατμού και μετά τους αγωγούς αποστράγγισης όταν έχει εξαεριστεί όλος ο ατμός.

### **3.2 Ελεγκτές και ρυθμίσεις**

Η θερμοκρασία εξόδου του αερίου ελέγχεται από τους ελεγκτές CG518/CG523 στην είσοδο και CG519/CG524 στη γραμμή παράκαμψης θερμαντήρων αερίου No. 1 και No. 2.

Ο συμπυκνωμένος ατμός από τον θερμαντήρα επιστρέφει στο σύστημα αποστράγγισης μέσα από τον ψύκτη αποστράγγισης ατμού του πλοίου και τη δεξαμενή απόρριψης του πλοίου η οποία περιέχει και ένα σημείο δειγματοληψίας ανίχνευσης αερίου.

### **3.3 Διαμόρφωση θέρμανσης αερίου εξάτμισης**

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τον εξαερισμό και τη θέρμανση μέσω των θερμαντήρων No. 1 και No. 2 όπως περιγράφεται παραπάνω εκτός από το ότι ο έλεγχος θερμοκρασίας είναι ρυθμισμένος για θερμοκρασία εξόδου αερίου περίπου +45°C.

Οι γραμμές ατμού ρυθμίζονται για τη χρήση του συμπιεστή χαμηλής παροχής έτσι ώστε να μεταφέρει ατμό στον θερμαντήρα No. 1 ή στον No. 2. Οι θερμαντήρες No. 1

και Νο. 2 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης γι' αυτή τη λειτουργία ανοίγοντας τη βαλβίδα διασταύρωσης CG519/CG524.

Όταν ο θερμαντήρας έχει εξαεριστεί και θερμανθεί ακολουθήστε την παρακάτω διαδικασία:

- 1) Ανοίξτε σταδιακά τη χειροκίνητη βαλβίδα εισόδου ατμού SC313/SC317.
- 2) Ελέγξτε το επίπεδο συμπύκνωσης.
- 3) Ρυθμίστε τις γραμμές ατμού υγραερίου όπως περιγράφεται για τη λειτουργία που θα πραγματοποιηθεί.
- 4) Ανοίξτε τη βαλβίδα εξόδου CG521/CG526 και τη βαλβίδα εισόδου ατμού CG517/CG522.
- 5) Στο CCR ρυθμίστε τους ελεγκτές για τους θερμαντήρες αερίου Νο. 1 και Νο.2 στο λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου.
- 6) Ανοίξτε τον ελεγκτή παροχής αέρα στους ελεγκτές για τους θερμαντήρες Νο.1 και Νο.2.
- 7) Ρυθμίστε τη θερμοκρασία και τους ελεγκτές επιπέδου στις ρυθμίσεις που απαιτούνται για τη λειτουργία που πραγματοποιείται για την καύση αερίου στους 30°C.
- 8) Παρακολουθήστε την έξοδο ατμού αερίου και τις θερμοκρασίες συμπύκνωσης.

Με την ολοκλήρωση της λειτουργίας:

- 1) Μετά από τον τερματισμό του συμπιεστή χαμηλής παροχής και το κλείσιμο της βαλβίδας παροχής αερίου στο μηχανοστάσιο, κλείστε τη βαλβίδα εισόδου στον θερμαντήρα αερίου Νο.1 ή Νο.2 CG517/CG522.
- 2) Κλείστε τη βαλβίδα εισόδου αερίου SC313/SC317.
- 3) Ανοίξτε τον πλευρικό εξαερισμό ατμού και τη βαλβίδα αποστράγγισης όταν ο θερμαντήρας έχει αποσυμπιεστεί.

