

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΜΟΝΑΔΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ  
ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ L.N.G**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΒΑΡΒΑΡΗΓΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΧΙΛΙΤΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

2016

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΜΟΝΑΔΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ  
ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ L.N.G**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΒΑΡΒΑΡΗΓΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΑΜ: 5152**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Ο Κύριος σκοπός του συστήματος επανυδροποίησης είναι να παρέχει την χειραγώγηση της πίεσεως στις δεξαμενές φορτίου LNG, μέσω της υδροποίησης των αναθυμιάσεων που δημιουργούνται σε αυτές, κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του πλοίου και να ελέγχει κάθε αεριοποιημένο υγρό το οποίο δεν καταναλώθηκε από τις DFDEs (Dual Fuel Diesel Engines), όπως και να προστατεύει τις δεξαμενές από καταπονήσεις λόγω αύξησης πίεσης.

Το σύστημα προορίζεται να λειτουργεί παράλληλα με τις DFDEs & το GCU (Gas Combustion Unit), και να υδροποιεί τις αναθυμιάσεις (BOG) οι οποίες δεν καταναλώνονται από τις DFDEs. Εναλλακτικά, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί χωρίς την απαραίτητη λειτουργία των μηχανών.

Η επανυδροποίηση επιτυγχάνεται με την υδροποίηση του BOG στην τυπική πίεση των 5.5 bar, όπου το άζωτο είναι το ψυκτικό μέσο.

Σε μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο, μόνο μερική επανυδροποίηση θα επιτευχθεί. Μη υδροποιήσιμα αέρια, εκ των οποίων κυρίως το άζωτο, θα εκκαθαρίζονται συνεχόμενα από τον διαχωριστή κατά την διάρκεια κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης. Η διαδικασία εκκαθάρισης θα σταματά αυτόματα όταν η περιεκτικότητα σε άζωτο του φορτίου θα έχει μειωθεί επαρκώς. Η απελευθέρωση των μη υδροποιήσιμων αερίων είναι μια ειδική ενέργεια που μειώνει αρκετά την κατανάλωση ισχύος σε σύγκριση με να συστήματα που υδροποιούν και την αμελητέα ποσότητα αζώτου αναμιγμένη με τις αναθυμιάσεις φορτίου(boil-off gas).

Η εγκατάσταση επανυδροποίησης αποτελείται από ένα σύστημα, βασισμένο σε κλειστό κύκλο ψύξεως αζώτου χωρίς περίσσια. Η εγκατάσταση είναι σχεδιασμένη για αυτόματη διαχείριση χωρητικότητας από 20% έως και 100%. Ο κύκλος αζώτου μπορεί να είναι ενεργοποιημένος και σε κατάσταση stand by. Σε αυτήν την κατάσταση το σύστημα παραμένει κρύο χρησιμοποιώντας την λιγότερο δυνατή ηλεκτρική ενέργεια.

Το σύστημα αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

- Κύκλος Αζώτου (N2 Loop)
  - Κύκλος αναθυμιάσεων (BOG Loop)
- Και βοηθητικά μηχανήματα

## Abstract

The main purpose of the reliquefaction system is to provide the cargo tank pressure control by liquefying boil-off from the cargo tanks during normal ship operations and controlling any vapor that is not consumed by the DFDEs, thus protecting the cargo tanks from over-pressurizing.

The system is intended to operate in parallel with the DFDEs & GCU, and to reliquefy BOG that is not consumed by the DFDEs. Alternatively, the system may operate without the DFDEs running.

Reliquefaction is accomplished by condensing the BOG not consumed by the DFDEs at a pressure of typically 5.5 bar, where nitrogen gas is the refrigerant.

At a high N<sub>2</sub> contents, only partial reliquefaction will be achieved. Non-condensable gas, which will be mainly N<sub>2</sub>, will be purged continuously from the separator during plant operation. The purging will stop automatically when N<sub>2</sub>-content of the cargo has been lowered sufficiently. Venting of the non-condensable gas is a special feature that reduces the power consumption considerably compared to systems that liquefy the Nitrogen fraction of the boil-off gas.

The reliquefaction plant consists of one unit based on a closed nitrogen refrigeration cycle without redundancy. The plant is designed for automatic capacity control from 20% to 100%. The nitrogen cycle can be operated in standby mode. In this mode the plant is kept cold by using the minimum electrical power.

The system basically consists of two parts:

- Nitrogen Cycle
  - Bog Cycle
- Auxiliary systems

## Πρόλογος

Υγροποιημένο αέριο ονομάζεται η υγρή μορφή μίας ουσίας, η οποία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και υπό ατμοσφαιρική πίεση, θα ήταν σε αέρια μορφή. Τα περισσότερα υγροποιημένα αέρια είναι υδρογονάνθρακες, που αποτελούν βασική πηγή ενέργειας, αλλά οι ιδιότητες τους, τους καθιστούν ταυτόχρονα επικίνδυνους.

Ο κύριος σκοπός του συστήματος επανυγροποίησης ,σε συνδυασμό με το dual Fuel Diesel Engine (DFDE) σύστημα είναι να παρέχουν έλεγχο της πίεσης της δεξαμενής φορτίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την υγροποίηση των αναθυμιάσεων του φυσικού αερίου (boil-off) από τις δεξαμενές φορτίου του πλοίου σε κανονική λειτουργία του πλοίου.

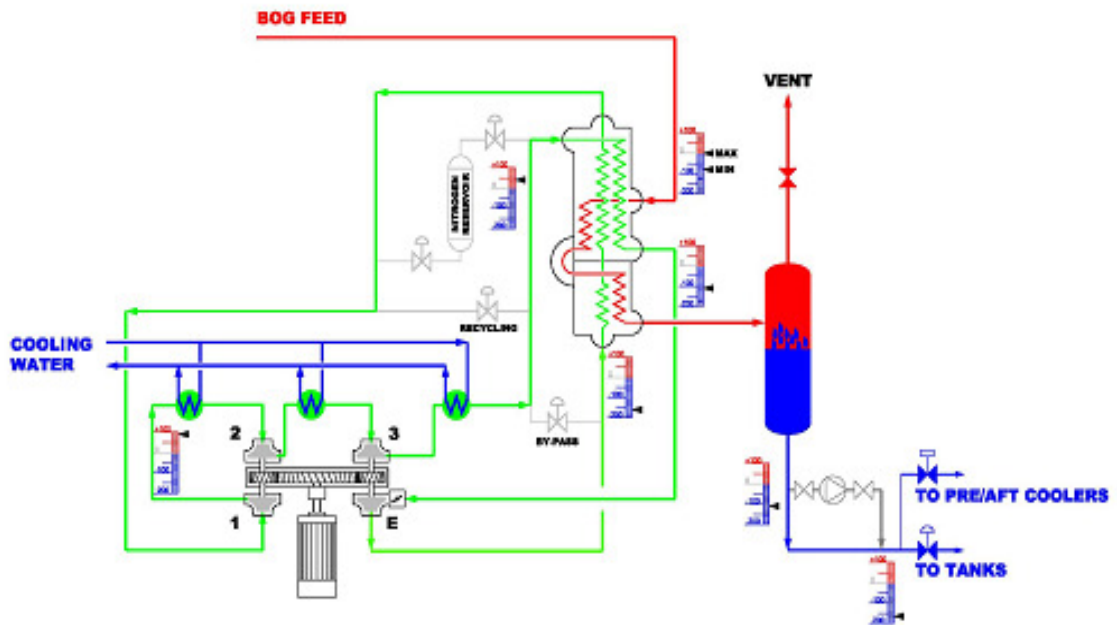
Οι αναθυμιάσεις (boil-off gas) από τις δεξαμενές φορτίου συλλέγονται σε μια κεφαλή (vapor main header), ψύχονται (pre cooler) ,συμπιέζονται από έναν φυγοκεντρικό συμπιεστή δύο σταδίων (Low Duty Compressor), ψύχονται πάλι αμέσως μετά την έξοδό τους (after cooler)και συμπυκνώνονται σε έναν μεγάλο θερμικό εναλλάκτη πολλαπλών κατευθύνσεων. Το συμπύκνωμα οδηγείται πίσω στις δεξαμενές φορτίου είτε μέσω της διαφοράς πίεσεως είτε μέσω της αντλίας επιστροφής υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG return pump).

Το LD compressor βρίσκεται σε λειτουργία για να παρέχει σταθερή πίεση κατάθλιψης, κατά την διάρκεια που το σύστημα DFDE θα λειτουργεί βάση των απαιτήσεων προώσεως. Το σύστημα επανυγροποίησης λειτουργεί για να παρέχει σταθερή πίεση στις δεξαμενές φορτίου. Εάν η πίεση σε αυτές αυξάνεται , το σύστημα επανυγροποίησης θα αυξήσει την παροχή στην εισαγωγή του Coldbox επομένως και την ικανότητα ολόκληρου του συστήματος. Αυτό θα επιτευχθεί με το να αυξηθεί η πίεση αναρρόφησης του Comrander, που σαν αποτέλεσμα θα έχει την αύξηση της ικανότητας συμπυκνώσεως των αναθυμιάσεων (BOG).

Το σύστημα αυτό αποτελείται από δύο κύκλους :

Τον κύκλο Boil-off gas (αναθυμιάσεις) **κόκκινα**

Τον κύκλο N<sub>2</sub> ( άζωτο) **πράσινα**



Στοιχειοθεσία LNG(mole%)

Nitrogen	0.60
Methane	95.51
Ethane	3.18
Propane	0.60
i-Butane	0.11

Στοιχειοθεσία αναθυμιάσεων BOG(mole%)

Nitrogen	17.247
Methane	82.749
Ethane	0.005

# Κεφάλαιο 1

## Κύκλος φορτίου (BOG Loop)

Ο κύκλος φορτίου αποτελείται από ένα κρυογονικό εναλλάκτη θερμότητας, διαχωριστή, αντλίες και επιστόμια. Το BOG παρέχεται με περίπου 5.5bar, σε θερμοκρασία από 0° έως και 50°C στο σύστημα επανυγροποίησης.

