



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΤΕ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ

ΠΤΥΧΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ:**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ  
ΑΕΡΟΣΤΟΒΙΛΟΥ ΔΙΠΛΟΥ ΑΞΟΝΑ»**



**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:**

**ΠΟΓΙΑΤΖΗΣ ΜΑΡΙΟΣ      ΑΜ: 4742**

**ΣΙΑΚΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ        ΑΜ: 4740**

**ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΙΧΑΛΗΣ     ΑΜ: 4063**

ΕΙΣΗΓΗΣΗ:

**Κ. ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2007**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

*Πολλοί είναι εκείνοι που βοήθησαν άμεσα και έμμεσα στην συγγραφή αυτής της μελέτης. Σίγουρα οι λίγες αυτές γραμμές δεν φτάνουν να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη που νοιώθουμε.*

*Τους ευχαριστούμε όλους.*

*Ιδιαίτερα όμως:*

*Τους γονείς μας για την ηθική και υλική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεράτωσης της εργασίας, τον υπεθόνο για την εκπόνηση της πτοχιακής μας εργασίας.*

*Ευχαριστούμε τον καθηγητή μας κύριο Καλογήρου Ιωάννη για την εποπτεία της πτοχιακής εργασίας μας, τον κύριο Κωνσταντίνου Δημήτρη για την βοήθεια του στις διορθώσεις του κειμένου, τον κύριο Σολωμό Μάριο για την βοήθεια του στο πρόγραμμα AUTOCAD και τέλος τον κύριο Κοντογεωργόπουλο Αλέκο για την βοήθειά του στην πειραματική συσκευή.*

*Με εκτίμηση και σεβασμό*

*προς όλους.*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΤΜΗΜΑ Α

<i>ΘΕΩΡΙΑ</i> .....	1
A.1 Εισαγωγή.....	1
A2- Γενική θεωρία της αποδόσης του αεροστρόβιλου.....	2
A2.1 Περιγραφή Συστήματος.....	2
A2.2 Χαρακτηριστικά Συμπιεστή.....	6
A2.3 Παρουσίαση Θαλάμου Καύσης.....	9
A2.4 Χαρακτηριστικά Στροβίλου.....	11
A2.4.1 1st Στροβίλου.....	11
A2.4.2. 2ου Στρόβιλος.....	13
A2.5 Χαρακτηριστικά Του Ολικού Αεροσυμπιεστή.....	14
A2.5.1 Θερμική Απόδοση $\eta_{th}$ .....	14
A2.5.2 Συγκεκριμένη Κατανάλωση Καυσίμων $sfc$ .....	15
A2.5.3 Απόδοση Ενός Κύκλου Που Λειτουργεί Με Βάση Τον Αέρα.....	15
A2.5.4 Σχέση Έργου.....	15
A3 Θεωρία Φυγοκεντρου Συμπιεστή.....	16
A3.1 Ισχύς Στροφείου.....	17
A3.2 Ολική Απόδοση.....	19
A3.3 Γενικά Σχόλια.....	20
A4 Θεωρία θαλαμου καυσης.....	21
A5 Θεωρία στροβιλου.....	24
A5.1 Απόδοση Στροφείου.....	24
A6 Πρόγραμμα καυσίμων για αεροστρόβιλο.....	27
A6.1-Προγραμμα Καυσίμων Κατά Την Διάρκεια Της Εκκίνησης.....	28
A6.2- Χρονοδιάγραμμα Καυσίμων Σε Κανονική Ροή.....	30
A7-Παραμετροι διορθώσεις δεδομένων.....	31

A7.1. Αδιάστατη Ανάλυση Και Απόδοση Διορθωμένων δεδομένων.....	31
A7.2. Αδιάστατη Ανάλυση Και Συμπύεση.....	32
A7.3 Παράγοντες Διορθώσεις Συμπιεστή.....	33
A7.3.1 Διορθωμένη Ταχύτητα Συμπιεστή $N_{cc}$ .....	33
A7.3.2 Διορθωμένη Ροή Μάζας Αέρα $m_{a2}$ .....	34
A7.3.3-Διορθωμενη Θερμοκρασία Εκροής Συμπιεστή $T_{2c}$ .....	34
A7.3.4 Διορθωμένη Πίεση Εκροής Συμπιεστή $P_{2c}$ .....	35
A7.4 Διόρθωση Παραγόντων Θαλάμου Καύσης.....	35
A7.4.1 Διόρθωση Πίεσης.....	35
A7.4.2 Διόρθωση έξοδου θερμοκρασία $T_{3^*}$ στο θάλαμο καύσης.....	35
A7.4.3 Διόρθωση Ροής Καυσίμων $m_{fc}$ .....	35
A7.5 Παράγοντες Διόρθωσης Στροβίλου.....	36
A7.5.1 Διορθώσεις Πίεσης.....	36
A7.5.2 Διορθωμένη Ταχύτητα Στροβίλου.....	36
A7.5.3 Διορθωμένη Ροή Μάζας Στροβίλου.....	36
A7.5.4 Διορθωμένες Θερμοκρασίες Στροβίλου.....	37
A7.5.5 Διορθωμένη Απόδοση Ισχύος.....	37

## **ΤΜΗΜΑ Β**

<i>Παραγωγή Αποτελεσμάτων.....</i>	38
B1 Τύποι Που Χρησιμοποιούνται Για Τα Αποτελέσματα.....	38
B2 Αδιόρθωτη Απόδοση Δεδομένων.....	39
B2.1 Βασικά Δεδομένα.....	39
B2.2 Παραγωγή Δεδομένων (Αδιόρθωτη).....	40
B3 Διορθωμένη Απόδοση Δεδομένων.....	44
B3.1 Διόρθωση Βασικών Δεδομένων.....	44
B3.2 Διόρθωση Δεδομένων Που Παράχθηκαν.....	45
B4 Τυπικά αποτελέσματα.....	50
B5 Συζήτηση αποτελεσμάτων.....	57
B5.1 Καταμετρήσεις.....	57

B5.1.1-Καταμέτρηση Θερμοκρασίας.....	57
B5.1.2- Καταμετρήσεις Πίεσης.....	58
B5.1.3- Άλλες Καταμετρήσεις .....	58
B5.2 Απόκτηση Αποτελεσμάτων.....	59
B6 Φύλλα καταγραφής δεδομένων.....	59

## **ΤΜΗΜΑ Γ**

<i>ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</i> .....	63
Γ.1 Αρχική εγκατάσταση.....	63
Γ.2 Εντολές.....	66
Γ.3 Εναρξη.....	70
Γ3.1 Γενική Συζήτηση.....	70
Γ3.2 Διαδικασία Εκκίνησης.....	71
Γ4 Κανονική λειτουργία και κλείσιμο συσκευής.....	74
Γ4.1 Κανονική Λειτουργία.....	74
Γ4.2 Κλείσιμο.....	77
Γ4.2.1 Κανονικό Κλείσιμο.....	77
Γ4.2.2 Αυτόματο Κλείσιμο.....	77
Γ4.2.3 Κλείσιμο έκτακτης ανάγκης.....	78
Γ.5. Προδιαγραφές καυσίμων/Λαδιών.....	79
Γ5.1 Καύσιμα.....	79
Γ5.2 Λάδι.....	80
Γ5.3 Αρχικά καύσιμα.....	81
Γ5.3.1 Μεθυλιωμένα οινόπνεύματα.....	81
Γ5.3.2 Μεθανόλη.....	81
Γ6 Διακανονισμός Εξατμίσης.....	81

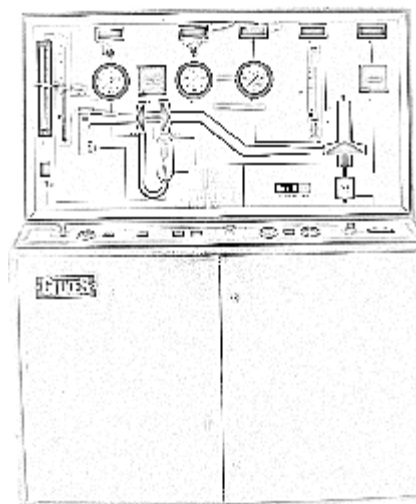
## **ΤΜΗΜΑ Δ**

<i>ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΩΝ</i> .....	83
Δ1 Συντήρηση.....	83

Δ2 Αποθήκευση.....	84
Δ3 Εύρεση Λαθών.....	85
Δ3.1 - Ελαττώματα ενοργάνωσης.....	85
Δ.3.2 Ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά Λάθη Κυκλοφορίας/ Συστήματος.....	87
Δ 3.3 Μηχανικά Λάθη.....	88
Δ3.4 Λειτουργικά Λάθη.....	89

## ΤΜΗΜΑ Ε

<i>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ</i> .....	90
E1 Σύστημα Ανεμιστήρων Έναρξης.....	90
E2 Σύστημα Καύσης.....	91
E3 Στροβιλοσυμπιεστές.....	91
E4 Συνέλευση Δύναμης/Τουρμπίνας Φρένων.....	92
E5 Σύστημα Καυσίμων.....	92
E6 Σύστημα Έναρξης.....	93
E 6.1 Διαφορετική μη συστημένη χρήση των καυσίμων έναρξης.....	93
E.6.2 Ενάρξεις Από Κρύα Κατάσταση.....	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	94



**ΤΜΗΜΑ Α****ΘΕΩΡΙΑ****A.1 Εισαγωγή**

Το Gilkes διπλού άξονα αεροστρόβιλος, GT85-2, έχει παραχθεί σαν ένα εύκαμπτος συνδυασμός από δοκιμές του οποίου οι αποδόσεις της προαναφερθέντος συσκευής (διπλού άξονα αεροστρόβιλος) μπορούν να ερευνηθούν χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων.

Ο συνδυασμός των δοκιμών βασίζεται πάνω στο αυθεντικό GT85 το οποίο αρχικά παράχθηκε το 1974 και περίπου 60 εκπαιδευτικά τεχνικά έγγραφα είχαν κάνει χρήση αυτού του πρωτότυπου σχεδιασμού (GT85). Το GT85-2 παράχθηκε προκειμένου να χρησιμοποιήσει βελτιωμένα εξαρτήματα καθώς επίσης και όργανα με απώτερο σκοπό την αύξηση της ισχύς και της απόδοσης.

Αυτό το εγχειρίδιο έχει διευθετηθεί προκειμένου να εξασφαλίσει την θεωρητική κατανόηση του κύκλου του στροβιλοκινητήρα μαζί με την πρακτική εφαρμογή του.

## **A2- ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ**

### **A2.1 Περιγραφή Συστήματος**

Ο αεροστρόβιλος βασίζεται στην λειτουργία των θερμικών μηχανών και βασικά οι 3 βασικοί κλάδοι που περιλαμβάνονται σ' αυτή την κυκλική διάταξη είναι η συμπίεση, η καύση και η διαστολή.

Ο κλάδος της συμπίεσης σ' αυτό τον κύκλο επιτεύχθηκε από ένα φυγόκεντρο συμπιεστή μονού στάδιου σε ταχύτητα πάνω από 90,000 r.p.m. με συντελεστή πίεσης 2.2. Ο συμπιεστής οδηγείται από το πρώτο στάδιο της τουρμπίνας της οποίας η μονή λειτουργία είναι να εξασφαλίσει ισχύ για τον συμπιεστή.

Η αναρρόφηση από τον συμπιεστή χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί τον θάλαμο καύσης η οποία ώστε να καεί κηροζίνη με αναλογία αέρα /καυσίμων περίπου 70:1.