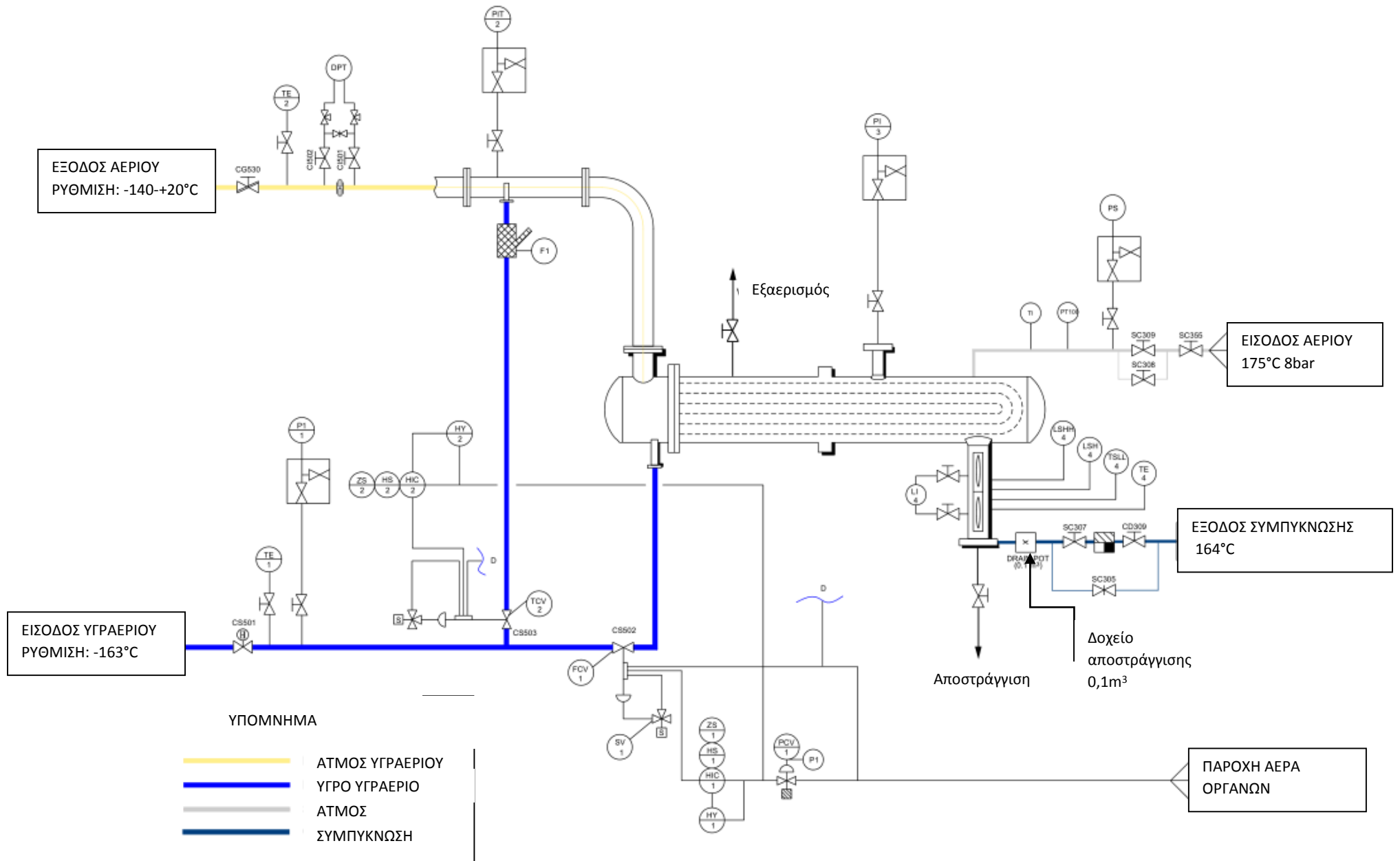
Οι παρακάτω συναγερμοί και αποζεύξεις είναι διαθέσιμοι:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΤΙΚΕΤΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
PIT1	Πίεση εξόδου αερίου. Φυσιολογική 0,75 bar/Εύρος 0~2 bar (a)
TT2	Θερμοκρασία εξόδου αερίου Φυσιολογική +3°C ~ +80°C/Εύρος -50~+100°C
TIC2	Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου αερίου Προθέρμανση +80°C/Εξάτμιση +45°C
TSHH2	Θερμοκρασία εξόδου αερίου διακόπτης απόζευξης Υψηλή-Υψηλή[High High] Φυσιολογική +3°C ~+80°C /Εύρος 0~150°C, Απόζευξη High-High:100°C
TSLL4	Θερμοκρασία συμπύκνωσης, διακόπτης απόζευξης Χαμηλή-χαμηλή [Low-Low] Φυσιολογική +150°C ~+190°C Εύρος 0~200°C απόζευξη Low-Low: +66°C
TT4	Θερμοκρασία συμπύκνωσης Φυσιολογική +150°C ~+190°C/Εύρος 0~200°C
LSH4	Επίπεδο συμπύκνωσης θερμαντήρα αερίου. Υψηλός συναγερμός [High]

LSHH4	Επίπεδο συμπύκνωσης θερμαντήρα αερίου. Απόζευξη High-High
-------	---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

**Σχέδιο 4.6a Εξατμιστήρας υγραερίου**



## 4 Εξατμιστήρας υγραερίου ( LNG Vaporizer )

### 4.1. Γενικά

(βλ. σχέδιο 4.6.a)

Ο εξατμιστήρας υγραερίου είναι εναλλάκτης θερμότητας τύπου κελύφους και αυλού θερμαινόμενος από ατμό που βρίσκεται στο δωμάτιο συμπιεστή του πλοίου στο φρεάτιο προσπέλασης καταστρώματος. Είναι εξοπλισμένος με αυτόματους ελεγκτές θερμοκρασίας και ροής εξόδου.

#### Προδιαγραφές

Κατασκευαστής:

Cryostar

Μοντέλο:

65-UT-38/34-5.9

Τύπος/Είδος:

BEU

Πλευρά αυλού (Διαδικασία υγροποίησης)	Μονάδα	Περίσταση λειτουργίας			
		Εκφόρτωση (CH <sub>4</sub> )	Καθαρισμός δεξαμενής (CH <sub>4</sub> )	Αδρανές (LN <sub>4</sub> )	Έκτακτη ανάγκη (CH <sub>4</sub> )
Ροή μάζας	kg/h	26.150	10.253	2.960	7.100
Ροή όγκου εισόδου	m <sup>3</sup> /h	58	23	4	16
Ροή όγκου εξόδου	m <sup>3</sup> /h	14.811	12.793	2.118	7.045
Θερμοκρασία εισόδου	°C	-163		-196	-163
Θερμοκρασία εξόδου (μη ελεγχόμενη)	°C	-44	25	108	48
Θερμοκρασία εξόδου (ελεγχόμενη)	°C	-140	20	20	-40
Πίεση εισόδου	bar	4	2,5		
Πίεση εξόδου	bar	0,2			
Πτώση πίεσης (υπολογισμένη)	bar	0,81	0,12	0	0,05
Ανταλλαγή πίεσης (πραγματική)	kW	4.091	2.643	365	1.560
Πίεση σχεδίου	bar	10			
Θερμοκρασία σχεδίου	°C	-196/+220			

Πλευρά κελύφους (κορεσμένος ατμός)	Μονάδα	Περίσταση λειτουργίας			
		Εκφόρτωση (CH <sub>4</sub> )	Καθαρισμός δεξαμενής (CH <sub>4</sub> )	Αδρανές (CH <sub>4</sub> )	Έκτακτη ανάγκη (LN <sub>2</sub> )
Κατανάλωση ατμού	kg/h	7.183	4.640	641	2.740