Το BOG ψύχεται στο πάνω μέρος του κρυογονικού εναλλάκτη θερμότητας και συμπυκνώνεται στο κάτω μέρος του. Το υγρό, τότε, μεταφέρεται στον διαχωριστή. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο από τον διαχωριστή επιστρέφει στις δεξαμενές φορτίου, χρησιμοποιώντας την διαφορά πίεσεως μεταξύ του διαχωριστή και των δεξαμενών φορτίου, μέσω ενός επιστομίου στον διαχωριστή που ελέγχει την στάθμη του υγρού βάση της στάθμης του. Η επιστροφή του υγρού μπορεί να επιτευχθεί επίσης μέσω της αντλίας LNG.

Κάποια ποσότητα του υγρού θα χρησιμοποιηθεί για την ψύξη του Low Duty compressor. Αυτή η παροχή υγρού θα παρθεί αντίθετα της φοράς της ροής του επιστομίου ελέγχου της στάθμης του υγρού, αλλά με την φορά της αντλίας LNG transfer. Εάν το αέριο μετά του LD compressor χρειάζεται επιπλέον ψύξη, η αντλία LNG transfer θα πρέπει να τεθεί σε λειτουργία, αποδίδοντας πίεση 2-3 bar περισσότερο από την πίεση κατάθλιψης του LD compressor.

Η πλούσια σε άζωτο φάση, μπορεί να επιστραφεί στις δεξαμενές φορτίου μέσω της γραμμής υγροποιημένου φυσικού αερίου, ή να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα από τον κρουνό απελευθέρωσης (vent mast). Όταν οι αναθυμιάσεις δεν έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο τότε δεν θα χρειαστεί καμία απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα. Σε αυτήν την περίπτωση το επιστόμιο απελευθέρωσης του διαχωριστή θα παραμένει κλειστό.

### Ο κύκλος BOG αποτελείται από τα εξής κύρια μηχανήματα:

- Precooler - ψυγείο ( πριν τον συμπιεστή)
- LD Compressors (2)
- Aftercooler – ψυγείο (μετά τον συμπιεστή)
- LNG return pump - αντλία επιστροφών επανυγροποιημένου LNG
- Κρυογονικό θερμικό εναλλάκτη πλακών-πτερυγίων (κομμάτι του Coldbox\*)
- Μηχανικός διαχωριστής συμπυκνωμένου BOG (κομμάτι του Coldbox\*)
- Βοηθητικά συστήματα

\*Ο κρυογονικός θερμικός εναλλάκτης πλακών-πτερυγίων και ο διαχωριστής είναι συναρμολογημένοι σε μια κλειστή μονάδα που ονομάζεται Coldbox

- **LD Compressor**

Το Low Duty compressor είναι ένας φυγοκεντρικός συμπιεστής ,δύο σταδίων, με ένα ψυγείο πριν (Precooler)και ένα ψυγείο μετά (Aftercooler). Βάνες με οδηγούς διάχυσης (DGV) είναι τοποθετημένες σε κάθε στάδιο για να προσφέρουν έλεγχο της ποσότητας αλλά και της πίεσης του φορτίου που συμπιέζεται.

Ο σκοπός του LD compressor είναι να διατηρεί σταθερή πίεση κατάθλιψης, μεταξύ 4.5-5.5bar, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η παροχή αερίου στις DFDEs για την κανονική λειτουργία τους. Το LD compressor παρέχει παράλληλα αέριο στο σύστημα επανυγροποίησης αναθυμιάσεων φυσικού αερίου και στο GCU.

Το LD compressor απορροφά αναθυμιάσεις από τις δεξαμενές φορτίου και τις συμπιέζει σε πίεση περίπου 5.5bar και θερμοκρασία από 0° έως 50°C που καταθλίβονται στον κύκλο BOG.

Το εισερχόμενο αέριο στο LD compressor ψύχεται, από -100° έως -120°C, στο precooler,(εξαρτάται από την θερμοκρασία αναρρόφησης), και έπειτα οδηγείται στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Το εξερχόμενο αέριο θα ψύχεται στους +40°C στο after cooler. Το precooler και το aftercooler,χρησιμοποιούν το ίδιο το LNG ως ψυκτικό μέσο, το οποίο μπορεί να παρθεί είτε από το σύστημα επανυγροποίησης μέσω της αντλίας LNG, είτε από τις δεξαμενές φορτίου μέσω της αντλίας αερίου προς καύση (fuel gas pump).

#### Διαχείριση πίεσεως καταθλίψεως του LD compressor

Όταν το LD compressor είναι σε λειτουργία, ο ελεγκτής πίεσεως θα είναι εκείνος ,μαζί με τα DGV, που θα ελέγχουν το επιστόμιο επανακυκλοφορίας με σκοπό την χειραγώγηση της πίεσεως καταθλίψεως. Έτσι όταν η πίεση καταθλίψεως πέσει κάτω από το επιτρεπτό όριο, τότε το επιστόμιο επανακυκλοφορίας θα κλείσει και τα DGV θα ανοίξουν. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παροχής και της πίεσης ανάλογα. Έτσι όταν τα DGV είναι ανοιχτά, και λαμβάνοντας υπόψη την αντιστρόφως ανάλογη κίνηση τους, θα έχουμε την 100% ικανότητα του LD compressor.

Με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας κοιλοτήτων στην αντλία LNG, η πίεση κατάθλιψης του LD compressor δεν πρέπει να έχει διαφορές με ρυθμό που θα ξεπερνά τα -0.2bar/min.

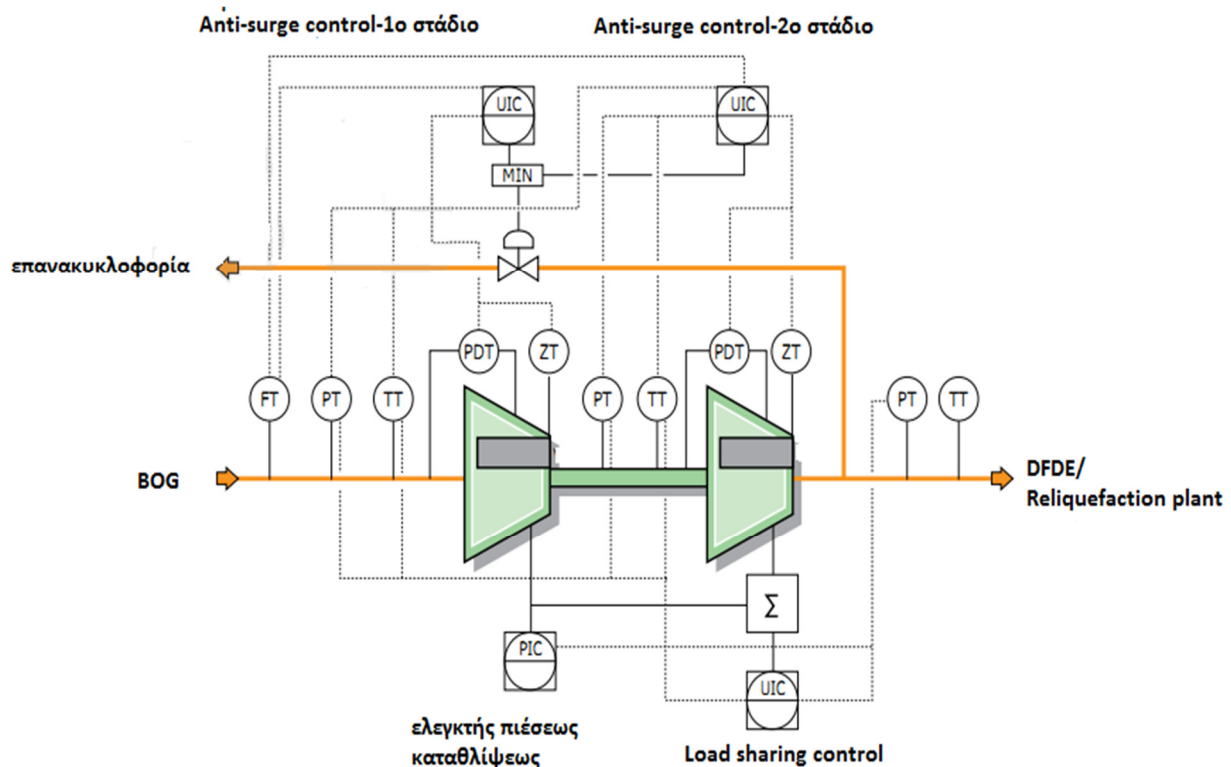


## Ελεγκτές (controllers) ασφαλείας του LD compressor

Υπάρχουν τρεις ελεγκτές ασφαλείας (ελεγκτής κατανομής φορτίου και ελεγκτής αποφυγής απότομης αύξησης πίεσης), οι οποίοι διατηρούν το LD compressor σε ασφαλή λειτουργία.

Ο ελεγκτής κατανομής φορτίου (load sharing controller), είναι ένας ελεγκτής που ισορροπεί τις πιέσεις μεταξύ των δύο σταδίων του συμπιεστή. Αυτός ο ελεγκτής ενεργεί στο 2<sup>ο</sup> στάδιο αφού συγκρίνει τις πιέσεις στα δύο στάδια, με σκοπό την δομή της σταθερής πίεσης καταθλίψεως.

Για την προστασία του συμπιεστή από απότομη αύξηση πίεσης (surge), υπάρχουν δύο ελεγκτές (anti-surge controllers). Ένας για κάθε στάδιο. Βασισμένος στις συνθήκες αναρρόφησης του κάθε σταδίου, το σύστημα υπολογίζει τον μέγιστο λόγο πίεσης για κάθε στάδιο. Αυτές οι μετρήσεις συμπεριλαμβανομένων και των ορίων ασφαλείας, θα χρησιμοποιηθούν ως set points για τους anti-surge controllers. Οι πραγματικοί μετρημένοι λόγοι πίεσης συγκρίνονται με το set point. Η έξοδος του ελεγκτή θα ενεργούν στο anti-surge valve εάν οι λόγοι πίεσης είναι μεγαλύτεροι από το set point.