Τα προϊόντα της καύσης, σε θερμοκρασία πάνω από 700 °C τροφοδοτούν την πρώτη τουρμπίνα και ακολούθως την δεύτερη τουρμπίνα ισχύος όπου η υπόλοιπη αέρια ισχύς απορροφείται από το δυναμόμετρο. Ισχύς μέχρι και 7KW είναι διαθέσιμη.

Η εκκένωση των καυσαερίων από την τουρμπίνα ισχύος εξάγεται στην ατμόσφαιρα.

Το σχεδιάγραμμα 1 δείχνει σχηματικά την σχηματική διάταξη και τις μετρήσεις οι οποίες είναι διαθέσιμες στο GT85-2, ενώ το 2 δείχνει μια ποικιλία από θερμοδυναμικές αξίες.

Στην παρακάτω θεωρητική έρευνα σχετικά με την σύνθεση του αεροστρόβιλου, χρησιμοποιείται η ακόλουθη ονοματολογία.



**ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΟ**

$\dot{m}$	ροή μάζας kg/s
T (χωρίς περιγραφές)	ροπή Nm
T (με περιγραφές)	ολική θερμοκρασία °K
t	στατική θερμοκρασία °K
P	απόλυτη ολική πίεση
p	απόλυτη στατική πίεση
$\Delta P$	διαφορά πίεσεως
r	Σχέση πίεσης
W	ισχύς W
A/F	Σχέση ροής αέρα /καυσίμου
H	ενθαλπία J/kg
S	εντροπία J/k
$\eta$	αποδοτικότητα (ισεντροπία εκτός και αν ορίζεται αλλιώς)
$\gamma$	Αδιαβατικός έκθετης
C <sub>p</sub>	συγκεκριμένη θερμοτητα καύσης σε σταθερή πίεση J/kgk
N	Σχετική ταχύτητα rev/min
$\Psi$	παράγοντας εισαγωγής ισχύος
$\sigma$	παράγοντας ολίσθησης

**Εκθέτες**

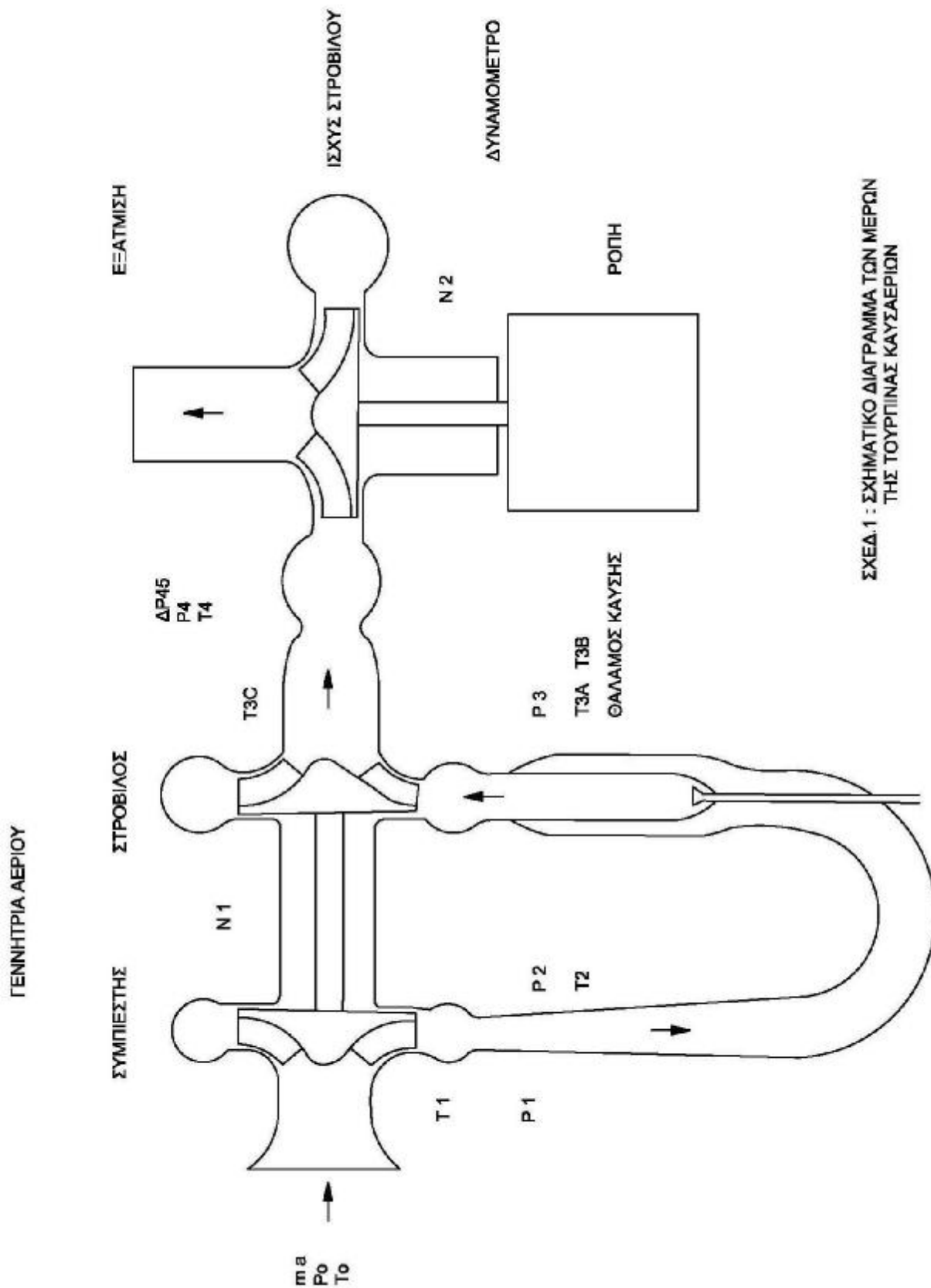
*	βαλβίδα ανακούφισης /αντίστασης
/	μέτρηση από πίνακα οργάνων π.χ. όχι απολυτή τιμή

### Προεγγραφή

O	ατμόσφαιρα
1	Εισαγωγή συμπιεστή
2	έξοδος/καύση συμπιεστή Είσοδος θαλάμου
3	θάλαμος συμπιεστή έξοδος /είσοδος 1 <sup>ης</sup> τουρμπίνας
4	έξοδος 1 <sup>ης</sup> τουρμπίνας / είσοδος 2 <sup>ης</sup> τουρμπίνας
5	έξοδος 2 <sup>ης</sup> τουρμπίνας
m	μηχανολογικός
a	αέρας
f	καύσιμα
g	αέρα καύσης
i	ισεντροπικός
cc	καύση
c	συμπίεση
t <sub>1</sub>	1 <sup>st</sup> turbine
t <sub>2</sub>	2 <sup>st</sup> turbine
t	θεωρητικός

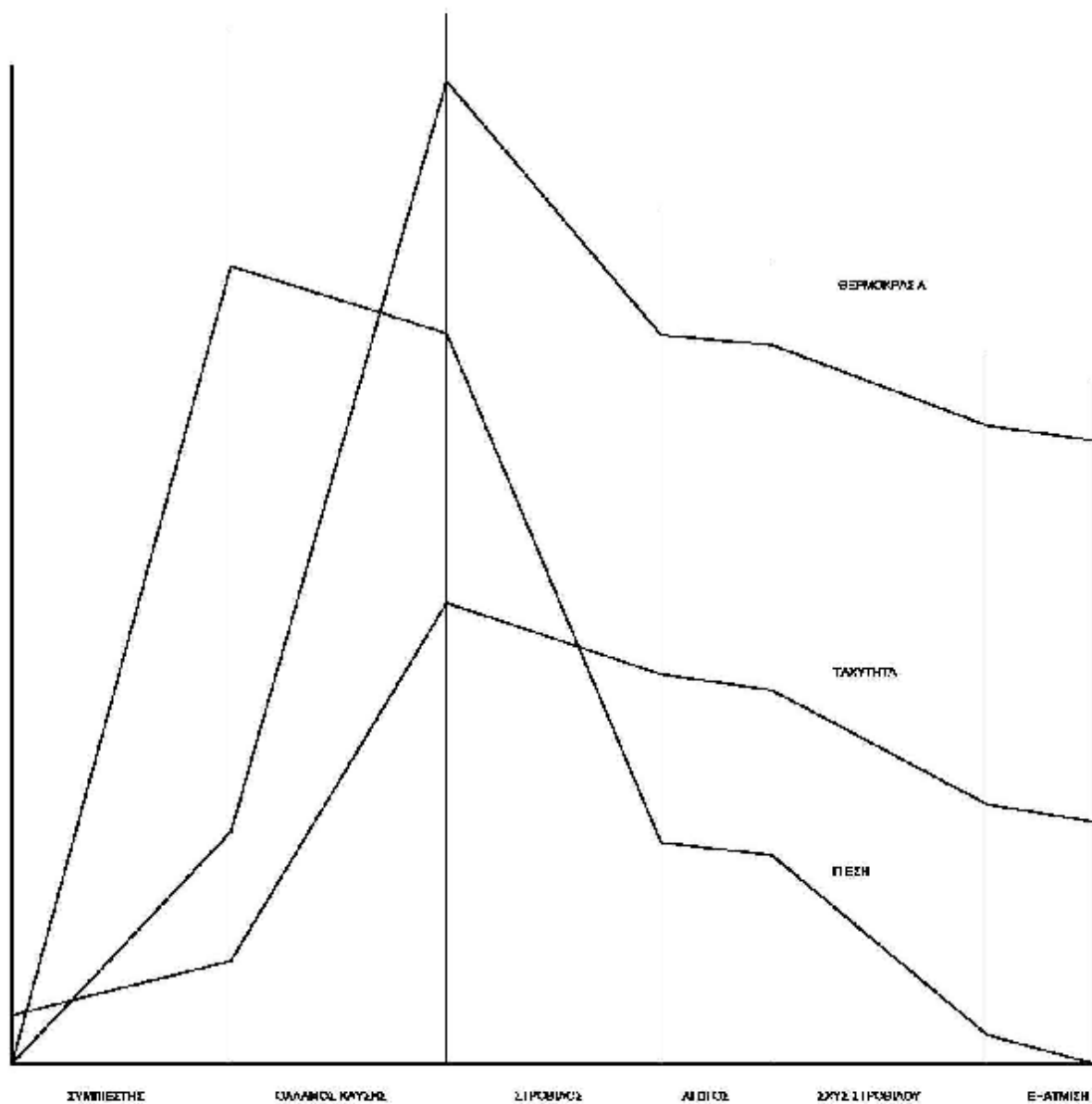
### **Sub-Subscripts**

t	ολικός
s	στατικός
1	τουρμπίνα 1
2	τουρμπίνα 2
c	διόρθωση



ΣΧΕΔ.1 : ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΗΣ ΤΟΥΡΠΙΝΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

ΣΧΕΔ: ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕΣΑ ΕΚΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΔΥΝΗΣΕΩΣ



## A2.2 Χαρακτηριστικά Συμπιεστή

Ο συμπιεστής λειτουργεί με μια συγκεκριμένη ροή μάζας  $m_a$  και συμπιέζει τον αέρα από την απόλυτη πίεση  $P_1$  στην  $P_2$  όπου η πίεση αναφέρεται σε ολικές θερμικές τιμές.