Θερμοκρασία εισόδου	°C	169
Θερμοκρασία εξόδου	°C	περίπου 164
Πίεση εισόδου	bar	7,0
Πίεση εξόδου	bar	7,0
Πίεση σχεδίου	bar	10,0
Θερμοκρασία σχεδίου	°C	+220

#### 4.2. Εκφόρτιση υγραερίου χωρίς επιστροφή ατμού από τη στεριά.

Οι συναγερμοί παρέχονται για τη θερμοκρασία του αερίου εξόδου και για υψηλό επίπεδο συμπύκνωσης νερού και χαμηλή θερμοκρασία. Οι συναγερμοί θερμοκρασίας εξόδου αερίου και συμπύκνωσης χαμηλής θερμοκρασίας τίθενται σε αδράνεια όταν τερματιστεί η λειτουργία του εξατμιστήρα υγραερίου.

Ο εξατμιστήρας υγραερίου χρησιμοποιείται για τις παρακάτω λειτουργίες:

1) Την εκφόρτιση του πλοίου στο σχεδιασμένο ρυθμό χωρίς τη δυνατότητα επιστροφής ατμού από τη στεριά.

Ο ατμός που παράγεται έχει περίπου θερμοκρασία  $-140^{\circ}\text{C}$  όταν φεύγει από τον εξατμιστήρα και παροχετεύεται στις δεξαμενές του πλοίου μέσω της κεφαλής εξάτμισης. Η πίεση του ατμού στις δεξαμενές του πλοίου διατηρείται υπό φυσιολογικές συνθήκες στα 1100 mbar(a), τουλάχιστον 1040 mbar κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκφόρτισης. Επιπλέον ατμός δημιουργείται από τα σταγονίδια του ψεκαστήρα δεξαμενής εφόσον το υγραέριο παρέχεται από αντλία αποστράγγισης/αντλία ψεκασμού.

Στην περίπτωση που η ανάστροφη πίεση στη σωλήνωση εκφόρτισης προς την στεριά δεν είναι επαρκής έτσι ώστε να διασφαλιστεί πίεση 3 bar από την είσοδο προς τον εξατμιστήρα, η αντλία αποστράγγισης/ψεκασμού θα χρησιμοποιηθεί για την παροχή υγρού στον εξατμιστήρα.

Στην περίπτωση που η στεριά δεν μπορεί να παρέχει επιστροφή ατμού, μπορεί ο εξατμιστήρας να τροφοδοτηθεί με υγραέριο σε υγρή μορφή χρησιμοποιώντας μια αντλία αποστράγγισης ή μέσω αφαιμάξης από την κεφαλή υγρού.

2) Καθαρίστε τις δεξαμενές του πλοίου μετά από την αδρανοποίηση με αδρανές αέριο και πριν από τη διακοπή εν ψυχρώ. Υγραέριο παρέχεται από τη στεριά στον εξατμιστήρα υγραερίου μέσω της γραμμής αποστράγγισης/ψεκασμού. Ο ατμός που παράγεται στην απαιτούμενη θερμοκρασία  $+20^{\circ}\text{C}$  έπειτα διοχετεύεται στις δεξαμενές του πλοίου.

3) Πρέπει να εξατμιστεί το LN<sub>2</sub> για την αδρανοποίηση της δεξαμενής και των χώρων μόνωσης.

#### Σημείωση

Εξαιτίας της πολύ χαμηλής του θερμοκρασίας, το υγρό άζωτο βλάπτει τους ζωντανούς ιστούς και σε περίπτωση που χυθεί στο κατάστρωμα του πλοίου προκαλεί ρωγμές και βλάβες όπως και το υγραέριο.

4) Χειροκίνητη αναγκαστική λειτουργία σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης:

Ο εξατμιστήρας υγραερίου μπορεί να λειτουργήσει ως εξατμιστήρας εξαναγκαστικής εξάτμισης στην περίπτωση που εκείνος έχει υποστεί βλάβη.

### 4.3. Διαδικασία λειτουργίας για να τεθεί σε λειτουργία ο εξατμιστήρας υγραερίου.

Ρυθμίστε τους αγωγούς υγραερίου όπως περιγράφεται για τη λειτουργία που θα πραγματοποιηθεί.

Για να προετοιμάσετε τον εξατμιστήρα υγραερίου για χρήση:

- 1) Βεβαιωθείτε ότι ο ατμός του καταστρώματος και οι παροχές αέρα οργάνων είναι διαθέσιμες στον εξατμιστήρα υγραερίου.
- 2) Ανοίξτε τη βαλβίδα αποστράγγισης συμπύκνωσης και τη βαλβίδα εξαερισμού κελύφους.
- 3) Ρυθμίστε τις κατάντη γραμμές ατμού για την λειτουργία που θα πραγματοποιηθεί έτσι ώστε να είναι δυνατή η διαστολή του αερίου κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης.
- 4) Ανοίξτε σταδιακά την κύρια βαλβίδα ατμού εξατμιστή SC355 πλήρως.
- 5) Ανοίξτε τη βαλβίδα παράκαμψης απομονωμένου ατμού SC308.
- 6) Όταν έχει εξαεριστεί όλος ο αέρας από το κέλυφος, κλείστε τη βαλβίδα εξαερισμού.
- 7) Όταν οι αγωγοί αποστράγγισης είναι καθαροί, ανοίξτε τις βαλβίδες εισόδου και εξόδου του σιφονιού και κλείστε την αποστράγγιση. Πρέπει να περάσουν 30 λεπτά για να σταθεροποιηθούν τα επίπεδα συμπυκνώματος, πίεσης και θερμοκρασίας του θερμαντήρα.
- 8) Ανοίξτε σταδιακά την κύρια βαλβίδα απομόνωσης ατμού SC309 πλήρως και κλείστε τη βαλβίδα παράκαμψης SC308.
- 9) Παρακολουθήστε το επίπεδο συμπυκνώματος στο τοπικό όργανο μέτρησης.
- 10) Στο CCR ρυθμίστε τον έλεγχο ροής για τον εξατμιστήρα στη θέση ON στο λειτουργικό απομακρυσμένου ελέγχου, επιλέξτε τη λειτουργία MAN και βεβαιωθείτε ότι η ρυθμισμένη τιμή είναι για μηδενική ροή.