**ΣΧΗΜΑ: εγκατάσταση ελεγκτών ασφαλείας του LD compressor**

- **Cold Box**

Οι συμπιεσμένες αναθυμιάσεις, μεταφερόμενες από το LD compressor, ψύχονται και συμπυκνώνονται σε έναν πολλαπλών κατευθύνσεων κρυογονικό θερμικό εναλλάκτη.

Το Coldbox έχει τρία περάσματα-κατευθύνσεις:

- Πέρασμα 1<sup>ο</sup>- Οι αναθυμιάσεις ρέουν από πάνω προς τα κάτω όπου ψύχονται και συμπυκνώνονται.
- Πέρασμα 2<sup>ο</sup>- Το θερμό και υψηλής πίεσης άζωτο μετά του τρίτου σταδίου συμπίεσης, ρέει από πάνω προς τα κάτω και ψύχεται.
- Πέρασμα 3<sup>ο</sup>- Το ψυχρό άζωτο ρέει από κάτω προς τα πάνω , ψύχει τις αναθυμιάσεις (πέραςμα 1<sup>ο</sup>), και το άζωτο (πέραςμα 3<sup>ο</sup>)

Η θερμοκρασία στον θερμικό εναλλάκτη είναι χαμηλότερη στο κάτω μέρος του (περίπου -163°C) και υψηλότερη στο πάνω μέρος του (περίπου 39°C). Είναι σημαντικό η διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ των τριών ροών να μην είναι μεγαλύτερη από την αναδεικνυόμενη οριακή τιμή σχεδίασης για το coldbox. Μια μεγάλη διαφορά θερμοκρασιών, μπορεί να προκαλέσει αρκετή θερμική καταπόνηση των μετάλλων, προκαλώντας σχισμές-κρακ και διαρροές στο coldbox. Οι δικλίδες ασφαλείας, του κρυογονικού θερμικού εναλλάκτη, είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε εάν οι θερμοκρασίες ξεπεράσουν τις παραμέτρους σχεδίασης, το coldbox να προστατευτεί.

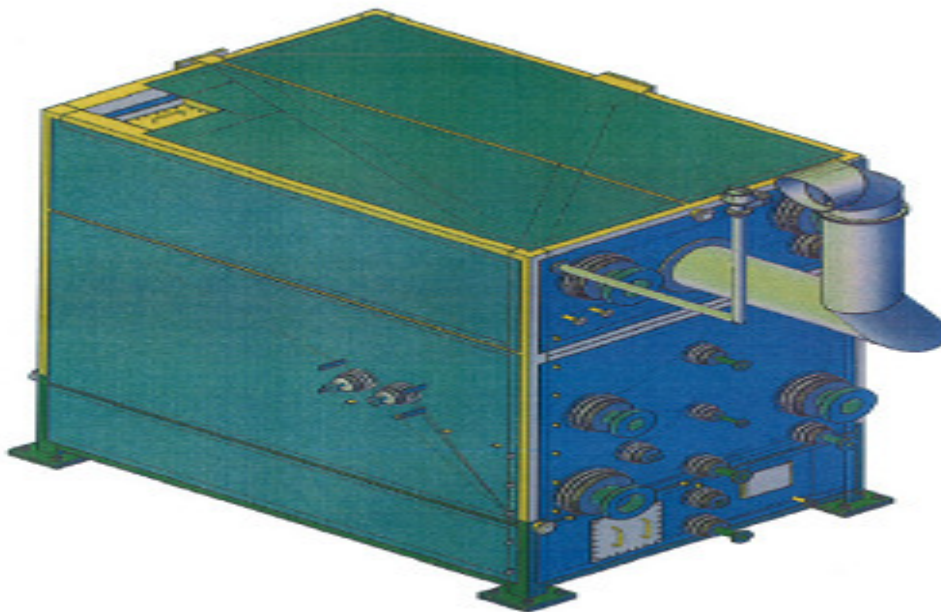
Το κρύο και χαμηλής πίεσης άζωτο ρέει από το κάτω μέρος του κρυογονικού θερμικού εναλλάκτη προς το επάνω.

Η θερμοκρασία του θερμικού εναλλάκτη ελέγχεται να αλλάζει με ανώτερο ρυθμό 1°C το λεπτό. Για την αποτροπή της γρηγορότερης μεταβολής στην θερμοκρασία του cold box, χρησιμοποιούνται ειδικές βαλβίδες αποτροπής διαστολής (expander bypass valve).

### Επιστόμιο τροφοδοσίας του Coldbox

Αυτό το επιστόμιο είναι αυτόματα ενεργοποιήσιμο. Θα ανοίξει κλιμακωτά εάν έχει δοθεί εντολή εκκίνησης του συστήματος επανυγροποίησης σε κανονικές συνθήκες και όταν το coldbox είναι έτοιμο να δεχθεί boil-off gas (τυπικά stand-by mode). Ο χρόνος του κλιμακωτού ανοίγματος του επιστομίου είναι ορισμένος σε αρκετά λεπτά με σκοπό την αποτροπή της συρροής των αναθυμιάσεων στο coldbox. Αυτό θα προκαλούσε βλαπτική καταπόνηση στο coldbox αλλά και αστάθεια σε όλη την εγκατάσταση διαχείρισης αερίου (Gas Management System).

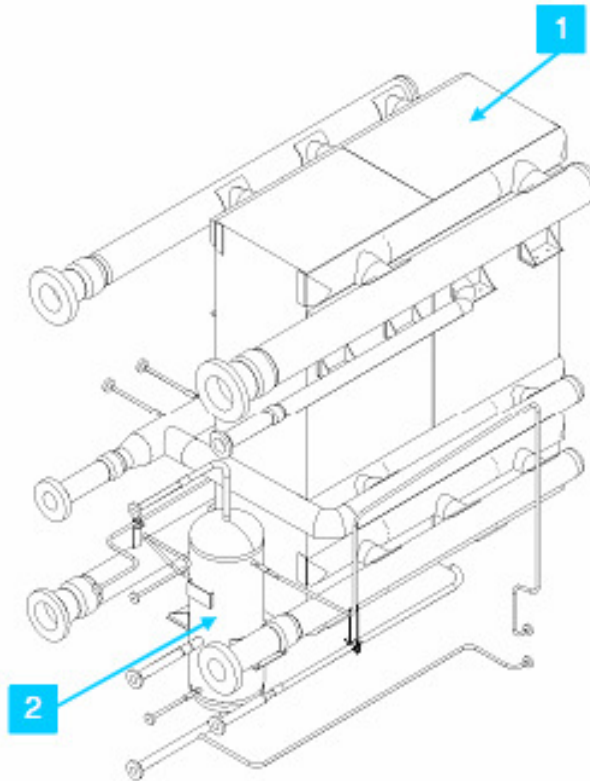
Κατά την εντολή κράτησης της εγκατάστασης επανυγροποίησης, η εγκατάσταση θα μειώσει σταδιακά την ικανότητα του N2 Comrander μέχρι να επιτευχθεί η μικρότερη πίεση στο μηχάνημα. Η περίσσια πίεση στο σύστημα διαχείρισης αερίου θα χειραγωγηθεί από το DFDE bypass valve.



**ΣΧΗΜΑ: Coldbox**

**Το cold box (κάτω) αποτελείται από :**

1. Τον θερμικό εναλλάκτη πλακών – πτερυγίων (1)
2. Τον διαχωριστή (separator) (2)
3. Το σύστημα παροχής αζώτου



**ΣΧΗΜΑ : Κρυογονικός θερμικός εναλλάκτης (1) και διαχωριστής (2)**

- **Separator (διαχωριστής)**

Το επανυγροποιημένο φυσικό αέριο (LBOG) και τα μη συμπυκνωμένα αέρια διαχωρίζονται στον διαχωριστή όπου το υγρό κομμάτι επιστρέφει στις δεξαμενές φορτίου λόγω της διαφοράς πίεσεως, (μόνο όταν το LD compressor βρίσκεται σε λειτουργία) ,μεταξύ του διαχωριστή και των δεξαμενών φορτίου. Το μη συμπυκνωμένο αέριο κατευθύνεται είτε προς την ατμόσφαιρα είτε επιστρέφει στις δεξαμενές.

Κατά την λειτουργία ελεύθερης ροής (free flow mode), το LD compressor δεν λειτουργεί. Σε αυτήν την περίπτωση το επανυγροποιημένο φυσικό αέριο (LBOG), επιστρέφει στις δεξαμενές με την χρήση της αντλίας επιστροφής φυσικού αερίου (LNG return pump).

Η ποσότητα του ,κατευθυνόμενου προς την ατμόσφαιρα, αερίου θα αυξηθεί με την αύξηση της ποσότητας ,του περιεχόμενου στις αναθυμιάσεις φυσικού αερίου (BOG), αζώτου.

Κάποια ποσότητα του υγρού θα χρησιμοποιηθεί για την ψύξη του Low Duty compressor. Αυτή η παροχή υγρού θα παρθεί αντίθετα της φοράς της ροής του επιστομίου ελέγχου της στάθμης του υγρού, αλλά με την φορά της αντλίας LNG transfer.

Εάν το αέριο μετά του LD compressor χρειάζεται επιπλέον ψύξη, η αντλία LNG transfer θα πρέπει να τεθεί σε λειτουργία, αποδίδοντας πίεση 2-3 bar περισσότερο από την πίεση κατάθλιψης του LD compressor.

Ένα valve τριών κατευθύνσεων (3 way valve), οδηγεί το αέριο είτε προς την ατμόσφαιρα μέσω μιας ανεξάρτητης σωλήνωσης που καταλήγει στον κρουνό απελευθέρωσης (vent mast), ή πίσω στις δεξαμενές φορτίου μέσω μιας αυτόνομης σωλήνωσης επιστροφών (vapor-return line).