Η σχέση της ολικής πίεσης δίνεται από τον ορισμό

$$rc_u = \frac{P_2}{P_1} \dots\dots\dots(1)$$

Ένας άλλος παρόμοιος ορισμός της μέτρησης της στατικής πίεσης μπορεί να είναι ανάλογος

$$rc_{SS} = \frac{P_2}{P_1} \dots\dots\dots(2)$$

όπου  $P_2$  και  $P_1$  είναι στατική πίεση από τους τύπους (1) και (2)

Λόγω της διαδικασίας συμπίεσης η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται από  $T_1$  σε  $T_2$  όπου οι θερμοκρασίες αναφέρονται στις ολικές θερμοκρασίες.

Η θεωρητική εισαγωγή ισχύς αυτής της διαδικασίας συμπίεσης αποδεικνύεται ως ακολούθως

$$W_{ct} = m_a C_{pa} (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(3)$$

Όπου  $C_{pa}$  = συγκεκριμένη θερμότητα σε σταθερή πίεση για τον αέρα (1000J/kgk)

Ένα συνηθισμένο γεγονός είναι η σύγκριση της πιο πάνω ισχύς με την θεωρητική και αυτό είναι συνδέεται με την ισεντροπική συμπίεση μεταξύ των ιδίων τιμών πίεσης ,ούτω σωστέ το ισεντροπικό έργο του συμπιεστή είναι:

$$W_{C1} = m_a C_{pa} (T_{2i} - T_1) \dots\dots\dots(4)$$

όπου  $T_2$  είναι η θερμοκρασία στο τέλος της ισεντροπικής πίεσης από τη θερμοκρασία  $T_1$  με την αναλογία πίεσης  $r_{ctt}$

Η αποδοτικότητα της ισεντροπίας μπορεί να αποδειχτεί

$$hc_i = \frac{W_{ci}}{W_{cr}} = \frac{T_{2i} - T_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots(5)$$

για τον κλάδο ισεντροπίας:

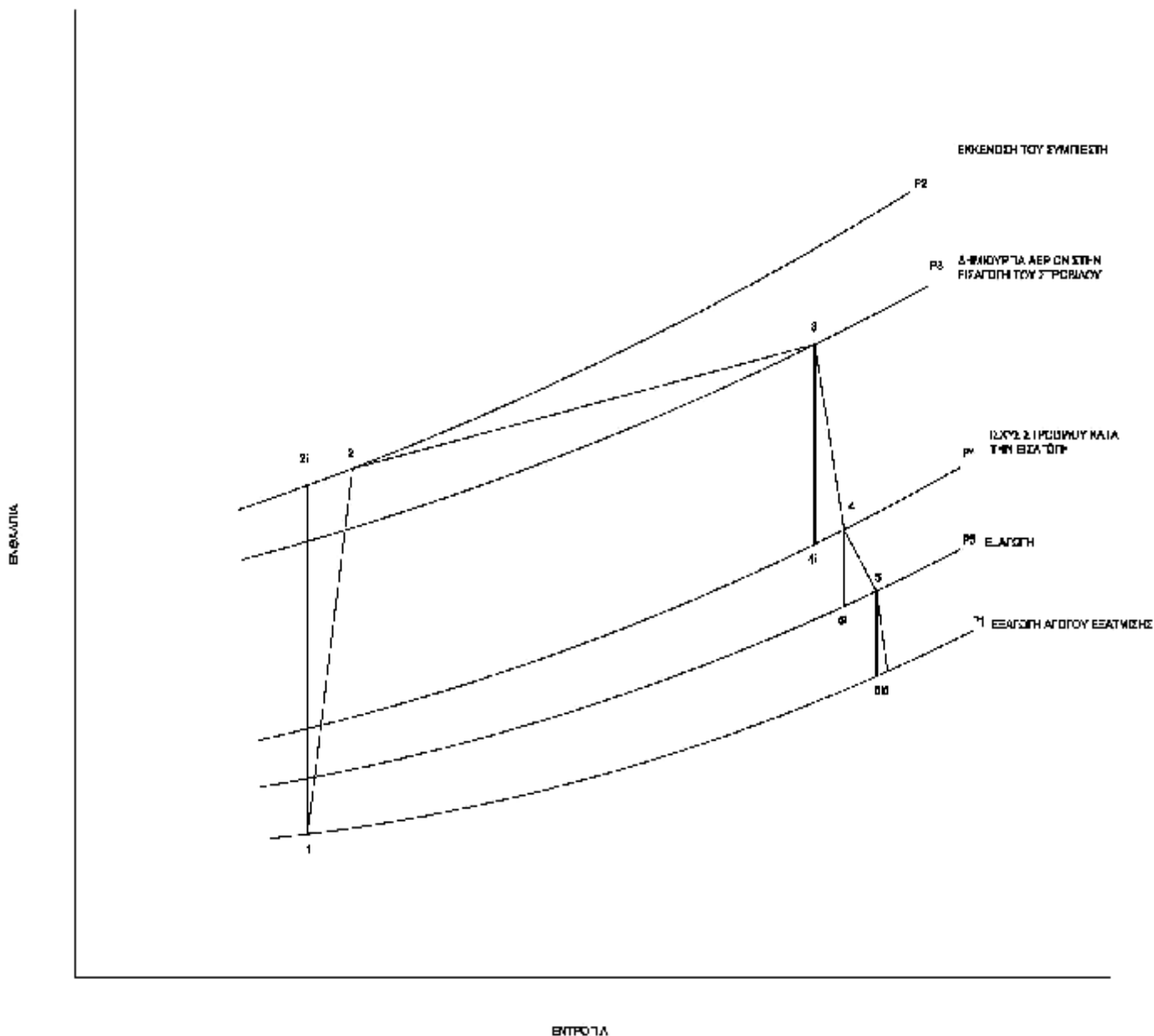
$$\frac{T_{2i}}{T_i} = \frac{P_2}{P_1}^{\frac{g-1}{g}} = (r_{ctt})^{\frac{g-1}{g}} \dots\dots\dots(6)$$

και επιπλέον η ολική ισεντροπική απόδοση μπορεί να γραφτεί σαν

$$\eta_{c\pi} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \left( r_{c\pi}^{\frac{g-1}{g}} - 1 \right) \dots\dots\dots(7)$$

όπου 1,4 για τον αέρα.

ΣΧΕΔΣ : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΡΟΠΑΣ/ΕΝΘΑΛΠΙΑΣ ΓΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟ ΜΕ ΔΥΟ Α. ΟΜΕΣ



Μια παρόμοια ανάλυση μπορεί να προκύψει από τη στατική / στατική αποδοτική ισεντροπία.

Μια ακόμη μέθοδος με την οποία μπορεί να αποδειχτεί η αποδοτικότητα της ισεντροπίας είναι αυτή που φαίνεται στο διάγραμμα 3, χρησιμοποιώντας την γραφική παράσταση  $H/S$  (ενθαλπίας / εντροπίας). Η αποδοτικότητα μπορεί να βρεθεί από την σχέση των κάθετων αποστάσεων μεταξύ της τάξης 1-2<sub>1</sub> και 1-2.

Είναι σύνηθες το γεγονός να θεωρείται η μεταβολή της αναλογίας της πίεσης με την ροή μάζας του αέρα για πολλαπλές ταχύτητες του συμπιεστή. Το σχεδιάγραμμα 4 μας δείχνει μια χαρακτηριστική φυγοκεντρική καμπύλη συμπίεσης και μπορεί να παρατηρηθεί ότι η ροή

μάζας είναι σχεδιασμένη σαν παράμετρος  $\frac{\rho a \sqrt{T_1}}{P_1}$ . Αυτό είναι σαν ένα αποτέλεσμα διορθώσεων για εσωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι περιγράφονται στο τμήμα A7.

### **A2.3 – Παρουσίαση Θαλάμου Καύσης**

Σε ένα αεροστρόβιλο το καύσιμο του υδρογονάνθρακα καίγεται μέσα στο θάλαμο καύσης σαν μια συνεχιζόμενη διαδικασία σε μια ουσιώδη σταθερή πίεση. Χάρη σε αυτή τη συνεχιζόμενη καύση, η αναλογία του A/F που χρησιμοποιείται από τον αεροστρόβιλο πρέπει να είναι 60/70:1 έτσι ώστε η είσοδος θερμοκρασίας της τουρμπίνας να παραμείνει σε ασφαλή όρια για τα πτερύγια της τουρμπίνας.

Οι σημαντικότεροι παράμετροι της διαδικασίας καύσης είναι η έλλειψη πίεσης και η έξοδος της θερμοκρασίας από το θάλαμο.

Λαμβάνοντας υπόψη μας την απόκλιση της πίεσης διαμέσου του θαλάμου, αυτή πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο χαμηλή έτσι ώστε η

έξοδος της turbine power να μεγιστοποιηθεί. Παρ' όλα αυτά η πτώση της πίεσης πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε η ανάμειξη και η ψυχρότητα του αέρα στο θάλαμο πίεσης να επιτευχθεί αποτελεσματικά. Η απώλεια της πίεσης μπορεί να καθοριστεί:

$$DR_{cc} = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \cdot 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Στην περίπτωση όπου τα παράγωγα της καύσης εξέρχονται του θαλάμου, η θερμοκρασία του καυσίμου πρέπει να παραμείνει σταθερή αλλά και όσο πιο υψηλή γίνεται ανάλογα με την αναλογία του αέρα / καυσίμου που δίνεται.

Η θερμοκρασία των καυσίμων που επιτυγχάνεται συνήθως συγκρίνεται με τη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται θεωρητικά για την ίδια αναλογία αέρα / καυσίμου χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες σχέσεις .

Αποτελεσματικότητα καύσεων

$$h_{cc} = \frac{T_3 - T_2}{T_{3i} - T_2} \cdot 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Όπου  $T_{3i} - T_2 =$  θεωρητική θερμοκρασία όπου είναι λιγότερη από  $\Delta T_{cct}$ .