11) Βεβαιωθείτε ότι η κεφαλή ψεκαστήρα βρίσκεται υπό πίεση και έπειτα ανοίξτε την υδραυλική βαλβίδα απομόνωσης γραμμής λειτουργικού υγρού CS501.

12) Στη λειτουργία MAN ανοίξτε τη βαλβίδα ελέγχου ροής και αφήστε το υγραέριο να περάσει στον εξατμιστήρα. Παρακολουθήστε όλους τους συζευκτήρες και τις ενώσεις του εξατμιστήρα για οποιοδήποτε σημάδι διαρροής.

13) Μόλις έχει καθοριστεί η ροή ρυθμίστε τη σωστή τιμή για την επιθυμητή λειτουργία στον ελεγκτή θερμοκρασίας,  $-140^{\circ}\text{C}$  για ογκομετρική αντικατάσταση κατά τη διάρκεια εκφόρτισης του πλοίου ή  $+20^{\circ}\text{C}$  για τον καθαρισμό της δεξαμενής μετά από επανεξοπλισμό και εξάτμιση  $\text{LN}_2$  για τους μονωμένους χώρους ή για εργασίες που σχετίζονται με τον καθαρισμό της δεξαμενής.

14) Αυξήστε σταδιακά τον ρυθμό ροής στην επιθυμητή τιμή και αλλάξτε τον τρόπο λειτουργίας στο AUTO.

15) Παρακολουθήστε το επίπεδο συμπυκνώματος μέχρι να επιτευχθεί πλήρης ροή αερίου στον εξατμιστήρα για να διασφαλίσετε τη σταθερότητα της λειτουργίας.

16) Συνεχίστε να παρακολουθείτε τον εξατμιστήρα για διαρροές καθώς και τη θερμοκρασία εξόδου του ατμού το επίπεδο συμπυκνώματος και τη θερμοκρασία των αγωγών αποστράγγισης καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας.

### Προσοχή

Πρέπει να πραγματοποιούνται εκτενείς έλεγχοι γύρω από τον εξατμιστήρα υγραερίου και τις συνδέσεις συζευκτών καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας.

Κατά την ολοκλήρωση της λειτουργίας:

1) Κλείστε τη λειτουργική βαλβίδα απομόνωσης γραμμής υγρού CS501.

2) Αλλάξτε τους ελεγκτές θερμοκρασίας και ροής σε χειροκίνητη θέση και ανοίξτε τις βαλβίδες χειροκίνητα για επιτραπεί η εξάτμιση τυχόν ατμού υγραερίου που έχει παραμείνει με φυσικό τρόπο.

3) Όταν η θερμοκρασία εξόδου του θερμαντήρα είναι πάνω από  $0^{\circ}\text{C}$  και δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι έχει δημιουργηθεί πάγος σε οποιοδήποτε σημείο του θερμαντήρα, κλείστε τη βαλβίδα απομόνωσης ατμού και την κύρια βαλβίδα ατμού.

4) Ανοίξτε τη βαλβίδα εξαερισμού της πλευράς κελύφους.

5) Όταν σταματήσει να εξάγεται ατμός από τον εξαερισμό ανοίξτε τη βαλβίδα αποστράγγισης συμπυκνώματος και κλείστε τη βαλβίδα εισόδου προς το σιφόνι.

6) Όταν ο θερμαντήρας βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, κλείστε τη βαλβίδα εξόδου CG530 και ασφαλίστε το υπόλοιπο σύστημα όπως απαιτείται.

## 4.4. Ελεγκτής ροής εξόδου εξατμιστήρα υγραερίου

Για να ελέγξει τη ροή εξόδου, το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου υπολογίζει αρχικά το ρυθμό ροής από τη θερμοκρασία και την πίεση εξόδου και η διαφορική πίεση δημιουργείται στο στόμιο. Μετά από αυτό, ο βρόχος ελέγχου ροής προσαρμόζει τη βαλβίδα ελέγχου ροής έτσι ώστε να ταυτιστεί με την επιθυμητή τιμή της υπολογισμένης ροής.

Στην περίπτωση που η πίεση της κεφαλής ατμού είναι υψηλότερη από 200 mbar κατά τη διάρκεια του καθαρισμού της δεξαμενής ή των λειτουργιών ογκομετρικής αντικατάστασης, η πίεση στον χώρο μόνωσης είναι υψηλότερη από -50mbar κατά τη διάρκεια της φόρτισης του χώρου με άζωτο ή έχει εντοπιστεί κάποιο σήμα απόζευξης, ο ελεγκτής ροής τίθεται σε χειροκίνητη λειτουργία και η έξοδος του ρυθμίζεται στο 0% κλείνοντας τη βαλβίδα εισόδου υγρού.