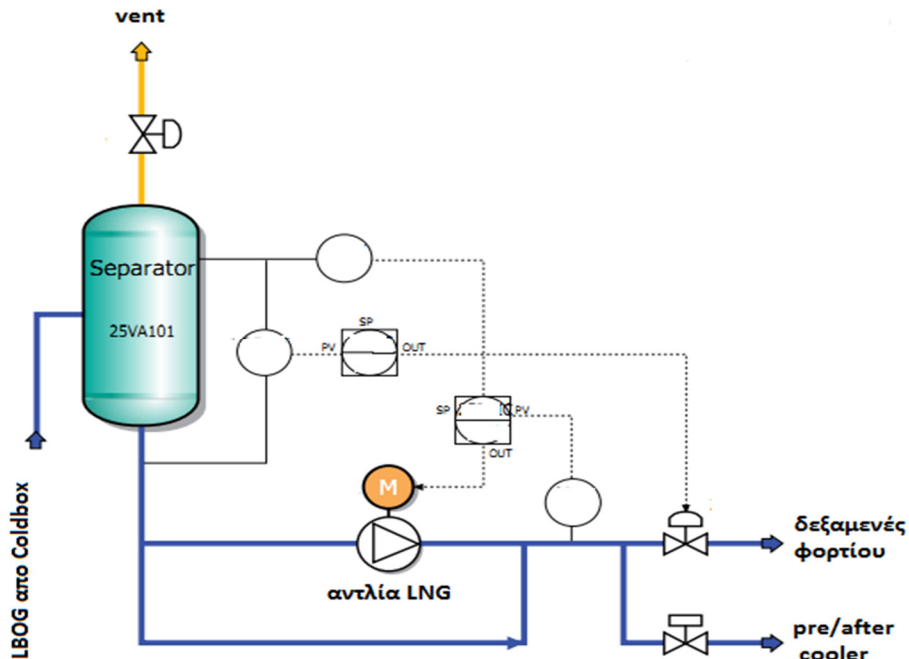
Η κατεύθυνση του three way valve είναι επιλεγόμενη από τον χειριστή.

#### Διαχείριση στάθμης διαχωριστή

Ένας ελεγκτής διατηρεί την στάθμη του LNG στον διαχωριστή προσαρμόζοντας το επιστόμιο διαχείρισης της στάθμης. Εάν παρέχεται υγρό στο ψυγείο πριν και στο ψυγείο μετά του LD compressor, το επιστόμιο διαχείρισης στάθμης θα επιστρέφει μόνο την διαφορά μεταξύ του υγρού που συμπυκνώθηκε στο coldbox και του υγρού που χρησιμοποιήθηκε για ψύξη των precooler και after cooler. Εάν το διαθέσιμο αέριο είναι λίγο και οι μηχανές καταναλώνουν το περισσότερο από αυτό, το σύστημα επανυγροποίησης πρέπει να επιστρέφει την μικρότερη ποσότητα της τάξης του 10% υγρό στις δεξαμενές φορτίου για να είναι δυνατή η διατήρηση και ο έλεγχος της στάθμης του υγρού στον διαχωριστή. Για να επιτευχθεί η μικρότερη ροή στο σύστημα επανυγροποίησης πρέπει να του δοθεί εντολή μικρότερης δυνατής ικανότητας βασισμένη στο μέγιστο ποσό υγρού προοριζόμενο για precooling και after cooling.

Εάν η στάθμη στον διαχωριστή αυξηθεί πάνω από το set point, το επιστόμιο διαχείρισης της στάθμης θα ανοίξει περισσότερο.

Εάν η στάθμη στον διαχωριστή μειωθεί κάτω από το set point, το επιστόμιο διαχείρισης της στάθμης θα κλείσει περισσότερο.



**ΣΧΗΜΑ: διαχείριση στάθμης διαχωριστή & διαχείριση πίεσης κατάθλιψης αντλίας LNG**

### Ελεγκτής Vent gas στον διαχωριστή

Η απελευθέρωση από τον διαχωριστή θα ελέγχεται με την σύγκριση της θερμοκρασίας του υγρού στον διαχωριστή και την θερμοκρασία του κορεσμένου υγρού στο σημείο απελευθέρωσης. Η θερμοκρασία των υγροποιημένων αναθυμιάσεων (LBOG) στον διαχωριστή θα μειώνεται με την αύξηση του περιεχομένου αζώτου στις αναθυμιάσεις. Εάν η θερμοκρασία στον διαχωριστή πέσει κάτω από το set point, το επιστόμιο διαχείρισης της απελευθέρωσης (vent control valve), θα ανοίξει για να μειωθεί το περιεχόμενο αζώτου στο υγρό του διαχωριστή. Επιπλέον, θα αυξηθεί η θερμοκρασία του LBOG στον διαχωριστή και θα επανέλθει στα όρια του set point.

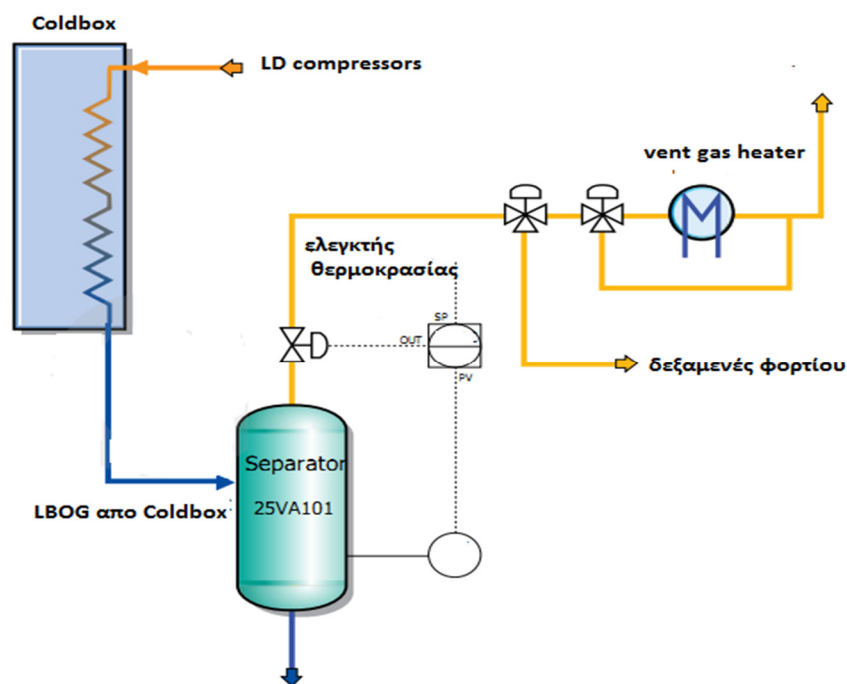
Εάν η περιεκτικότητα αζώτου στις αναθυμιάσεις είναι ψιλά, το ποσό του απελευθερωμένου αερίου θα είναι μεγάλο και επομένως το επιστόμιο διαχείρισης του απελευθερωμένου αερίου θα προσαρμοσθεί με ένα μεγαλύτερο άνοιγμα.

Εάν η θερμοκρασία του LBOG στον διαχωριστή είναι άνω του set point, τυπικά  $-160^{\circ}\text{C}$ , το vent control valve θα κλείσει. Εάν η περιεκτικότητα αζώτου στις αναθυμιάσεις είναι χαμηλή, το ποσό

του απελευθερωμένου αερίου θα είναι μικρό ή μηδενικό, επομένως το επιστόμιο διαχείρισης του απελευθερωμένου αερίου θα είναι τελείως κλειστό.

Σε κατάσταση ελεύθερης ροής (free flow mode), το vent control valve θα είναι κλειστό. Παρόλα αυτά, ανά καιρούς, κατά το ξεκίνημα της κατάστασης ελεύθερης ροής, μπορεί να είναι απαραίτητο το άνοιγμα του επιστομίου και να απελευθερωθεί το πλούσιο σε άζωτο BOG στην ατμόσφαιρα μέσω του κρουνού απελευθέρωσης (vent mast).

Ένα επιστόμιο τριών κατευθύνσεων, χειροκίνητα ελεγχόμενο από το σύστημα ελέγχου του πλοίου κατευθύνει το vent gas είτε πίσω στις δεξαμενές φορτίου είτε στον κρουνό απελευθέρωσης.



**ΣΧΗΜΑ: διαχείριση απελευθερωμένου αερίου**

- **LNG Pump**

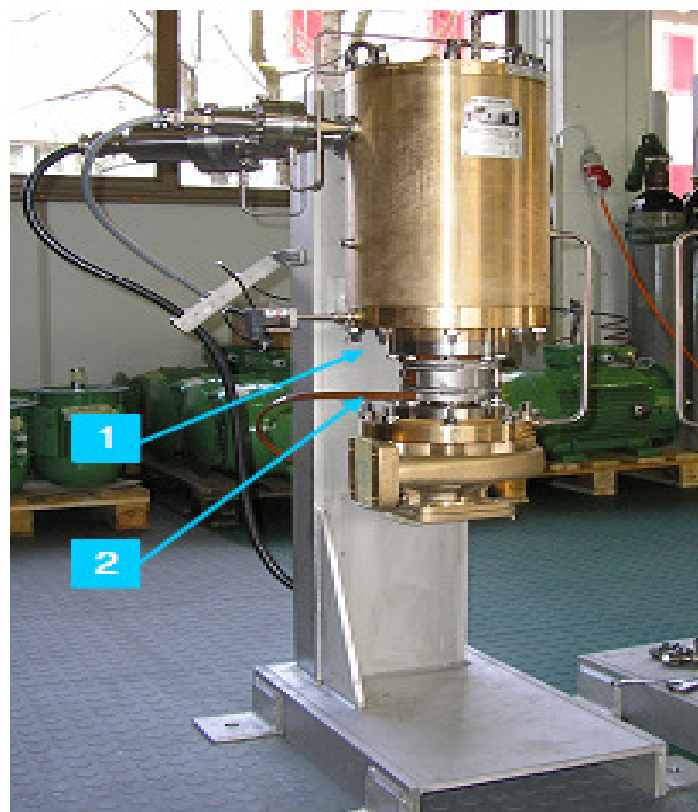
Η απόδοση της αντλίας επιστροφών υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG return pump) (1), ελέγχεται αυτόματα κατά την διάρκεια της ελεύθερης ροής (free flow operation) βασιζόμενη στην στάθμη του υγρού στον διαχωριστή (separator), αλλά επιλέγεται χειροκίνητα, από τον χειριστή, κατά την διάρκεια της εκκίνησης της. Η αντλία LNG έχει προώθηση μεταβλητής συχνότητας η οποία μεταβάλλεται με σκοπό την διαμόρφωση της διαφοράς πίεσεως εξωτερικά της αντλίας.