Η τιμή  $\Delta T_{cct}$  προκύπτει από τον ορισμό που βασίζεται στην ανάλυση των καύσεων και προκύπτει από το NGTE (Αποπομπή 1)

$$\Delta T_{cct} = \frac{43740 - 10T_2^1}{1.0078 \frac{A}{F} + 6.6} + d \text{ deg.C} \dots\dots\dots(10)$$

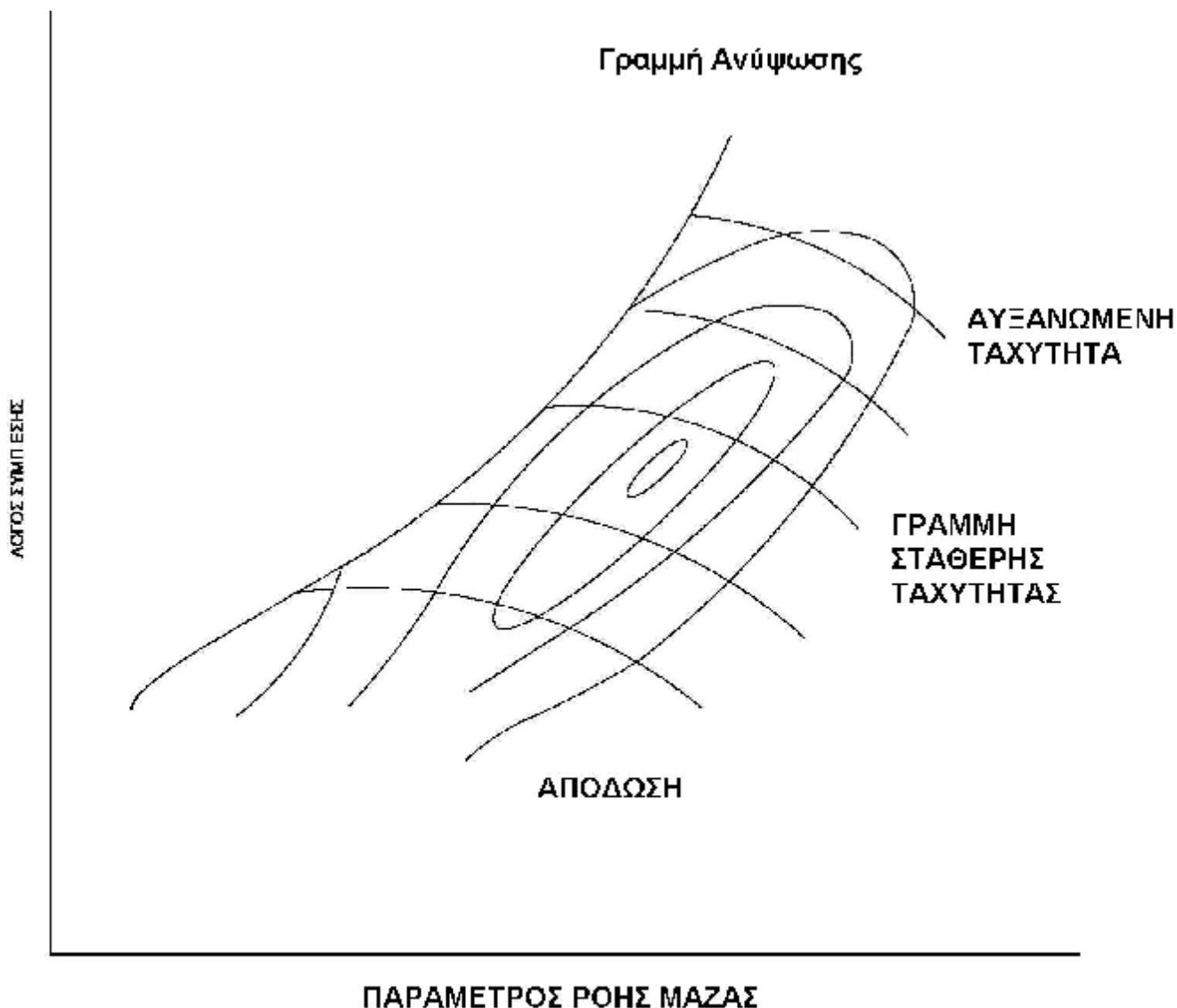
Όπου  $T_2^1 =$  εσωτερική θερμοκρασία καύσης θαλάμου (°C)

$A/F =$  αναλογία αέρα καυσίμου

$d =$  παράγοντας διόρθωσης για 2 °C.

Η πιο πάνω σχέση ισχύει μόνο για τύπου κηροζίνης καύσιμα τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί για αυτό τον συνδυασμό δοκιμών.





ΣΧΕΔ.4: ΓΕΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΠΟΔΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

## A2.4 – Χαρακτηριστικά Στροβίλου

### A2.4.1 1<sup>st</sup> Στροβίλου

Σε μια παρόμοια ανάλυση η οποία χρησιμοποιείται στο τμήμα A2.2, η ολική / ολική αναλογία της εκτόνωσης του στροβίλου μπορεί να οριστεί ως:

$$r_{t_u} = \frac{P_3}{P_4} \dots\dots\dots(11)$$

και η ισεντροπική θερμοκρασία μετά την εκτόνωση δίνεται ως:

$$T_{4i} = \frac{T_3}{r_{t_4}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \dots\dots\dots(12)$$

Για την εκτόνωση έχει βρεθεί ότι  $T_4 > T_{4i}$  όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα 3 λόγω της θερμικής τριβής και έτσι η ισεντροπία ορίζεται ως:

$$h_{r_{t_4}} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4i}} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 \left[ 1 - \left( \frac{1}{r_{t_4}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \right) \right]} \dots\dots\dots(13)$$

Σε αυτή την περίπτωση ο στρόβιλος χρησιμοποιεί τα παράγωγα της καύσης σε υψηλή θερμοκρασία καθώς το ρευστό λειτουργίας, η τιμή του  $\gamma$  και η σχέση των σχετικών θερμοτήτων, μειώνεται σε μια μέση τιμή που είναι περίπου 1.33.

Η πιο πάνω ανάλυση σχετίζεται με τον πρώτο από τους δυο άξονες της GT85-2 και από την αντικατάσταση διαφορετικών subscripts ίσων προς τις σχέσεις οι οποίες μπορούν να προκύψουν από τον 2<sup>ο</sup> στρόβιλο (βλέπε A.2.4.2)

Λαμβάνοντας υπόψη το τι έχει λεχθεί στο τμήμα A2.1 η ισχύς έξοδου για τον 1<sup>ο</sup> στρόβιλο είναι ίση με την ισχύς η οποία χρειάζεται για τον συμπιεστή.

Η θεωρητική ισχύεις του 1<sup>ου</sup> στροβίλου:

$$W_{t2} = (\dot{m}_a + \dot{m}_f) C_{Pg} (T_3 - T_4) \dots\dots\dots(14)$$

Η θεωρητική ισχύ του συμπιεστή:

$$= W_{c1} = \dot{m}_a C_{Pa} (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(15)$$

Επειδή υπάρχει μηχανική απώλεια μεταξύ του στροβίλου και του συμπιεστή η σχέση των δυο έργων (Στροβίλου και συμπιεστή) είναι ως ακολούθως:

$$W_{\text{H}} > W_c$$

$$\text{ή } W_{\text{H}} = W_c + \text{losses} \dots\dots\dots(16)$$

Αν υποθέσουμε ότι η μηχανικές απώλειες είναι ίσα κατανεμημένες μεταξύ του συμπιεστή και της στροβίλου τότε μπορούν να γραφτούν οι ακόλουθες εξισώσεις:

Για τον 1<sup>ο</sup> στρόβιλο 
$$W_{oi_1} = W_{ii} - \frac{(W_{ii} - W_c)}{2} = \frac{(W_{ii} + W_c)}{2} \dots\dots\dots(17)$$

και  $W_{oi_1} = W_{oc} =$  ολική εισαγωγή δεδομένων ισχύος στο συμπιεστή.

Επίσης είναι πιθανόν να καθοριστούν οι μηχανικές αποδόσεις του συμπιεστή και του 1<sup>ου</sup> στροβίλου, και δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις

$$\eta_{m_c} = \frac{\text{θεωρητική εισαγωγή ισχύος}}{\text{πραγματική εισαγωγή ισχύος}} = \frac{2W_c}{W_c + W_1} \cdot 100\% \dots\dots\dots(18)$$

$$\eta_{m_c} = \frac{\text{πραγματική εισαγωγή ισχύος}}{\text{θεωρητική εισαγωγή ισχύος}} = \frac{W_c + W_1}{2W_H} \cdot 100\% \dots\dots\dots(19)$$

Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (18) και (19) με τους όρους της ισεντροπικής απόδοσης οι οποίοι έχουν αποδειχτεί πιο πριν, οι ισεντροπικές αποδόσεις μπορούν να οριστούν ως ακολούθως:

$$\eta_{oi_c} = \eta_{ctt} \times \eta_{m_c} \times \frac{1}{100} \% \dots\dots\dots(20)$$

$$\eta_{oi_{t1}} = \eta_{ttt} \times \eta_{m_{t1}} \times \frac{1}{100} \% \dots\dots\dots(21)$$

**A2.4.2. 2<sup>ο</sup> Στρόβιλος**

Όπως και στην περίπτωση του 1<sup>ου</sup> στροβίλου οι ακόλουθες ποσότητες μπορούν να οριστούν

Αναλογία εκτόνωσης 
$$r_{t2} = \frac{P_4}{P_5} \dots\dots\dots(22)$$

$$n_{t_2} = \frac{T_4 - T_5}{T_4 \left( 1 - \frac{1}{r_{t_2}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \right)} \dots\dots\dots(23)$$

Απόδοση ισεντροπίας

$$\text{Θεωρητική απόδοση εξαγωγής ισχύος } W_{t_2} = (n_{a_2} + n_{f_2}) C_{p_g} (T_4 - T_5) \dots\dots(24)$$

Για τον 2<sup>ο</sup> στρόβιλο, η πραγματική απόδοση ισχύος μπορεί να μετρηθεί από ένα δυναμόμετρο

$$\text{έτσι η ολική απόδοση ισχύος } W_{o_{t_2}} = \frac{2\pi N_2 T}{60} \dots\dots\dots(25)$$

Όπου N<sub>2</sub> είναι η ισχύ της ταχύτητας του στρόβιλου και T είναι η ροπή του φρένου.

Συνεπώς η μηχανολογική απόδοση μπορεί να οριστεί ως

$$n_{m_{t_2}} = \frac{W_{o_{t_2}}}{W_{t_2}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(26)$$

και η ολική ισεντροπική απόδοση ως

$$n_{o_{t_2}} = n_{m_{t_2}} \times n_{t_2} \times \frac{1}{100} \% \dots\dots\dots(27)$$

**A2.5 – Χαρακτηριστικά Του Ολικού Αεροσυμπιεστή**

Λαμβάνοντας υπόψη μας την ολοκληρωμένη κύκλο λειτουργίας του αεροσυμπιεστή ένας αριθμός σημαντικών παραμέτρων μπορεί να βρεθούν προκειμένου να εξασφαλιστεί μια βασική κατανόηση του όλου κύκλου λειτουργίας.

**A2.5.1 – Θερμική Απόδοση η<sub>th</sub>**

Αυτό συσχετίζεται με την απόδοση (αεροσυμπιεστή) της μονάδας σαν πηγή ισχύος και ορίζεται ως

$$\text{Θερμική απόδοση} \quad \eta_{\#} = \frac{\text{εργο εξόδου}}{\text{θερμότητα εισαγωγής}} = \frac{W_{\sigma 2}}{\dot{m}f h_{cv}} \cdot 100\% \quad \dots\dots(28)$$

Όπου  $h_{cv}$  είναι η χαμηλότερη θερμική τιμή του καυσίμου που χρησιμοποιείται . Για την κηροζίνη που χρησιμοποιείται από το GT85-2, η τιμή είναι  $h_{cv} = 44.3 \cdot 10^6 \text{ J / kg}$

**A2.5.2 – Συγκεκριμένη Κατανάλωση Καυσίμων sfc**

Αυτό δίνει μια βασική επεξήγηση της σύγκρισης καυσίμων που απαιτούνται ανά μονάδα απόδοσης της ισχύος εξαγωγής για διαφορετική θερμικές μηχανές και ορίζεται ως

$$sfc = \frac{mf}{W_{\sigma 2}} \dots\dots\dots(29)$$

**A2.5.3. – Απόδοση Ενός Κύκλου Που Λειτουργεί Με Βάση Τον Αέρα**

Αυτή είναι η απόδοση ενός ισοδύναμου ιδανικού κύκλου με σχέση πίεσης  $r_c$  και αντιπροσωπεύει τη θεωρητική απόδοση του ισεντροπικού έργου το οποίο σχετίζεται με την θεωρητική θερμότητα εισαγωγής χρησιμοποιώντας μονό αέρα σαν ρευστό λειτουργίας. Για την ακρίβεια αυτή είναι η πιο κοντινή απόδοση προς την πραγματική απόδοση του κύκλου

$$\text{απόδοση του κύκλου} \quad 1 - \frac{1}{r_c^{\frac{1}{\gamma}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(30)$$

**A2.5.4 – Σχέση Έργου**

Αυτό αντιπροσωπεύει την αναλογία της απόδοσης της ισχύος προς την ολική ισχύ του στροβίλου παραμελώντας τους παράγοντες τριβής

$$\text{Σχέση Έργου} \quad WR = \frac{C_{pg45} (T_4 - T_5)}{C_{pg35} (T_3 - T_5)}$$

Είναι σύνηθες φαινόμενο η υπόθεση ότι  $C_{pg45} = C_{pg35}$  και συνεπώς η σχέση έργου μπορεί πολύ απλά να οριστεί ως

$$WR = \frac{T_4 - T_5}{T_3 - T_5} \cdot 100\% \dots\dots\dots(31)$$

### **A3 – ΘΕΩΡΙΑ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ**

Ο φυγόκεντρος συμπιεστής αποτελείται από ένα σταθερό κιβώτιο στο οποίο περιλαμβάνεται το περιστρεφόμενο στροφέιο ο οποίος μεταδίδει την υψηλή ταχύτητα στο ρευστό λειτουργίας το οποίο στην περίπτωση αυτή είναι αέρας. Ο σκοπός αυτού του κιβωτίου είναι να μειώσει την εκφορτωτική ταχύτητα του αέρα που απελευθερώνεται από τα πτερύγια του συμπιεστή και να μετατρέψει την κινητική ενέργεια του αέρα σε στατική πίεση ενέργειας.