#### 4.5. Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου εξατμιστήρα υγραερίου

Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας εξόδου, το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου προσαρμόζει την πνευματική βαλβίδα παράκαμψης ελέγχου σύμφωνα με την υπολογισμένη θερμοκρασία εξόδου. Στην περίπτωση που η πίεση της κεφαλής του ατμού είναι μεγαλύτερη από 200mbar, η πίεση του χώρου απομόνωσης μεγαλύτερη από -50mbar όταν λειτουργεί στη θέση N<sub>2</sub> ή έχει εντοπιστεί κάποιο σήμα απόζευξης κατά τη διάρκεια του αυτόματου ελέγχου της θερμοκρασίας εξόδου, αυτός ο ελεγκτής θερμοκρασίας τίθεται σε χειροκίνητη θέση και η έξοδος του ρυθμίζεται στο 0% για να μην ανοίξει η βαλβίδα παράκαμψης ελέγχου από το να ανοίξει έως ότου η κατάσταση του εξατμιστήρα να είναι και πάλι φυσιολογική.

Στην περίπτωση που η πίεση της κεφαλής ατμού είναι υψηλότερη από 200 mbar κατά τη διάρκεια του καθαρισμού της δεξαμενής ή των λειτουργιών ογκομετρικής αντικατάστασης, η πίεση στον χώρο μόνωσης είναι υψηλότερη από -50mbar κατά τη διάρκεια της φόρτισης του χώρου με άζωτο ή έχει εντοπιστεί κάποιο σήμα απόζευξης, ο ελεγκτής θερμοκρασίας τίθεται σε χειροκίνητη λειτουργία και η έξοδος του ρυθμίζεται στο 0% κλείνοντας τη βαλβίδα παράκαμψης υγρού του ελεγκτή θερμοκρασίας.

Το σήμα υψηλής πίεσης στην κεφαλή ατμού παράγεται από τον πίνακα παρακολούθησης που βρίσκεται μέσα στην καμπίνα λογισμικού απομακρυσμένου ελέγχου. Το σήμα περνάει στον τοπικό πίνακα και θέτει σε λειτουργία τη σωληνοειδή βαλβίδα για να κλείσει την παροχή αέρα στην πνευματική βαλβίδα ελέγχου.

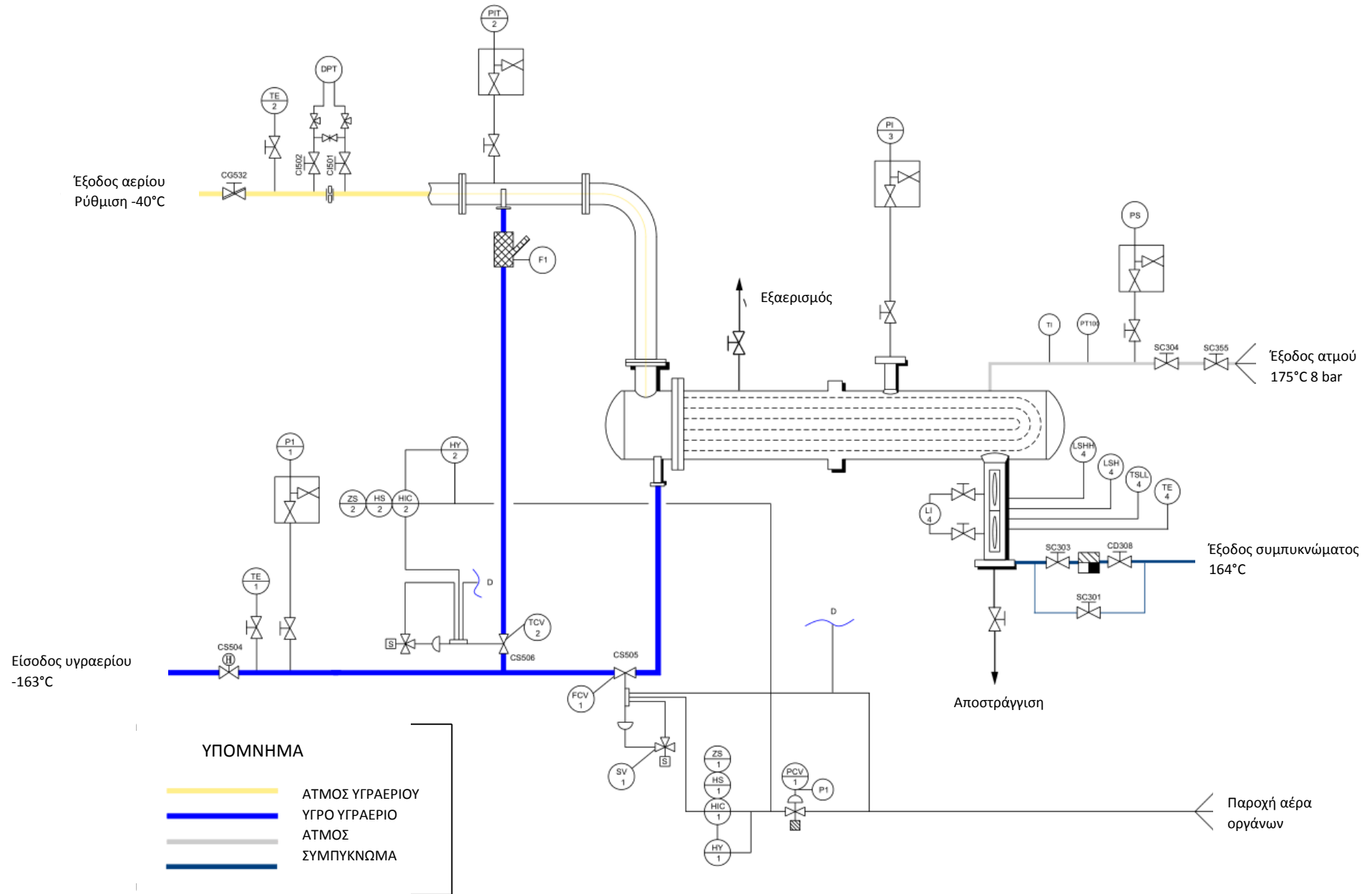
Το συμπύκνωμα ατμού από τον εξατμιστήρα επιστρέφει στο σύστημα αποστράγγισης μέσω του ψύκτη ατμού αποστράγγισης και τη δεξαμενή διαφυγής του πλοίου με την τελευταία να είναι εξοπλισμένη με ένα σημείο δειγματοληψίας ανίχνευσης αερίου.