Η αντλία θα σταματήσει την λειτουργία της αυτόματα (trip), εάν η στάθμη του υγρού στον διαχωριστή γίνει πολύ χαμηλή.

Η αντλία LNG θα παρέχει επίσης υγρό στο ψυγείο πριν(pre-cooler), τον συμπιεστή, και στο ψυγείο μετά (aftercooler), υπό τις συνθήκες κανονικής επανυγροποίησης.

#### Διαχείριση θερμοαντήρα αντλίας LNG

Ένας θερμοαντήρας είναι εγκατεστημένος περιμετρικά του κάτω ρουλιμάν της αντλίας LNG. Ενεργοποιείται και απενεργοποιείται αυτόματα για την αποτροπή των θερμικών καταπονήσεων στην αντλία λόγω μεγάλων διαφορών θερμοκρασίας.



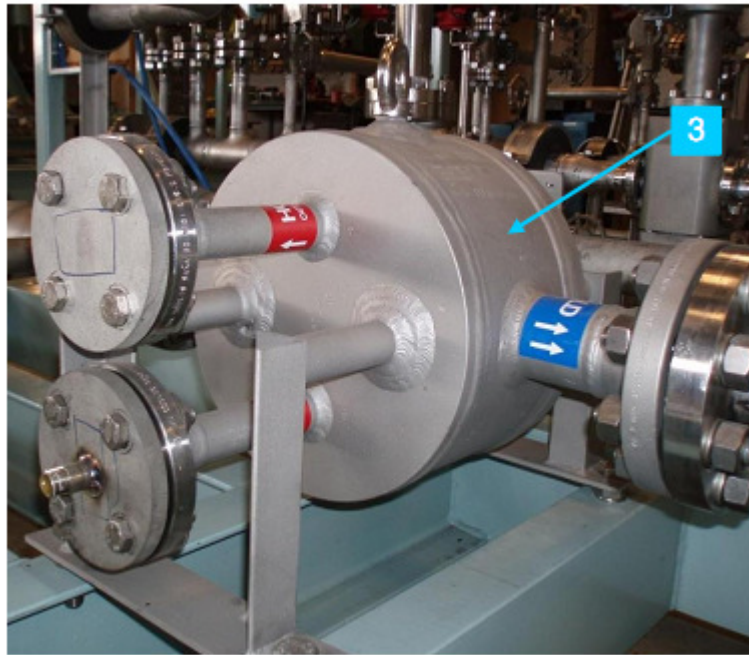
**ΣΧΗΜΑ : LNG Pump**



- **Vent Gas Heater**

Το αέριο (vent gas) θερμαίνεται στην θερμοκρασία περιβάλλοντος σε έναν εναλλάκτη θερμότητας φυσικού αερίου (vent gas heater), αντίθετα της ροής του κρουνού απελευθέρωσης (vent mast).

Η θερμοκρασία εξόδου ελέγχεται για να εξασφαλισθεί ότι η θερμοκρασία παραμένει ανάμεσα στο ανώτερο/κατώτερο όριο από πλευράς προστασίας του χειριστή.



**ΣΧΗΜΑ: Vent Gas Heater**

- **LNG skid unit**

Το Lng skid unit αποτελείται από τον παρακάτω βασικό εξοπλισμό:

- Pump Bearing Heater (2) (εναλλάκτης θερμότητας για τα ρουλμάν της LNG pump).
- Vent gas heater (3)
- Remote panel (4) (πάνελ χειρισμού)
- Όργανα και επιστόμια

**Σημείωση:** η αντλία LNG είναι τοποθετημένη κάτω από το cold box, εξωτερικά του lng skid unit.



**ΣΧΗΜΑ: στοιχεία ροής με πομπούς παρακολούθησης πληροφοριών**



**ΣΧΗΜΑ: LNG skid unit**

## Κεφάλαιο 2

### Κύκλος Αζώτου ( N<sub>2</sub> Loop)

Ο κύριος σκοπός του R-Loop είναι να παρέχει την απαιτούμενη ψυκτική ικανότητα έτσι ώστε να υγροποιήσει τις αναθυμιάσεις φυσικού αερίου (που δεν καταναλώθηκαν από τις DFDEs) από τις δεξαμενές φορτίου.

Η χωρητικότητα του κύκλου επιτυγχάνεται κυρίως από διαχείριση αποθέματος, παραδείγματος χάρη, αφήνεται η εισχώρηση ή η εκχώρηση αζώτου βασισμένη στις διακυμάνσεις της πίεσης των δεξαμενών φορτίου.

Ο κύκλος αζώτου αποτελείται από έναν φυγοκεντρικό συμπιεστή τριών σταδίων, ένα διαστολέα, τρία ψυγεία αερίου ψυχόμενα από γλυκό νερό και ένα κρυογονικό θερμικό εναλλάκτη πλακών-πτερυγίων.

Η ποσότητα ψύξεως δημιουργείται από ένα κύκλο συμπίεσης-διαστολής. Στα ανώτατα φορτία, το άζωτο σε μορφή αερίου σε πίεση περίπου 10.7bar, συμπιέζεται στα 54bar σε έναν φυγοκεντρικό συμπιεστή τριών σταδίων. Το άζωτο ψύχεται από γλυκό νερό μετά από κάθε στάδιο του συμπιεστή.

Στον κρυογονικό εναλλάκτη θερμότητας, το άζωτο πρώτα ψύχεται σε περίπου -110°C. Μετά διαστέλλεται σε πίεση 11.7bar και θερμοκρασία -163°C. Το άζωτο ,τότε, οδηγείται στο ψυχρό τμήμα στον πυθμένα του κρυογονικού θερμικού εναλλάκτη όπου παγώνει και επανυγροποιεί το boil-off gas σε LNG.

Το άζωτο περνά συνεχώς από το ψυχρό (κάτω) τμήμα του θερμικού εναλλάκτη προς το θερμό (πάνω), πριν να οδηγηθεί στην μεριά της αναρρόφησης του συμπιεστή τριών σταδίων.

το N<sub>2</sub> Componder είναι ένας, τριών σταδίων, φυγοκεντρικός συμπιεστής με ένα στάδιο διαστολής. Η μονάδα έχει δύο γρανάζια. Τα στάδια ένα και δύο, είναι συνδεδεμένα με το πρώτο γρανάζι, και το τρίτο στάδιο και ο διαστολέας είναι συνδεδεμένα με το δεύτερο γρανάζι.

Ο κύριος εξοπλισμός του N2 R-Loop είναι :

- N2 Comrander (συμπιεστής τριών σταδίων/διαστολέας)
- Gas coolers (3)
- Coldbox
- Nitrogen booster compressor
- Nitrogen drier
- Nitrogen reservoir
- Βοηθητικά μηχανήματα

#### Διαχείριση πίεσης δεξαμενών φορτίου

Κατά την διάρκεια φορτωμένου ταξιδιού, η εγκατάσταση επανυγροποίησης αναθυμιάσεων θα λειτουργεί είτε με την επιλογή 'έλεγχος πίεσης δεξαμενών' (tank pressure control mode), είτε με την επιλογή 'σταθερής ικανότητας' (fixed capacity mode). Εάν είναι επιλεγμένη η πρώτη επιλογή, η πίεση στις δεξαμενές φορτίου θα διατηρείται αυτόματα στην επιλεγμένη, από τον χειριστή ως set point, πίεση. Η πίεση δεξαμενών γενικά είναι 1060 έως 1160mbar.

Η πραγματική μετρημένη πίεση είναι η πίεση στον αγωγό συγκέντρωσης αναθυμιάσεων (vapor header). Το set point δίνεται από τον χειρίστη και κυμαίνεται εντός μόνιμων ορίων.