Αυτή η ζώνη επιβράδυνσης είναι γνωστή σαν ζώνη αύξησης της ταχύτητας των καυσαερίων (Diffuser) και καθορίζεται σαν ένας σημαντικός ρόλος στην δημιουργία πίεσης του συμπιεστή.

Κάτω από λειτουργικές συνθήκες, το στροφέιο επιταχύνει τη ροή του αέρα στην κυκλική κατεύθυνση και αυξάνει την στατική πίεση σε τιμή που είναι περίπου του μισού της τελικής πίεσης. Το κενό διάστημα μεταξύ των πτερυγίων το οποίο βρίσκεται στην κυκλικά εξωτερική επιφάνεια του στροφείου χρησιμοποιείται για να κάνει πιο ομαλή τη ροή του αέρα αλλά επίσης και για να την επιβραδύνει. Η μεγαλύτερη επιβράδυνση εξασφαλίζεται από την ελεγχόμενη εκτόνωση μέσα στον έλικα και σε αυτό το στάδιο είναι που η κινητική ενεργεία που απομένει μετατρέπεται σχεδόν όλη η ενέργεια σε ενέργεια στατικής πίεσης.

Η ανάλυση που δίνεται παρακάτω αφορά την απόδοση του στροφείου.

### A3.1 – Ισχύς Στροφείου.

Εφόσον δεν παράγεται έργο από τον αέρα που βρίσκεται συγκεντρωμένος στο αυξητή ταχύτητας των καυσαερίων η ενέργεια η οποία απορροφάτε από το συμπιεστή μπορεί να καθοριστεί από διαφορετικές συνθήκες του αέρα κατά την είσοδο και την έξοδο του από το στροφείο.

Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες οι οποίες δίνονται στην Εικόνα 5, η ισχύς μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής:

Αν υποθέσουμε ότι ο αέρας μπαίνει μέσα στο στροφείο από μια αξονική κατεύθυνση με μηδενική ορμή και φεύγει από το στροφείο με απόλυτη ταχύτητα  $C_2$ , τότε κινείται περιστροφικά με εφαπτόμενη ταχύτητα  $C_{w2}$  και η ακτίνα γίνεται  $C_{r2}$ .

Κάτω από ιδανικές συνθήκες το  $C_{w2}$  στο στροφείο πρέπει να έχει την ίδια ταχύτητα εκκένωσης  $U_2$  αλλά καθώς τα διάκενα μεταξύ των πτερυγίων του στροφείου είναι πολύ μικρού μεγέθους, δημιουργείται περιστροφική ζώνη των καυσαερίων. Αυτό είναι γνωστό σαν ολίσθηση και ο παράγοντας ολίσθησης ορίζεται σαν

$$s = \frac{C_{w2}}{U_2} \dots\dots\dots(32)$$

Χρησιμοποιώντας τη βασική θεωρία της θερμοδυναμικής η εισαγωγή της ροπής ανά μονάδα μάζας ροής που εφαρμόζεται στο στροφείο πρέπει να ισοδυναμεί με την γωνιακή ορμή αέρα μεταξύ της εισόδου και τις εξόδου του καυσίμου (Αέρα).

$$\text{Θεωρητική είσοδος ροπής} = C_{w2} r_2 - C_{w1} r_1 \dots\dots\dots(33)$$

Υποθέτοντας ότι η εσωτερική περιστροφή είναι μηδενική π.χ.  $C_w=0$  τότε η εξίσωση (33) μειώνεται στη θεωρητική είσοδο ροπής

$$\text{Θεωρητική είσοδος ροπής} = C_{w2} r_2 = s U_2 r \dots\dots\dots(34)$$

και υποθέτοντας ότι η γωνιακή ταχύτητα του  $\omega$

θεωρητική Ισχύς εισόδου = θεωρητική είσοδος ροπής  $\times \omega$

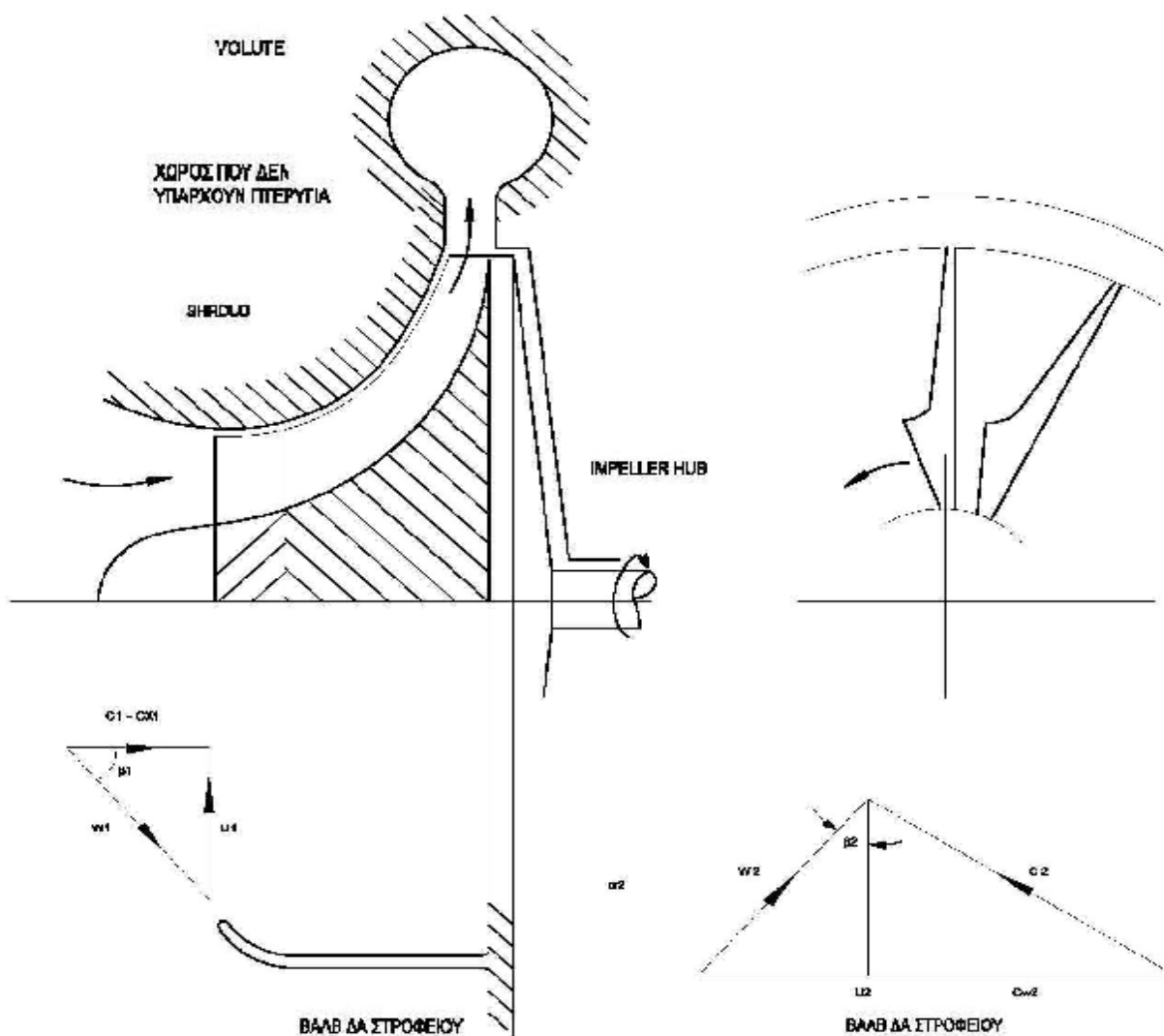
$$= (\sigma U_2 r) \times \omega$$

$$= \sigma U_2^2 \dots\dots\dots(35)$$

Λόγω του ότι υπάρχει η τριβή και λόγω άλλων απωλειών η πραγματική δύναμη εισόδου είναι μεγαλύτερη από την θεωρητική ισχύς εισόδου και σχετίζεται με τον παράγοντα ισχύος  $\psi$  δηλαδή: πραγματική ισχύς εισόδου =  $\psi \times$  θεωρητική ισχύς εισόδου

$$= \psi \sigma U_2^2 \dots\dots\dots(36)$$

ΣΧΕΔΣ : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΤΕΡΥΓΩΝ ΣΥΜΠΕΣΤΗ





### A3.2-Ολικη Απόδοση

Αν η ολική θερμοκρασία αυξάνεται δια μέσου του συστήματος του συμπιεστή είναι  $T_2-T_1$  τότε δεν παράγεται έργο στο σημείο αύξησης της ταχύτητας των καυσαερίων του συμπιεστή (Diffuser) και αυτό ισούται με την ολική αύξηση της θερμοκρασίας που προκύπτει δια μέσου του στροφείου.

Επιπλέον η ισχύς εισόδου βασίζεται στην θερμοκρασία που προκύπτει

$$= Cp(T_2 - T_1) = y s U_2^2 \dots\dots\dots(37)$$

Επειδή η διαδικασία συμπίεσης θεωρείται σαν αδιαβατική διαδικασία τότε

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_{2i}^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}{T_1^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}} \dots\dots\dots(38)$$

όπου  $T_{2i}$  είναι η θερμοκρασία ισεντροπίας και σχετίζεται με την πραγματική θερμοκρασία  $T_2$  διάμεσου της σχέσης για την απόδοση της ισεντροπίας του συμπιεστή

$$n_c = \frac{T_{2i} - T_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots(5) \text{ πάλι}$$

$$\frac{T_{2i}}{T_1} = 1 + \frac{n_c (T_2 - T_1)}{T_1}$$

Αυτό μπορεί να γραφτεί και σαν :

Και όταν αντικατασταθεί στο (38) μας δίνει :

$$\frac{P_2}{P_1} = 1 + \frac{n_c (T_2 - T_1)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}{T_1^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}$$

Και χρησιμοποιώντας την εξίσωση (37) :

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( 1 + \frac{n_c \psi \sigma U_2^2}{Cp T_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \dots\dots\dots(39)$$

Οι κανονικές τιμές για την σταθερή εξίσωση (39) είναι

$\psi$ = παράγοντας εισαγωγής ισχύος» 1.035 – 1.040

$\sigma$ = παράγοντας ολίσθησης» 0.90

$\eta_c$ = απόδοση ισεντροπίας» 0.80 max

### A3.3- Γενικά Σχόλια

Η ανάλυση της εξίσωσης (39) μας δείχνει ότι η σχέση πίεσης που δημιουργείται από τον φυγόκεντρο συμπιεστή εξαρτάται μονό από την ταχύτητα περιστροφής ή την ταχύτητα εκκένωσης  $U_2$ .