Οι παρακάτω συναγερμοί και αποζεύξεις είναι διαθέσιμες.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΤΙΚΕΤΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
PIT2	Πίεση εξόδου αερίου. Φυσιολογική 0,12 bar
TT2	Θερμοκρασία εξόδου αερίου Φυσιολογική -140°C ~ +20°C/Εύρος -200~+50°C
TIC2	Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου αερίου Εκφόρτιση υγραερίου -140°C/Καθαρισμού +20°C Αδράνειας +20°C/Εξαναγκαστική εξάτμιση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης +66°C
TSLL4	Θερμοκρασία συμπύκνωσης, διακόπτης απόζευξης Χαμηλό- χαμηλό [Low-Low] Φυσιολογική +150°C ~+190°C Εύρος 0~200°C απόζευξη Low- Low: +66°C
TE4	Θερμοκρασία συμπυκνώματος Φυσιολογική +150°C~+190°C Εύρος 0~200°C
LSH4	Επίπεδο συμπύκνωσης θερμαντήρα αερίου. Υψηλός συναγερμός [High]
LSHH4	Επίπεδο συμπύκνωσης θερμαντήρα αερίου. Απόζευξη High-High

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

Σχέιο 4.7 α Εξατμιστήρας εξαναγκαστικής εξάτμισης



## 5.1. Γενικά

(βλ. σχέδιο 4.7.a)

Ο εξατμιστήρας εξαναγκαστικής εξάτμισης χρησιμοποιείται για την εξάτμιση υγρού υγραερίου για την παροχή καυσίμου για την καύση στους καυστήρες ως συμπλήρωμα στη φυσική εξάτμιση. Τόσο οι εξατμιστήρες υγραερίου όσο και οι εξατμιστήρες εξαναγκαστικής εξάτμισης βρίσκονται στο δωμάτιο συμπιεστή του πλοίου.

Ο εξατμιστήρας εξαναγκαστικής εξάτμισης χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα καυσίμου εξάτμισης για καύση αερίου καυσίμου μέχρι και 105% του MCR.

Το υγραέριο παρέχεται από μια αντλία αποστράγγισης/ψεκασμού. Η ροή υγραερίου ελέγχεται από μια αυτόματη βαλβίδα τροφοδότησης εισόδου η οποία λαμβάνει σήμα από το σύστημα διαχείρισης αερίου εξάτμισης.

### Προδιαγραφές

Κατασκευαστής:

Cryostar

Μοντέλο:

34-UT-25/21-3.6

Τύπος/Είδος:

BEU

Πλευρά αυλού (Διαδικασία υγροποίησης)	Μονάδα	Περίσταση λειτουργίας
		εξαναγκαστική εξάτμιση
Ροή μάζας	kg/h	7.502
Ροή όγκου εισόδου	m <sup>3</sup> /h	17
Ροή όγκου εξόδου	m <sup>3</sup> /h	7.444
Θερμοκρασία εισόδου	°C	-163
Θερμοκρασία εξόδου (μη ελεγχόμενη)	°C	-39
Θερμοκρασία εξόδου (ελεγχόμενη)	°C	-40
Πίεση εισόδου	bar	4
Πίεση εξόδου	bar	0,2
Πτώση πίεσης (υπολογισμένη)	bar	1,77
Ανταλλαγή πίεσης (πραγματική)	kW	1.649
Πίεση σχεδίου	bar	10
Θερμοκρασία σχεδίου	°C	-196/+220

Πλευρά κελύφους (κορεσμένος ατμός)	Μονάδα	Περίσταση λειτουργίας
		εξαναγκαστική εξάτμιση
Κατανάλωση ατμού	kg/h	2.895
Θερμοκρασία εισόδου	°C	169
Θερμοκρασία εξόδου	°C	περίπου 164
Πίεση εισόδου	bar	7,0
Πίεση εξόδου	bar	7,0
Πίεση σχεδίου	bar	10,0
Θερμοκρασία σχεδίου	°C	+220

Οι συναγερμοί παρέχονται για τη θερμοκρασία του αερίου εξόδου και για υψηλό επίπεδο συμπύκνωσης νερού και χαμηλής θερμοκρασίας.

Ο κάθε εξατμιστήρας εξαναγκαστικής εξάτμισης είναι εξοπλισμένος με ένα σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας για να επιτευχθεί μια συνεπής και σταθερή θερμοκρασία εκφόρτισης για τις διάφορες λειτουργίες. Η θερμοκρασία του αερίου που παράγεται προσαρμόζεται με τον ψεκασμό μιας ορισμένης ποσότητας υγρού παράκαμψης στην πλευρά εξόδου του εξατμιστήρα μέσω μιας βαλβίδας ελέγχου θερμοκρασίας και ακροφύσιων έκχυσης υγρού.

Και οι δύο αυλοί του εξατμιστήρα τοποθετούνται μέσα σε σπειροειδή καλώδια για την πρόληψη των αναταράξεων, την εξασφάλιση επαρκούς μεταφοράς θερμότητας και την παραγωγή υπέρθερμου ατμού υγραερίου κατά την έξοδο από τους αυλούς. Χρησιμοποιείται επίσης ένας επανεξατμιστής για να αποφευχθεί η ενσωμάτωση μη εξατμισμένου υγρού κατά την εκφόρτιση του εξατμιστήρα και για να παραμείνει σταθερή η θερμοκρασία εξόδου.