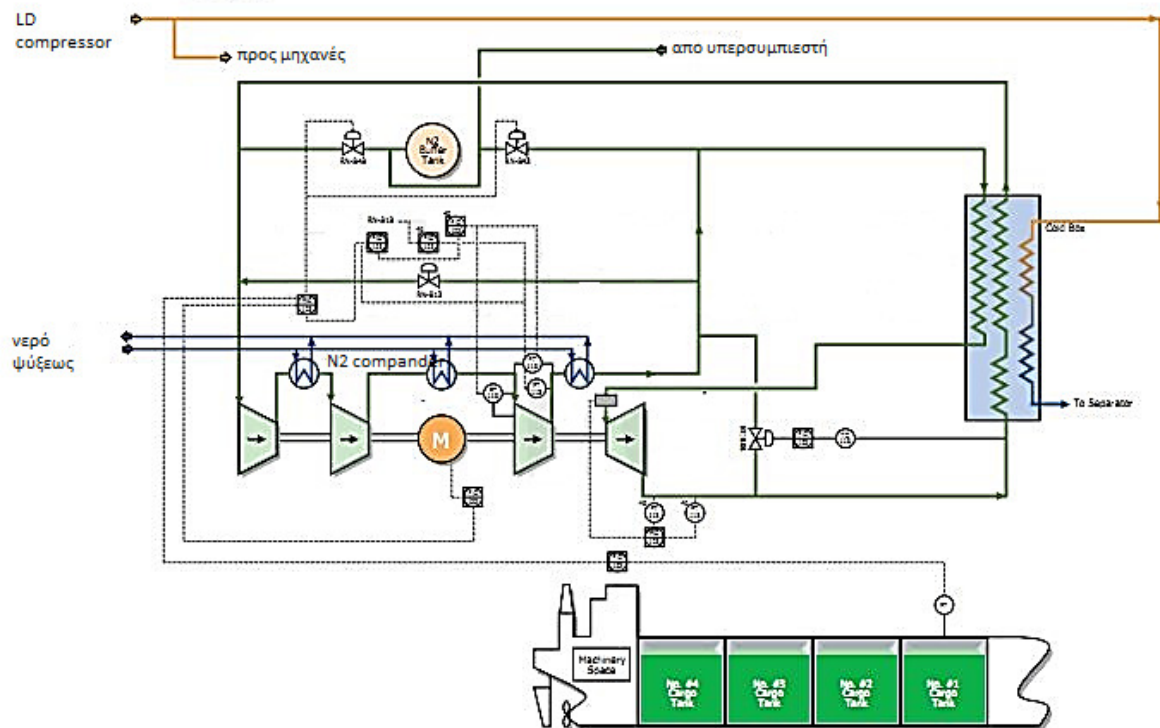
#### Διαχείριση ικανότητας R-Loop

Κατά την κανονική λειτουργία, το επιστόμιο αποφυγής του διαστολέα (expander bypass valve) και το επιστόμιο επανακυκλοφορίας (recycle valve) είναι κλειστά. Η Διαχείριση ικανότητας του R-Loop επιτυγχάνεται με την μεταφορά αζώτου μέσα ή έξω από τον κύκλο βασισμένη στην πίεση αναρρόφησης του πρώτου σταδίου. Αφού το N2- comrander λειτουργεί πάντα με σταθερή ροή όγκου, η ροή μάζας θα ελέγχεται από την αλλαγή της πίεσης αναρρόφησης του πρώτου σταδίου του comrander στην οποία θα τροποποιεί την πυκνότητα του αζώτου και επομένως θα αλλάζει και την ροή της μάζας.

Όσο η πίεση του κύκλου είναι υψηλή, η ροή μάζας του συστήματος είναι μεγάλη. Επομένως η ψυκτική ικανότητα είναι μεγάλη. Αντίθετα, όσο η πίεση του κύκλου είναι χαμηλή, η ροή μάζας είναι χαμηλή. Επομένως η ψυκτική ικανότητα είναι μικρή.

Η δεξαμενή αζώτου (nitrogen reservoir) είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο της αναρρόφησης του πρώτου σταδίου και με το δίκτυο μετά το τρίτο στάδιο αντίθετα της ροής του aftercooler.

Η ψυκτική ικανότητα θα ελέγχεται από τον ελεγκτή πίεσης αναρρόφησης του N2 compander.



**ΣΧΗΜΑ: Κύκλος αζώτου (N<sub>2</sub> Loop)**



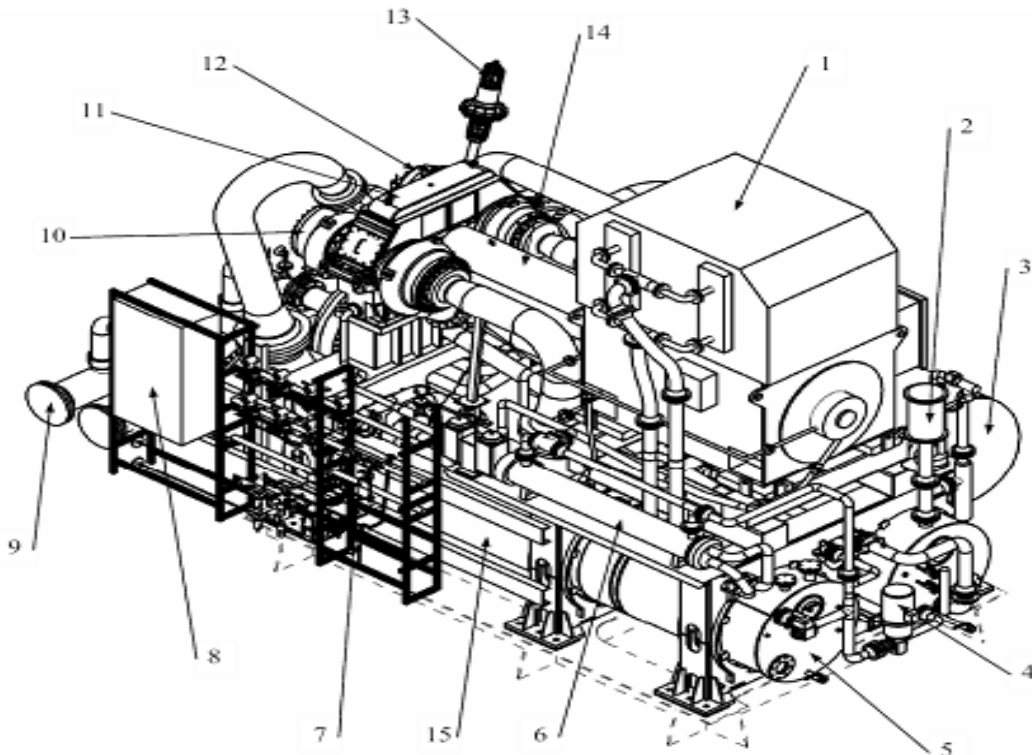
- **Nitrogen Compander (compressor-expander)**



**ΣΧΗΜΑ: N<sub>2</sub> Compander χωρίς το μοτέρ.**

**Η μονάδα αποτελείται από τον παρακάτω κύριο εξοπλισμό. (τα νούμερα αναφέρονται στο παρακάτω σχήμα)**

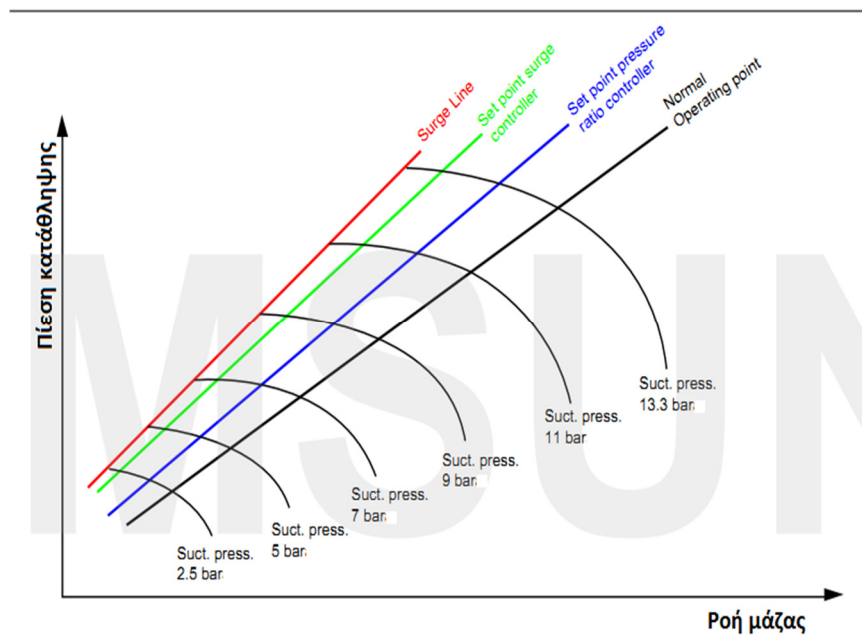
1. Main driver
2. Oil demister
3. Gas cooler (aftercooler)
4. Auxiliary oil pump
5. Lubrication system
6. Oil cooler
7. Seal gas panel
8. Terminal box
9. Water header
10. Suction casing compressor (stage 1)
11. Gear box
12. Expander casing (stage 4)
13. Actuator nozzle adjusting expander
14. Coupling
15. Gas cooler (ενδιάμεσο ψυγείο)



**ΣΧΗΜΑ: N<sub>2</sub> Comander**

Η ροή όγκου στον συμπιεστή μπορεί να κυμαίνεται ανάμεσα σε κάποια σταθερά όρια. Όταν η μικρότερη ροή επιτευχθεί, η ροή στο στροφείο του συμπιεστή ενδέχεται να σταματήσει απότομα. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται 'surge' (απότομη αύξηση πίεσης). Το surge είναι ένα κυκλικό, συνήθως ακουστό φαινόμενο το οποίο προκαλεί αξιοσημείωτη καταπόνηση στα μηχανικά εξαρτήματα του συμπιεστή. Ο συμπιεστής θα πρέπει να είναι προστατευμένος από αυτό το φαινόμενο και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να λειτουργεί σε αυτήν την κατάσταση. Για πρόληψη του surge και την συνέχιση κανονικής λειτουργίας του συμπιεστή σε σταθερή λειτουργική εμβέλεια παραμέτρων, το επιστόμιο επανακυκλοφορίας πρέπει να είναι ανοιχτό πριν επιτευχθεί η μικρότερη δυνατή ροή στον συμπιεστή. Ο surge controller ανοίγει το επιστόμιο επανακυκλοφορίας πριν ο συμπιεστής κάνει surging με σκοπό την προστασία του.

Ο ελεγκτής λόγου πίεσης βάζει όριο τον μεγαλύτερο λόγο πίεσης ανάμεσα στα τρία στάδια του συμπιεστή και χειραγωγεί αναλόγως το επιστόμιο επανακυκλοφορίας για να βεβαιώσει ότι το Componder δεν θα ακουμπήσει την γραμμή surge (surge line).



Τα προφύσια εισαγωγής του διαστολέα χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της εισόδου του αζώτου στην υγρή φάση στην έξοδο του διαστολέα. Αυτό επιτυγχάνεται με το κλείσιμο των προφυσίων εισαγωγής, έτσι ώστε να μειώνεται η παραγωγικότητα του διαστολέα και οι συνθήκες του αζώτου μετά από αυτόν, να είναι μακριά από την υγρή φάση (dew point line).