Έχει ήδη τονιστεί στην εικόνα 4 ότι η σχέση πίεσης μπορεί να μεταβάλλεται με την μαζική ροή και μπορεί να εξηγηθεί ως έξης :

Καθώς η ροή μέσα στον συμπιεστή αυξάνεται πέραν των ορίων του κατασκευαστή τότε οι απώλειες τριβής μέσα στα διάκενα του στροφείου και κυρίως στον σημείο αύξησης της ταχύτητας των καυσαερίων (Diffuser) δημιουργούν μείωση της πίεσης εξαγωγής με αποτέλεσμα να μειώνεται η ισχύς (Βλέπε Εικόνα 4).

Καθώς η ροή μειώνεται, κάτω από τα όρια του κατασκευαστή, και όταν η ταχύτητα του πτερυγίου του έλικα μειώνεται η τάση της επανακυκλοφορίας της ροής αυξάνεται. Αυτό οδηγεί, στην ξαφνική και αποτομή αύξηση της επανακυκλοφορίας όπου η ροή μπορεί να διασπαστεί ολοκληρωτικά στο πέρασμα των πτερυγίων. Θα το δούμε από την εικόνα 4, το διάγραμμα απόδοσης του συμπιεστή είναι περιορισμένο από την απότομη αύξηση της επανακυκλοφορίας της ροής και αυτό μας αποδεικνύει ότι τέτοιες μεταβολές κατά την λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή μπορεί να είναι καταστροφικές.

Αυτή η μεταβολή είναι μια βασική βλάβη και για τους δύο συμπιεστές (αξονικός και φυγόκεντρος) και έχει μεγάλη επιρροή στα χαρακτηριστικά εκκίνησης του στροβιλοσυμπιεστή καθώς φαίνεται στο τμήμα Α6.

#### **A4 - ΘΕΩΡΙΑ ΘΑΛΑΜΟΥ ΚΑΥΣΗΣ**

Ο βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για την απόδοση του θαλάμου καύσης είναι αυτοί που δύναται στο τμήμα A2.3. Ο σκοπός αυτού του τμήματος είναι σε γενικές γραμμές να περιγράψει την βασική λειτουργία ενός τύπου θαλάμου καύσης ο οποίος χρησιμοποιείται στο GT85-2.

Το σύστημα καύσης του GT85-2 αποτελείται κυρίως λόγο δυο μερών, μια μονάδα που στροβιλίζεται ενσωματώνεται σε επιταχυντήρα αερίων σε κινητήρα και σε ένα θάλαμο καύσης.

Αυτή η μονάδα κάθετου στροβιλισμού όπως συνεπάγεται και από την ονομασία, είναι για να δημιουργεί στροβιλισμό του αέρα για να επιτυγχάνεται καλύτερη ανάμιξη μεταξύ αέρα και βενζίνης και μετά το μείγμα ψεκάζεται από το ακροφύσιο.

Το σχηματικό διάγραμμα 6 μας δείχνει την ροή που προκύπτει από τον στροβιλισμό στον θάλαμο καύσης. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 6, η αρχική ροή που μπαίνει στο θάλαμο καύσης πρέπει να δημιουργεί Σπειροειδής δίνη, η δίνη η οποία δημιουργείται είναι ως αποτέλεσμα της διάσπασης του στροβιλισμού και η εισαγωγή αέρα μέσα στην δίνη ορίζονται σαν αρχικές οπές.

Η καύση εδώ γίνεται περίπου κάτω από την αναλογία στοιχειομετρική αναλογία αέρα / καυσίμου π.χ  $A/F=15:1$ .

Η δεύτερη σειρά οπών οριζόμενη σαν η δεύτερη ζώνη η οποία επιτρέπει την είσοδο αέρα προκειμένου να μειώσει την θερμοκρασία των παράγωγων της καύσης και μας δίνει τιμή αναλογίας αέρα / καύσιμου περίπου 35:1.

Η ζώνη τρίτου βαθμού περιλαμβάνει μεγαλύτερες οπές σε σύγκριση με τους προηγούμενους τομείς και επιτρέπει την είσοδο μεγαλύτερης ποσότητας αέρα προκειμένου να παραχθεί η έξοδος του αέριου καυσίμου το οποίο δίνει τιμή αναλογίας αέρα / καύσιμου 70:1.

Σε διάφορα τμήματα του θαλάμου καύσης, μια σειρά από μικρές οπές βρίσκεται γύρω από την περιφέρεια του θαλάμου καύσης. Αυτές οι οπές προάγουν μια ροή η οποία μειώνει την θερμοκρασία στα τοιχώματα και διατηρούν εσωτερικά την θερμοκρασία των τοιχωμάτων σε λειτουργική θερμοκρασία.

Συνοψίζοντας την λειτουργία του κάθε τομέα του συστήματος της καύσης πρέπει να γίνουν τα παρακάτω σχόλια:

1. στρόβιλος –παράγει περιστροφική διάσπαση της αναλογίας αέρα / καύσιμου
2. Αρχική ζώνη - σταθερή καύση γίνεται εδώ με στοιχειομετρική αναλογία αέρα καύσιμου
3. Δεύτερη ζώνη – μείωση της θερμοκρασίας των αέριων
4. Τρίτη ζώνη – μείωση περίπου 50% της αναλογίας αέρα / καυσίμων που δίνει μείωση στην θερμοκρασία έξοδου με σταθερή διανομή της θερμοκρασίας.

ΣΕΛΑ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ ΣΤΗΝ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑ

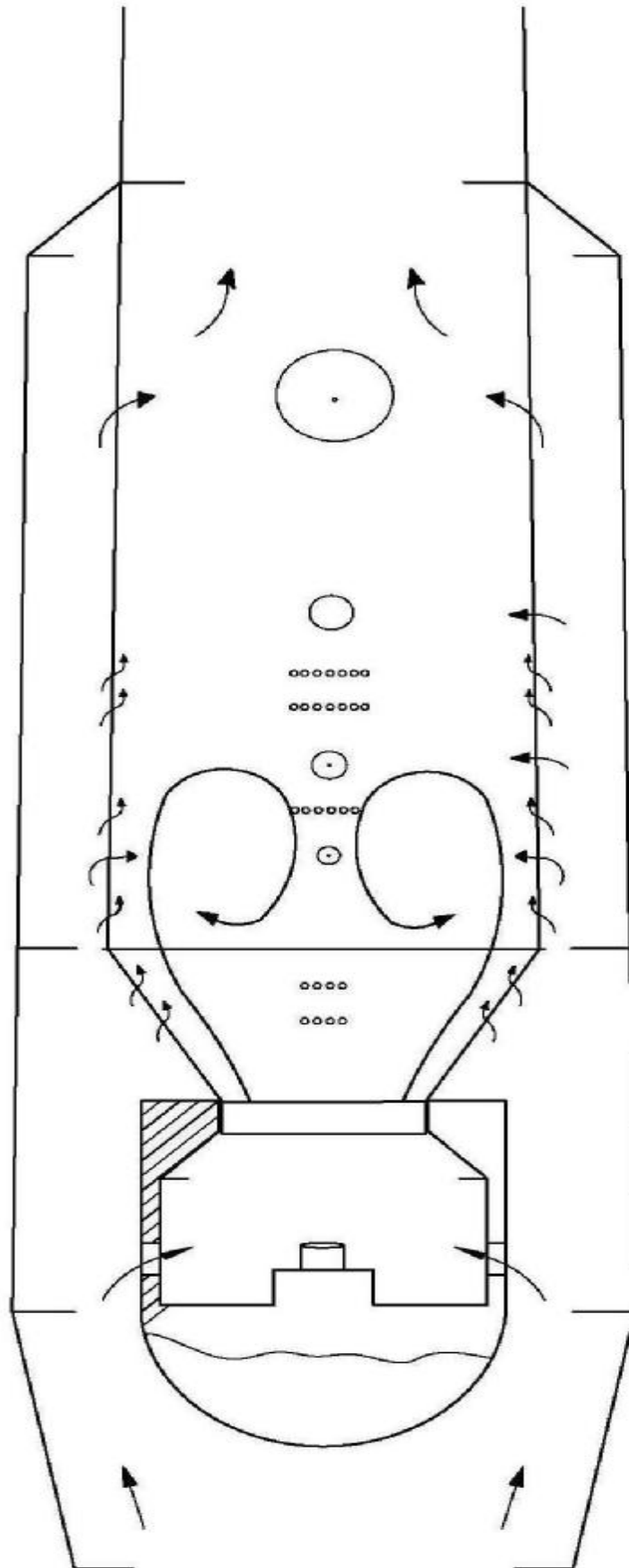
ΤΥΠΟ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΑΕΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΝ

ΕΠΙΣΤΡΟΦΙΔΕΚΤΗΡ

ΕΠΙΣΤΡΟΦΙΔΕΚΤΗΡ

ΑΕΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΝ



ΕΠΙΣΤΡΟΦΙΔΕΚΤΗΡ

## A5. ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Ο φυγόκεντρος στρόβιλος αποτελείται ουσιαστικά από ένα σταθερό κιβώτιο το οποίο περιλαμβάνει το στροφέιο το οποίο περιστρέφεται σαν αποτέλεσμα της ψηλής ταχύτητας της ροής. Η λειτουργία αυτού του κιβωτίου είναι να κάνει πιο ομαλή την επιτάχυνση και να παραχθεί ευθύγραμμη ομαλή ψηλή ταχύτητα στην έξοδο του στροφέιου.

Τα πτερύγια του στροφέιου είναι κυκλικά τοποθετημένα στην εξωτερική διάμετρο του στροφέιου προκειμένου να παραχθεί μια αξονική έξοδος της ροής του αέρα. Το σχεδιάγραμμα 7 μας δείχνει ένα στροφέιο στροβίλου.

Το σημείο έξοδου του έλικα καμπυλώνει προκειμένου να μειώσει περισσότερη από την απόλυτη εφαπτόμενη ταχύτητα που συνίσταται. Αυτό το τμήμα του έλικα είναι γνωστό σαν *exducer* (ισοδύναμος με τον εισαγωγέα φυγοκέντρου συμπίεστή).

Αυτή η εκκένωση του υγρού από το στροφέιο του στροβίλου, μπορεί να έχει μια αξιοσημείωτη ταχύτητα  $C_3$  και μια αξονική συγκέντρωση μπορεί τότε να θεωρηθεί σαν ένα μέσο ανάκτησης περισσότερης κινητικής

ενέργειας  $\frac{1}{2}C_3^2$ .