Αυτό επιτυγχάνεται μέσω:

- 1) Δύο κόσκινων που είναι τοποθετημένα στο ίχνος ροής αερίου για τη διάσπαση των σταγονιδίων και τη δημιουργία των απαιτούμενων αναταράξεων για τη διάσπαση των μικρών σταγονιδίων που εκχέονται σε μια ομίχλη υγρού αερίου και για την ενυδάτωση της καλωδίωσης των κόσκινων που δρουν ως επιφάνεια εξάτμισης.
- 2) Δύο κωνικά διαφράγματα που είναι εγκατεστημένα στον αυλό για να επιτραπεί η τελική κατεύθυνση του συσσωρευμένου υγρού στη ροή αερίου στο κάτω μέρος της σωλήνωσης.

## 5.2. Προετοιμασία του εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης για χρήση.



- 1) Ανοίξτε τη βαλβίδα εξαερισμού από την πλευρά του κελύφους.
- 2) Ανοίξτε της βαλβίδες αποστράγγισης της πλευράς του κελύφους. Βεβαιωθείτε ότι οι βαλβίδες αποστράγγισης συμπυκνώματος είναι ανοιχτές.
- 3) Ανοίξτε τη χειροκίνητη βαλβίδα παροχής ατμού SC304 (Βεβαιωθείτε ότι η ρύθμιση «steam to deck» είναι διαθέσιμη).
- 4) Όταν όλος ο αέρας έχει αποβληθεί από το κέλυφος, κλείστε αεροστεγώς τη βαλβίδα εξαερισμού.
- 5) Μετά από 30 λεπτά όταν η πίεση και η θερμοκρασία του εξατμιστήρα έχουν σταθεροποιηθεί, ανοίξτε σταδιακά τη χειροκίνητη βαλβίδα εισόδου ατμού.
- 6) Ανοίξτε την παροχή αέρα οργάνων στους ελεγκτές του εξατμιστή.
- 7) Στο CCR ρυθμίστε τους ελεγκτές για τον εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης στο μιμικό του λογισμικού απομακρυσμένου ελέγχου.
- 8) Γεμίστε τον εξατμιστήρα με υγρό χρησιμοποιώντας τον χειροκίνητο έλεγχο. Ελέγξτε όλους τους συζευκτήρες και της ενώσεις για οποιοδήποτε σημάδι διαρροής.
- 9) Όταν ξεκινήσει η παραγωγή ατμού αλλάξτε τη ρύθμιση του ελεγκτή για τη βαλβίδα υγρού στην επιλογή «remote and automatic».

### Προσοχή

Πρέπει να πραγματοποιούνται εκτενείς έλεγχοι γύρω από τον εξατμιστήρα υγραερίου και τις συνδέσεις συζευκτών καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας.

Κατά την ολοκλήρωση της λειτουργίας:

- 1) Κλείστε βαλβίδα υγρού CS504.
- 2) Κλείστε τη βαλβίδα παροχής ατμού SC304 όταν έχει τελειώσει το υγραέριο.
- 3) Ανοίξτε τον εξαερισμό της πλευράς του κελύφους μετά την αποστράγγιση και όταν έχει εξατμιστεί όλος ο ατμός.
- 4) Κρατήστε τη βαλβίδα της πλευράς του ατμού ανοιχτή στο σύστημα μέχρι ο εξατμιστήρας να φτάσει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- 4) Ανοίξτε τη βαλβίδα εξαερισμού της πλευράς κελύφους.

## 5.3. Ελεγκτής ροής εξόδου εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης

Για να ελέγξει τη ροή εξόδου, το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου υπολογίζει αρχικά το ρυθμό ροής από τη θερμοκρασία και την πίεση εξόδου καθώς και τη διαφορική πίεση που δημιουργείται

στο στόμιο. Μετά από αυτό, ο βρόχος ελέγχου ροής προσαρμόζει τη βαλβίδα ελέγχου ροής έτσι ώστε να ταυτιστεί με την επιθυμητή τιμή της υπολογισμένης ροής.

Στην περίπτωση που η πίεση της κεφαλής ατμού είναι μεγαλύτερη από 200 mbar, η κύρια βαλβίδα καύσιμου αερίου έχει αποζευχθεί ή έχει εντοπιστεί κάποιο σήμα απόζευξης κατά τη διάρκεια του αυτόματου ελέγχου της ροής εξόδου, ο συγκεκριμένος ελεγκτής ροής ρυθμίζεται σε χειροκίνητη θέση και η έξοδος του ρυθμίζεται στο 0%. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται το ότι δε θα ανοίξει η βαλβίδα ελέγχου εισόδου όταν ο εξατμιστήρας επιστέψει σε κανονική κατάσταση.

Η λογική ελέγχου χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ροής εξόδου και ο διακόπτης παρακολούθησης που είναι ενσωματωμένος στην καμπίνα λογισμικού απομακρυσμένου ελέγχου χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί κατά πόσο η πίεση της κεφαλής ατμού είναι μεγαλύτερη από 200mbar.

Στην περίπτωση που μία από τις αντλίες αποστράγγισης ή ψεκασμού δε λειτουργεί ή η βαλβίδα αποκλεισμού εισόδου του εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης δεν είναι ανοιχτή, ο τρόπος ελέγχου ρυθμίζεται στο «MAN» και δεν μπορεί να αλλάξει σε «AUTO».