Κατά την κανονική λειτουργία, τα προφύσια εισαγωγής του διαστολέα είναι ρυθμισμένα στο μεγαλύτερο άνοιγμα κατά τον ολοκληρωτικό έλεγχο της ροής. Η μικρότερη επιτρεπτή θερμοκρασία στην έξοδο του διαστολέα θα υπολογίζεται σύμφωνα με τις πραγματικές μετρημένες πιέσεις στην έξοδο του διαστολέα.

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΑΙΟΥ ΛΥΠΙΑΣΗΣ ΤΟΥ Ν<sub>2</sub> Componder

Σημείωση: Αναφορές στα παραπάνω σχήματα

Η βοηθητική ηλεκτρική αντλία λαδιού (4) διατηρεί την πίεση του λαδιού κατά την διάρκεια εκκίνησης λειτουργίας, διακοπής λειτουργίας, απότομης διακοπής λειτουργίας-trip και κατά της διαδικασίας επαναφοράς λειτουργίας μετά από black out ενώ η εξαρτημένη αντλία λαδιού διατηρεί την πίεση του λαδιού όσο ο συμπιεστής βρίσκεται υπό κανονική λειτουργία. Ένας ηλεκτρικός εναλλάκτης θερμότητας είναι εγκατεστημένος για να κρατά τη θερμοκρασία λαδιού εντός ορίων όταν το μηχάνημα βρίσκεται σε κατάσταση κράτησης. Ένα ακόμα εναλλάκτης θερμότητας (6),



ψυχόμενος από γλυκό νερό, είναι εγκατεστημένος για να ψύχει το λάδι όσο το N2 Componder λειτουργεί κανονικά.

Το σύστημα ελαίου λίπανσης παρακολουθείται από πομπούς στάθμης, θερμοκρασίας και πίεσης.

Ο έλικας απομάκρυνσης απομαστεύσεων (demister fan) πρέπει να λειτουργεί πριν την εκκίνηση λειτουργίας της βοηθητικής αντλίας λαδιού και να μην υπάρχει δυνατότητα χειροκίνητης κράτησης. Ο demister fan προλαμβάνει τις διαρροές λαδιού από τα seal του άξονα μετάδοσης κίνησης.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΤΟΥ N2 Componder

Αζωτο από την κατάθλιψη του τρίτου σταδίου του συμπιεστή φιλτράρεται και χρησιμοποιείται για στεγανοποίηση έναντι της πλευράς που εκτελείται η διαδικασία του άξονα.

#### ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΕΡΑ ΤΟΥ N2 Componder

Αέρας χρησιμοποιείται με σκοπό να στεγανοποιεί σφιχτά το έλαιο λίπανσης στην πλευρά των γραναζιών του γραναζωτού άξονα.

- **Ελεγκτές ασφαλείας N2 componder**

1. Ελεγκτής μείωσης ισχύος κινητήρα (motor current limit controller)

Ο ελεγκτής μείωσης ισχύος κινητήρα είναι ελεγκτής ασφαλείας. Ενεργεί μόνο σε υπερβολικές συνθήκες λειτουργίας. Δουλειά του να αποφεύγει τυχόν υπερτροφοδοτήσεις ισχύος που θα σταματήσουν την λειτουργία του κινητήρα.

2. Ελεγκτής surge (surge controller)

Ο ελεγκτής surge είναι ακόμα ένας ελεγκτής ασφαλείας. Ενεργεί μόνο σε υπερβολικές συνθήκες λειτουργίας. Δουλειά του να κρατά τον συμπιεστή μακριά από το surging που θα σταματήσουν απότομα την λειτουργία του.

3. Ελεγκτής λόγου πίεσης (pressure ratio controller)

Ο ελεγκτής λόγου πίεσης είναι ένας ακόμα ελεγκτής ασφαλείας που ενεργεί μόνο σε υπερβολικές συνθήκες λειτουργίας. Δουλειά του να ελέγχει τον λόγο πίεσης του συμπιεστή να βρίσκεται μέσα στα όρια ασφαλείας.

4. Ελεγκτής διαφοράς πίεσης τρίτου σταδίου του compander (compander 3<sup>rd</sup> stage differential pressure controller)

Ο ελεγκτής διαφοράς πίεσης του τρίτου σταδίου του compander είναι ένας ελεγκτής ασφαλείας που ενεργεί μόνο σε υπερβολικές συνθήκες λειτουργίας. Δουλειά του να μην αφήνει την διαφορά πίεσης κατά μήκος του τρίτου σταδίου του συμπιεστή να ξεπερνά τα όρια ασφαλείας.

5. Ελεγκτής περιορισμού πίεσης κατάθλιψης (discharge pressure limit controller)

Ο ελεγκτής περιορισμού πίεσης κατάθλιψης είναι ένας ελεγκτής ασφαλείας που ενεργεί μόνο σε υπερβολικές συνθήκες λειτουργίας. Δουλειά του να ελέγχει την πίεση κατάθλιψης μετά το τρίτο στάδιο του συμπιεστή να μην ξεπερνά τα όρια ασφαλείας.

6. Ελεγκτής περιορισμού θερμοκρασίας στην έξοδο του διαστολέα (expander outlet temperature limit controller)

Ο ελεγκτής περιορισμού θερμοκρασίας στην έξοδο του διαστολέα είναι ένας ελεγκτής ασφαλείας που ενεργεί μόνο σε υπερβολικές συνθήκες λειτουργίας. Δουλειά του να αποτρέπει την μορφοποίηση υγρού στην έξοδο του διαστολέα.

7. Ελεγκτής περιορισμού χειροκίνητης λειτουργίας κίνησης προφύσιου εισαγωγής του διαστολέα (hand indicating controller expander inlet nozzle)

Χρησιμοποιώντας την λειτουργία χειροκίνητης κίνησης, το προφύσιο εισαγωγής του διαστολέα μπορεί να ανοίγει και να κλείνει αυτόματα. Το άνοιγμα περιορίζεται από τον ελεγκτή περιορισμού θερμοκρασίας στην έξοδο του διαστολέα.

8. Προστασία ρυθμού αλλαγής θερμοκρασίας στον κρυογονικό θερμικό εναλλάκτη (coldbox temperature change rate protection)

**Οι ενέργειες των ελεγκτών θερμοκρασίας εισόδου στο coldbox είναι τρείς:**

- Να ελέγχουν τον ρυθμό αλλαγής θερμοκρασίας και να σιγουρεύουν ότι δεν ξεπερνά ποτέ το ποσό του  $\pm 1^\circ\text{C}/\text{λεπτό}$ .
- Να ελέγχουν την μικρότερη θερμοκρασία στο κάτω μέρος του coldbox.
- Να προτοποθετούν το επιστόμιο αποφυγής του διαστολέα (expander bypass valve) κατά την διάρκεια της εκκίνησης της εγκατάστασης.

Ο έλεγχος του ρυθμού αλλαγής της θερμοκρασίας είναι μία ενέργεια ασφαλείας για την προστασία του coldbox από έντονες θερμικές καταπονήσεις.

Η παράμετρος των ελεγκτών είναι η θερμοκρασία εισόδου στο coldbox.

- N<sub>2</sub> coolers

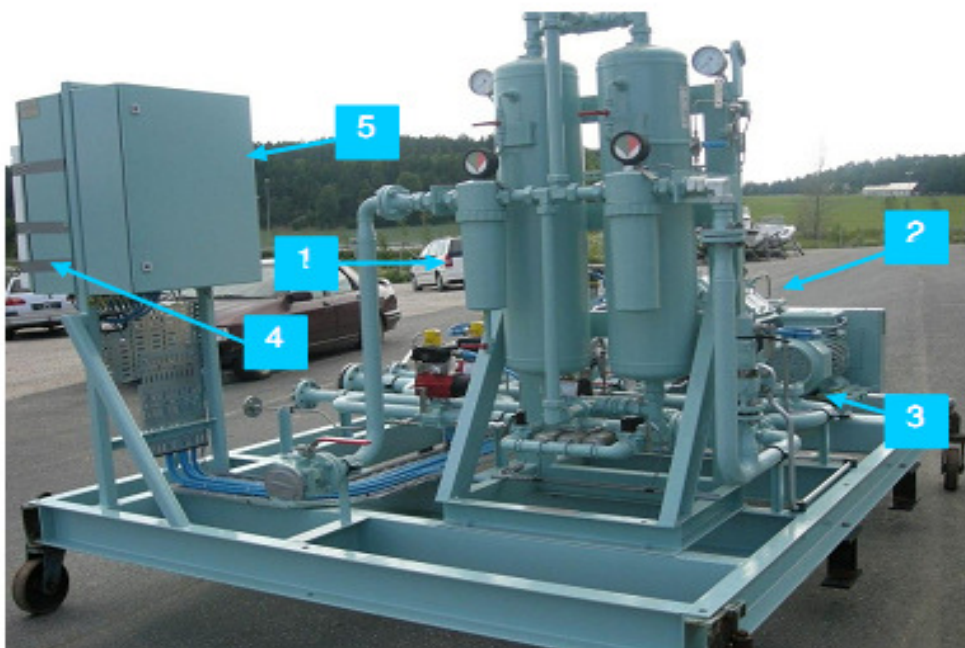
Τα N<sub>2</sub> coolers είναι μέρη του N<sub>2</sub> Componder skid unit.

- Coldbox

Το coldbox επεξηγείται παραπάνω.

- N<sub>2</sub> Booster Compressor skid with dryer

Ο σκοπός του συστήματος N<sub>2</sub> booster είναι να ξαναγεμίζει με την κατάλληλη ποσότητα αζώτου τον κύκλο R-Loop, λόγω των διαρροών των μονώσεων του N<sub>2</sub> compressor. Ο υπερσυμπιεστής θα λειτουργεί επίσης κατά την διάρκεια της αποφόρτισης του R-loop. Η τροφοδότηση του R-loop επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας την διαφορά πίεσεως μεταξύ του N<sub>2</sub> reservoir και της αναρρόφησης του πρώτου σταδίου του Componder.