### A5.1 Απόδοση Στροφέιου

Μπορεί να φανεί η ποσότητα

$$I = h_{orel} - \frac{1}{2}U^2 \dots\dots\dots(40)$$

είναι μια σταθερή και αδιάβατη διαδικασία ροής η οποία σχετίζεται με το περιστρεφόμενο μέρος του στροβίλου. Επομένως αυτό συσχετίζεται με

το σχεδιάγραμμα 7.

$$h_{o2rel} - \frac{1}{2}U^2 = h_{o3rel} - \frac{1}{2}U_3^2 \dots\dots\dots(41)$$

και επειδή

$$h_{orel} = h + \frac{1}{2}W^2 ,$$

$$h_2 - h_3 = \frac{1}{2}(U_2^2 - U_3^2) - (W_2^2 - W_3^2) \dots\dots\dots(42)$$

Το συγκεκριμένο έργο το οποίο παράγεται από το στροφέα του ρευστού δίνεται από

$$DW = h_{o1} - h_{o3} = h_{o2} - h_{o3} \dots\dots\dots(43)$$

$$\text{αφου } h_{o1} = h_{o2}$$

$$\text{και αφού } h_o = h + \frac{1}{2}C^2 \text{ είναι απόλυτοι όροι}$$

$$DW = h_2 - h_3 + \frac{1}{2}(C_2^2 - C_3^2) \dots\dots\dots(44)$$

Αντικαθιστώντας από (42)

$$DW = \frac{1}{2}(U_2^2 - U_3^2) - (W_2^2 - W_3^2) + (C_2^2 - C_3^2) \dots\dots\dots(45)$$

Στο σημείο σχεδιασμού, υπάρχει μια μηδενική σχετική ροή στην εισαγωγή του ρότορα και η απολυτή ταχύτητα στην έξοδο του ρότορα εξάγεται αξονικά. Επιπλέον από το σχεδιάγραμμα 7

$$W_3^2 - U_3^2 = C_3^2$$

χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση, η εξίσωση (42) τώρα μπορεί να γραφτεί σαν

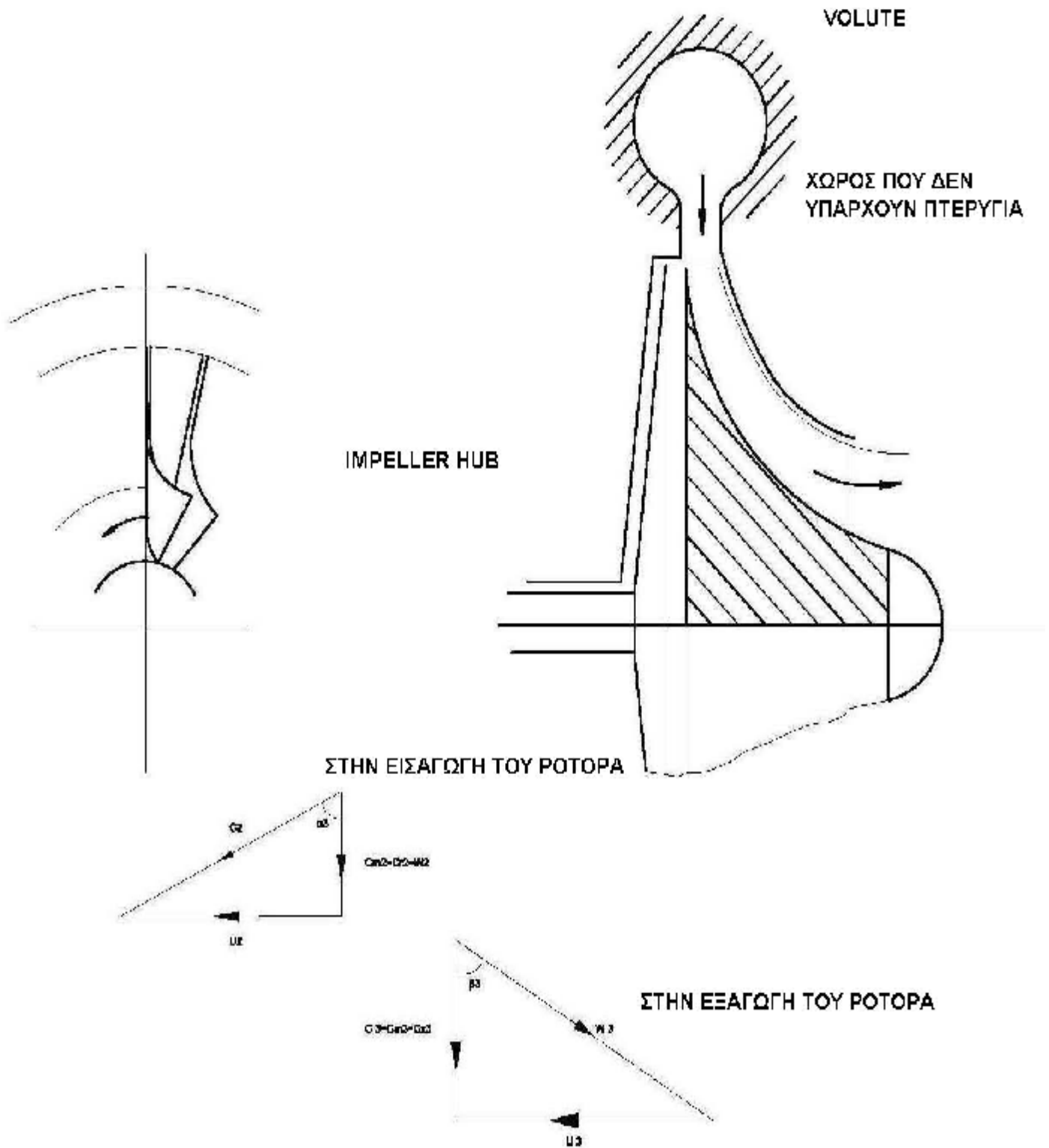
$$h_2 - h_3 = \frac{1}{2}(U_2^2 - W_2^2 + C_3^2) \dots\dots\dots(46)$$

Από την ταχύτητα ΔS

$$W_2 = U_2 \cot a_2$$

$$C_3 = U_3 \cot b_3$$

ΣΧΕΔ7: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ





και από την εξίσωση (46) προκύπτει

$$h_2 - h_3 = \frac{1}{2} U_2 \left[ 1 - \cot^2 \alpha_2 + \left( \frac{r_3}{r_2} \right) \cot^2 \beta_3 \right] \dots\dots\dots(47)$$

αφού  $h = C_p T = \frac{\gamma RT}{\gamma - 1}$  η παρακάτω εξίσωση μπορεί να γραφτεί σαν

$$1 - \frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{2} U_2^2 \frac{\gamma - 1}{\gamma RT_2} \left[ 1 - \cot^2 \alpha_2 + \left( \frac{r_3}{r_2} \right) \cot^2 \beta_3 \right]$$

$$\text{ή } \frac{T_3}{T_2} = 1 - \frac{1}{2} (\gamma - 1) \left( \frac{U_2}{a_2} \right)^2 \left[ 1 - \cot^2 \alpha_2 + \left( \frac{r_3}{r_2} \right) \cot^2 \beta_3 \right] \dots\dots\dots(48)$$

$$\text{αφού } a = \text{ταχύτητα ήχου} = \sqrt{gRT}$$

Ακολούθως για την λειτουργία του στροβίλου στο σημείο σχεδιασμού με μια δεδομένη ταχύτητα και δεδομένη κατάσταση εισαγωγής υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της ταχύτητας έξοδου. Αυτός είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο η διάφορα θερμοκρασιών στον στρόβιλο είναι μεγαλύτερης σημασίας από ότι αυτών των συμπιεστών.

Καθώς προκύπτει από την πιο πάνω απόδειξη η ανάλυση της απόδοσης του στροφείου είναι πιο περίπλοκη από την ανάλυση του συμπιεστή και δεν συνίσταται ο περαιτέρω σχολιασμός της απόδοσης του στροφείου. Συνιστώνται οι περαιτέρω θεωρητικές έρευνες έτσι τα κατάλληλα βιβλία πρέπει να συμπεριληφθούν.

### **A6 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΓΙΑ ΑΕΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟ**

Όπως καθορίζεται στο τμήμα A3.3 τα χαρακτηριστικά του συμπιεστή παρουσιάζουν μια αστάθεια στη ροή και αυτό χαρακτηρίζεται ως σκαμπανέβασμα και τα όρια της απόδοσης του συμπιεστή ορίζονται από μια ανεξάρτητη γραμμή η οποία φαίνεται στο σχεδιάγραμμα 4.

Κατά την λειτουργία της μηχανής ο ορισμός αυτής της γραμμής που παρουσιάζει σκαμπανεβάσματα θα φανεί στο σχεδιάγραμμα 8. Η γραμμή AB του συμπιεστή/στροβίλου καθορίζεται σαν γραμμή λειτουργίας και μπορεί να φανεί καθαρά στην γραμμή εφαρμογής AC.

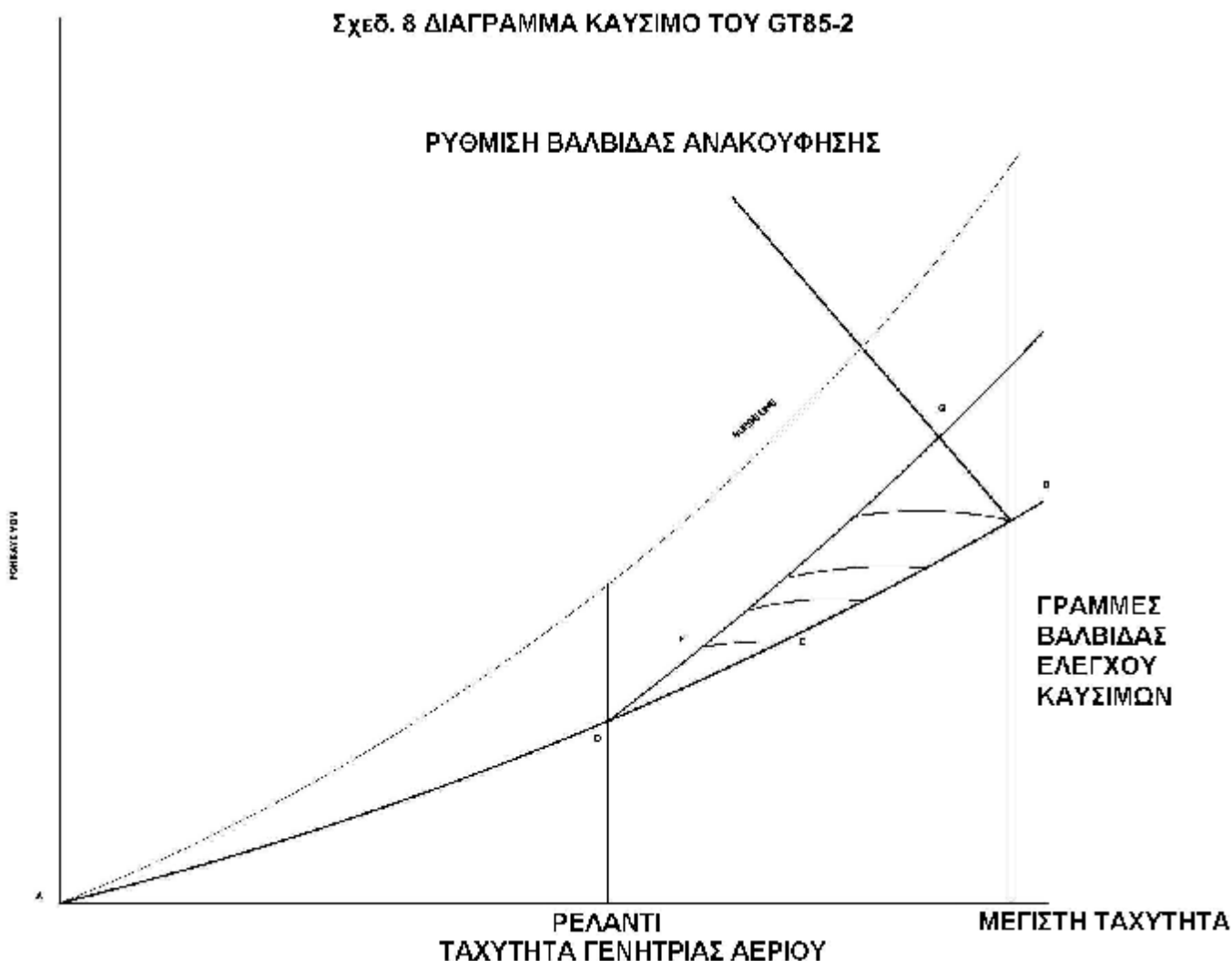
Παρ'όλο αυτά τα προβλήματα με την εφαρμογή μπορεί να προκύψουν κατά την διάρκεια δυο ξεχωριστών φάσεων της μηχανικής εφαρμογής, η οποία ονομάζεται επιτάχυνση και εκκίνηση.