#### **4. Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης**

Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας εξόδου, το λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου προσαρμόζει την πνευματική βαλβίδα παράκαμψης ελέγχου σύμφωνα με την υπολογισμένη θερμοκρασία εξόδου. Στην περίπτωση που η πίεση της κεφαλής του ατμού είναι μεγαλύτερη από 200mbar, η κύρια βαλβίδα αερίου έχει αποζευχθεί ή έχει εντοπιστεί κάποιο σήμα απόζευξης κατά τη διάρκεια του αυτόματου ελέγχου της θερμοκρασίας εξόδου, αυτός ο ελεγκτής θερμοκρασίας τίθεται σε χειροκίνητη θέση και η έξοδος του ρυθμίζεται στο 0%. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται το ότι δε θα ανοίξει η βαλβίδα ελέγχου εισόδου όταν ο εξατμιστήρας επιστέψει σε κανονική κατάσταση.

Επιπλέον, εάν η θερμοκρασία εξόδου είναι πολύ χαμηλή οι ελεγκτές ροής και θερμοκρασίας τίθενται σε χειροκίνητη θέση και η έξοδος ρυθμίζεται στο 0%. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι οι βαλβίδες ελέγχου εισόδου και παράκαμψης δεν θα είναι ανοιχτές όταν ο εξατμιστήρας επιστέψει σε κανονική κατάσταση.

Το σήμα υψηλής πίεσης στην κεφαλή ατμού παράγεται από τον πίνακα παρακολούθησης που βρίσκεται μέσα στην καμπίνα λογισμικού απομακρυσμένου ελέγχου και το πολύ χαμηλό σήμα θερμοκρασίας εξόδου παράγεται από την παράμετρο «PVLLTP» του ονόματος ετικέτας. Τα παραπάνω σήματα που παράγονται στο λογισμικό απομακρυσμένου ελέγχου περνάνε στον τοπικό πίνακα και θέτουν σε λειτουργία τη σωληνοειδή βαλβίδα για να κλείσει την παροχή αέρα στην πνευματική βαλβίδα ελέγχου.

Το συμπύκνωμα ατμού από τον εξατμιστήρα επιστρέφει στο σύστημα αποστράγγισης μέσω του ψύκτη ατμού αποστράγγισης και τη δεξαμενή διαφυγής του πλοίου με την τελευταία να είναι εξοπλισμένη με ένα σημείο δειγματοληψίας ανίχνευσης αερίου.

Οι παρακάτω συναγερμοί και αποζεύξεις είναι διαθέσιμοι:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΤΙΚΕΤΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
PIT2	Πίεση εξόδου αερίου. Φυσιολογική 0,96 bar
TT2	Θερμοκρασία εξόδου αερίου Φυσιολογική -40°C /Εύρος -100~+50°C
TIC2	Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου αερίου Φυσιολογικός 40°C
TSLL4	Θερμοκρασία συμπύκνωσης, διακόπτης απόζευξης Χαμηλός-χαμηλός [Low-Low] Φυσιολογική +150°C ~+190°C Εύρος 0~200°C απόζευξη Low-Low: +66°C
TE4	Θερμοκρασία συμπυκνώματος Φυσιολογική +150°C~+190°C Εύρος 0~+200°C
LSH4	Επίπεδο συμπύκνωσης θερμαντήρα αερίου. Υψηλός συναγερμός [High]
LSHH4	Επίπεδο συμπύκνωσης θερμαντήρα αερίου. Απόζευξη High-High

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cargo Operating Manual of LNG/C SIMAISMA ( Maran Gas Maritime )

Cryostar : Instructions for Operation and Maintenance of Vaporizing and Gas-Heating Systems Manual

Cryostar: Installation, Operation and Maintenance Manual for a Turbo-Compressor System

Delphic Basic Gas Corse ( power-point document)

### Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ABSTRACT .....	5

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο .....	7
1.1 Ιστορία Φυσικού Αερίου ( Natural Gas ) .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	8
2.1 Συμπιεστές Πλοίου ( LD/HD Compressors ) .....	8
1. Συστήματα συμπιεστή: .....	9
4. Ακολουθία εκκίνησης συμπιεστή υψηλής παροχής .....	14
5. Διαδικασίες λειτουργίας .....	16
2.1 Συμπιεστές χαμηλής παροχής ( LD Compressors ) .....	19
2.1.1. Συστήματα συμπιεστή: .....	20
2.1.2. Σύστημα ελέγχου .....	21
2.1.3. Ελεγκτής ανάστροφης πίεσης .....	22
4. Ακολουθία εκκίνησης συμπιεστή υψηλής παροχής (βλ. σχήμα 4) .....	26
5. Ακολουθία τερματισμού του συμπιεστή υψηλής παροχής .....	26
3. Διαδικασίες λειτουργίας .....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	31
3. Θερμαντήρες αερίου ( Gas Heaters ) .....	33
3.1. Γενικά .....	33
3.3 Διαμόρφωση θέρμανσης αερίου εξάτμισης .....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	38
4 Εξατμιστήρας υγραερίου ( LNG Vaporizer ) .....	40
4.1. Γενικά .....	40
4.2. Εκφόρτιση υγραερίου χωρίς επιστροφή ατμού από τη στεριά .....	41
4.3. Διαδικασία λειτουργίας για να τεθεί σε λειτουργία ο εξατμιστήρας υγραερίου .....	42
4.4. Ελεγκτής ροής εξόδου εξατμιστήρα υγραερίου .....	43
4.5. Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου εξατμιστήρα υγραερίου .....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	45
5.1. Γενικά .....	47
5.2. Προετοιμασία του εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης για χρήση .....	48
5.3. Ελεγκτής ροής εξόδου εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης .....	49
4. Έλεγχος θερμοκρασίας εξόδου εξατμιστήρα εξαναγκαστικής εξάτμισης .....	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	51