**ΣΧΗΜΑ: N<sub>2</sub> booster compressor unit (μονάδα υπερτροφοδότησης αζώτου)**

Το σύστημα υπερτροφοδότησης αζώτου θα προσπαθεί να διατηρεί, την υπολογισμένη ποσότητα αζώτου, εντός των ορίων που του έχουν ορισθεί από τον χειριστή. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκκίνησή του όταν το σήμα χαμηλής στάθμης ενεργοποιηθεί και αντιθέτως με την διακοπή λειτουργίας του από το σήμα υψηλής στάθμης. Ο έλεγχος της ποσότητας του αζώτου υπολογίζεται από την θερμοκρασία και την πίεση του, σε διάφορα σημεία της μονάδας.

**Η μονάδα αποτελείται από τον παρακάτω κύριο εξοπλισμό: (Τα νούμερα αφορούν το παραπάνω σχήμα)**

1. N<sub>2</sub> Dryer-στεγνωτήρας αζώτου
2. N<sub>2</sub> booster compressor-υπερσυμπιεστής αζώτου
3. Electric motor-ηλεκτρικό μοτέρ
4. Control panel-πίνακας ελέγχου
5. Sample gas cabinet-θάλαμος δειγματοληψίας αερίων.

- **N2 dryer**

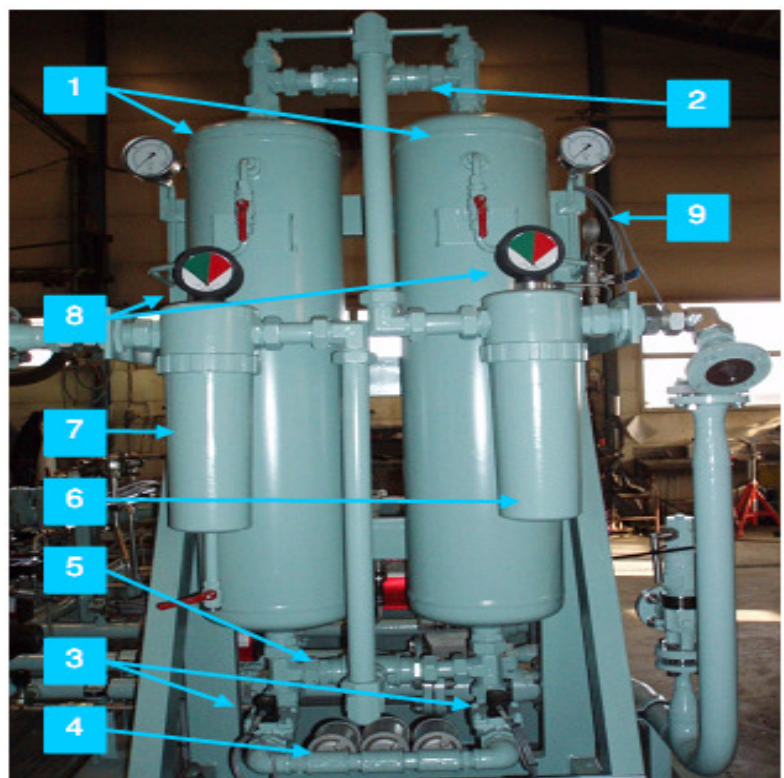
Είναι μια μονάδα στέγνωσης προσρόφησης με εναλλασσόμενη προσρόφηση και φάση ανάδρασης.

Το άζωτο μπορεί να στεγνωθεί εναλλακτικά σε έναν από τους δύο απορροφητήρες (adsorbers) ενώ ο άλλος θα βρίσκεται σε φάση ανάδρασης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να παρέχει συνεχή λειτουργία του συστήματος.

Συμπυκνώματα, μικροσταγονίδια λαδιού και άλλα σωματίδια αφαιρούνται στο φίλτρο που βρίσκεται στην αρχή της διαδικασίας (pre-filter). Στη συνέχεια, το άζωτο ρέει από κάτω προς τα πάνω μέσω της βαλβίδας μικρής διαδρομής (shuttle valve) και κατευθύνεται στον ένα από τους δύο απορροφητήρες (absorber).

Το στεγνωμένο άζωτο τότε περνά από τις πάνω βαλβίδες μικρής διαδρομής στο τελικό φίλτρο του N<sub>2</sub> dryer (after filter), και καταλήγει στην αναρρόφηση του υπερσυμπιεστή αζώτου (N<sub>2</sub> booster compressor).

**ΣΧΗΜΑ: N2 Dryer**



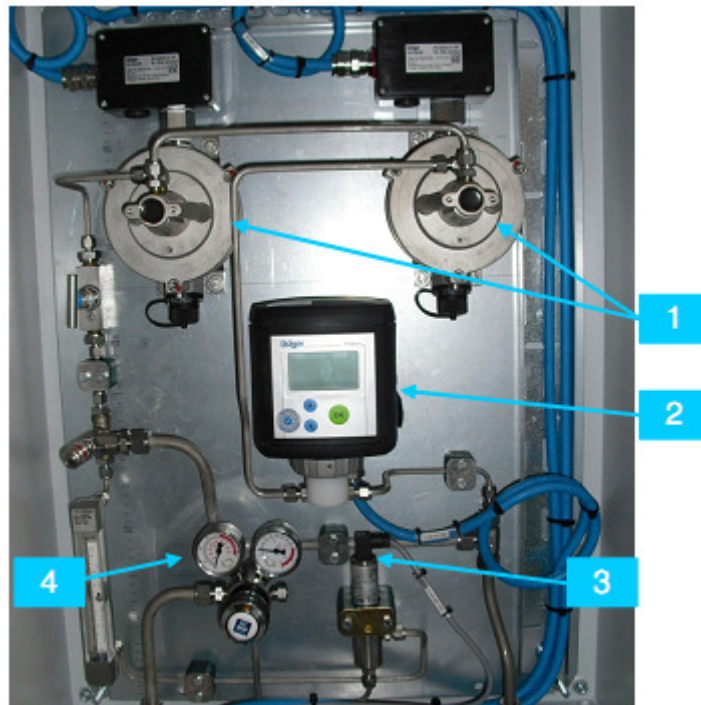
**Η μονάδα αποτελείται από τον παρακάτω βασικό εξοπλισμό: (τα νούμερα αναφέρονται στο παραπάνω σχήμα)**

1. Adsorber-απορροφητήρας
2. Upper shuttle valve-πάνω βαλβίδα μικρής διαδρομής
3. Solenoid valve-σωληνοειδής βαλβίδα
4. Silencer-σιγαστήρας
5. Lower shuttle valve-κάτω βαλβίδα μικρής διαδρομής
6. After-filter- φίλτρο μετά διαδρομής
7. Pre-filter- φίλτρο μετά διαδρομής
8. Differential pressure gauge-μανόμετρο διαφοράς πίεσεως
9. Dew point meter-μετρητής θερμοκρασίας δρόσου (κάτω σχήμα)



**ΣΧΗΜΑ: Dew Point transmitter (πομπός θερμοκρασίας δρόσου)**

- Sample gas cabinet



ΣΧΗΜΑ :Sample gas cabinet

Ο θάλαμος δειγματοληψίας αερίων αποτελείται από: (τα νούμερα αναφέρονται στο παραπάνω σχήμα)

1. Gas detectors – ανιχνευτές αερίων
2. Oxygen detector – ανιχνευτή οξυγόνου
3. Dew point meter – μετρητής θερμοκρασίας δρόσου
4. Pressure control valve – βαλβίδα διαχείρισης πίεσεως



- **N2 reservoir**

Το N<sub>2</sub> reservoir :

- Αποθηκεύει άζωτο με σκοπό να εκτελεί καταμέτρηση του αερίου
- Παρέχει άζωτο στον κύριο κύκλο (R-loop) με σκοπό την αντιστάθμιση των διαρροών από τα shaft seals.
- Κρατά επαρκή όγκο για την πρόληψη του ανοίγματος των ασφαλιστικών επιστομίων πίεσεως (pressure safety valves) σε περιπτώσεις αποτυχίας ισχύος (power trip) κ.α.



**ΣΧΗΜΑ: N2 reservoir**

## Επίλογος – Συμπεράσματα

Συμπεραίνεται ότι η μονάδα επανυγροποίησης αναθυμιάσεων υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι μία αυτοματοποιημένη εγκατάσταση με ασφαλιστικές δικλίδες όσο αναφορά την λειτουργία της αλλά και την ασφάλεια του πλοίου και των εργαζομένων σε αυτό. Επιπλέον θα πρέπει να δίδεται μεγάλη προσοχή καθ όλη την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης, από τους χειριστές, λαμβάνοντας υπόψη την εξαιρετική επικινδυνότητα του φορτίου.

Τέλος το σύστημα επανυγροποίησης αποτελεί όχι μόνο προϊόν ελέγχου της πίεσης και της θερμοκρασίας του LNG αλλά και μία πηγή αξιοποίησης των αναγκαίων απωλειών του φορτίου που υπό τις συνθήκες μη ύπαρξης της μονάδας θα προοριζόταν προς τη μονάδα καύσης της περίσσιας των αναθυμιάσεων (GCU) ή προς την ατμόσφαιρα.



## Βιβλιογραφία

1. [www.hamworthy.com](http://www.hamworthy.com)
2. [www.gaslogltd.com](http://www.gaslogltd.com)
3. [www.pentatech.co.ltd](http://www.pentatech.co.ltd)
4. Ίδρυμα Ευγενίδη : Βοηθητικά μηχανήματα πλοίων

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Κεφάλαιο 1: Κύκλος φορτίου (BOG Loop).....	7
Κεφάλαιο 2: Κύκλος Αζώτου ( N2 Loop).....	19
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	32
Βιβλιογραφία.....	33