Και στις δυο αυτές περιπτώσεις το αποτέλεσμα της αποτομής αύξησης της ροής των καυσίμων μπορεί να είναι τέτοιο έτσι ώστε η ταχύτητα της μηχανής να αυξάνεται ραγδαία χωρίς να χρειάζεται η ύπαρξη της ταυτόχρονης αύξησης της ροής του αέρα. Αυτό οδηγεί στην πιθανότητα του σκαμπανέβασμα του συμπιεστή με συνέπεια να χάνεται η απόδοση της άντλησης και επίσης οδηγεί στην είσοδο υψηλών θερμοκρασιών στον στρόβιλο χάρη στις αρχικές ψηλές αναλογίες Καυσημου/Αερα.

### **A6.1-Προγραμμα Καυσίμων Κατά Την Διάρκεια Της Εκκίνησης**

Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα του σκαμπανεβάσματος κατά την διάρκεια της εκκίνησης του στροβίλοσυμπιεστή, το σύστημα υιοθετεί για το GT85-2 , την χρήση ενός πολύ απλού συστήματος καυσίμων.

Ενώ το GT85-2 χρησιμοποιεί αέρα για την αρχική εκκίνηση, η ουσία της διαδικασίας εκκίνησης είναι η παραγωγή αρχικών καυσίμων με την χαμηλότερη ροή του έλικα αέρα και την χαμηλότερη ταχύτητα και μετά αλλάζει το απόθεμα των καυσίμων σε κηροζίνη σε ελεγχόμενη αναλογία ροής με πλήρη τροφοδοσία του έλικα. Αυτό στο GT85-2 επιτυγχάνεται με την χρήση ενός σταθερού παρακαμπτήριου συστήματος, όπου ο παρακαμπτήριος των καυσίμων βρίσκεται γύρο από τη βαλβίδα καυσίμων.



Γι' αυτό η διαδοχή των γεγονότων γίνεται ως εξής:

Τα αρχικά καύσιμα (οινόπνευμα) ψεκάζεται μέσα στην μονάδα στροβίλου και αναφλέγεται. Όταν τα καύσιμα είναι ικανοποιητικά, θα επιτευχθεί η παρουσία της ροής στον έλικα και η αντλία των καυσίμων ξεκινά και αυτόματα ο διακόπτης της αντλίας ανάβει στο μέγιστο σημείο. Η πίεση της αντλίας των καυσίμων ανεβαίνει σχετικά αργά και γι' αυτό τον λόγο η ροή των καυσίμων μέσα στον θάλαμο καύσης επίσης αυξάνεται αργά.

Αυτό επιτρέπει στην κηροζίνη να αναπτύσσεται σταδιακά και την ίδια ώρα καθώς η ταχύτητα του συμπιεστή/ στροβίλου αυξάνεται.

Αυτή η αναλογία αύξησης της ροής των καυσίμων συμβαδίζει με την

αύξηση της ταχύτητας του συμπιεστή και γι' αυτό το λόγο ο κίνδυνος τής υπερχειλίσης των καυσίμων με πιθανά προβλήματα είτε σκαμπανεβάσματα και ή φτωχής καύσης η οποία εξασφαλίζεται, π.χ AD στο σχεδιάγραμμα 8 που ακολουθεί.

Η ταχύτητα του συμπιεστή/ στροβίλου αυξάνεται σε μια ρελαντί ταχύτητα περίπου 45.000 r.p.m κάτω από την δράση του έλικα (όπου η θερμοκρασία λαδιού είναι χαμηλή).

Από μια κρύα εκκίνηση, η διαδικασία που ακολουθείται μετά πρέπει να είναι η εξής:

Να αυξηθεί η ροή των καυσίμων μέχρις ότου η ταχύτητα να φτάσει περίπου 60.000 r.p.m όταν ο έλικας σβήνει.

Όταν η λίπανση ζεσταθεί η αδρανείς ταχύτητα (χωρίς έλικες) κυμαίνεται από 55σε 60.000 r.p.m.

### **A6.2- Χρονοδιάγραμμα Καυσίμων Σε Κανονική Ροή**

Όπως καθορίστηκε και στο τμήμα A6.1 για την λειτουργική ταχύτητα πιο πάνω από την ταχύτητα ρελαντί η ροή του καύσιμου αυξάνεται χρησιμοποιώντας μια χειροκίνητη βαλβίδα.

Αν η βαλβίδα ροής των καυσίμων ανοίξει πολύ αργά τότε η ταχύτητα του συμπιεστή αυξάνεται και ακολουθεί την γραμμή DB.

Αν η βαλβίδα ροής των καυσίμων ανοίξει γρήγορα σε μια θέση που μας έχει δοθεί τότε η γραμμή που θα ακολουθεί θα είναι η DFE, θα δοθεί μια μείωση της υπεραύξησης των καυσίμων μέχρι την στιγμή που θα σταθεροποιηθεί η διαδικασία στο σημείο E.

Για το GT85-2 οι όροι του σκαμπανεβάσματος κάτω από την επιτάχυνση δεν μπορούν να επιτευχθούν αφού η ροή των καυσίμων δεν μπορεί να αυξηθεί με αρκετή ταχύτητα και να μας δώσει υπερβολική υπερ

του κανονικού αύξηση των καυσίμων και την πιθανότητα του σκαμπανεβάσματος όπως φαίνεται στη γραμμή DFG.

Ο λόγος για τον περιορισμό στο ρυθμό της ροής αύξησης των καυσίμων είναι ότι η χειροκίνητη βαλβίδα ελαττώνει σταδιακά τον έλεγχο της βαλβίδας και γι' αυτό τον λόγο γρήγορες αλλαγές στη ροή των καυσίμων είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

## **A7-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **A7.1. Αδιάστατη Ανάλυση Και Απόδοση Διορθωμένων δεδομένων.**

Προκειμένου να δούμε ορθολογικά την απόκτηση των δεδομένων από την λειτουργία του στροβιλοσυμπιεστή με μια πλατιά εικόνα όρων εισροής είναι αναγκαίο να μειώσουμε τα δεδομένα τα οποία είναι γνωστά σαν δεδομένοι όροι εισαγωγής. Ο τύπος διόρθωσης που χρησιμοποιείται προκειμένου να επιτευχθεί μια ορθολογική οργάνωση μπορεί να παραχθεί από μια μη διαστατική ανάλυση των συστατικών στον κύκλο του στροβιλοσυμπιεστή.

### A7.2. Αδιάστατη Ανάλυση Και Συμπύεση

Για το μέγεθος του συμπιεστή που μας δίνεται τα σημαντικά μεγέθη που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και τα οποία επιδρούν στην απόδοση του συμπιεστή είναι:

Ταχύτητα $N_c$	Μονάδες $T^{-1}$
Ροή μάζας $\dot{m}_a$	Μονάδες $MT^{-1}$
Πίεση εισροής $P_1$	Μονάδες $ML^{-1}T^{-2}$
Πίεση εκροής $P_2$	Μονάδες $ML^{-1}T^{-2}$
Συνεχής συνδυασμός αερίου/ θερμοκρασία εισροής $RT_1$	Μονάδες $L^2T^{-2}$

Συνεχής συνδυασμός αερίου/ θερμοκρασία εκροής $RT_2$	Μονάδες $L^2T^{-2}$
--	---------------------

χρησιμοποιώντας το θεώρημα P<sub>1</sub> από την ομάδα της διαστατικής ανάλυσης με σκοπό να εφαρμόσουμε την ακόλουθη θεμελιώδη εξίσωση

$$f(N_c, \dot{m}_a, P_1, P_2, RT_1, RT_2) = \text{σταθερός} \dots\dots\dots(49)$$

$$\text{ή } (N_c)^a, (\dot{m}_a)^b, (P_1)^c, (P_2)^d, (RT_1)^e, (RT_2)^f = \text{σταθερός} \dots\dots\dots(50)$$

μας οδηγεί στην ακόλουθη εξίσωση με αποδοχή των βασικών μονάδων

$$(T^{-1})^a, (MT^{-1})^b, (ML^{-1}T^{-2})^c, (ML^{-1}T^{-2})^d, (L^2T^{-2})^e = \text{σταθερό}$$

και η εξισώνοντας την συναποτελεσματικότητα των ποικίλων βασικών μονάδων :

$$\begin{aligned} (T) & - a - b - 2c - 2d - 2e - 2f = 0 \\ (h) & - c - d - 2e - 2f = 0 \\ (M) & b + c + d = 0 \end{aligned} \quad \} \dots\dots\dots(51)$$

λύοντας την παρακάτω εξίσωση έχουμε

$$b = \frac{a}{2} \quad c = -d - \frac{a}{2} \quad e = \frac{-a}{4} - f_1$$

η οποία όταν ξανααντικαταστήσουμε εντός της βασικής εξίσωσης μας δίνει την ακόλουθη αδιάστατη ομάδα

Παράμετρος ταχύτητας  $\frac{N_c}{\sqrt{T_1}}$  .....(52)

Παράμετρος Ροής  $\frac{n\alpha\sqrt{T_1}}{P_1}$  .....(54)

Αναλογία θερμοκρασίας  $\frac{RT_2}{RT_1} = \frac{T_2}{T_1}$  .....(55)

Αναλογία πίεσης  $\frac{P_2}{P_1}$  .....(56)

### **A7.3 Παράγοντες Διορθώσεις Συμπιεστή**

#### **A7.3.1- Διορθωμένη Ταχύτητα Συμπιεστή $N_{cc}$**

Από την παραπάνω (52) εξίσωση αφήνουμε το πρόσφυμα S το οποίο αναφέρεται σε κανονικούς ορούς δεδομένων τότε αφού

$$\frac{N_{c_c}}{\sqrt{T_s}} = \frac{N_c}{\sqrt{T_1}}$$

το οποίο μας δίνει

$N_{c_c} = N_c \frac{\sqrt{T_s}}{T_1}$  και εάν  $T_a$  είναι αυτό που θα αντικαταστήσουμε για  $T_1$  τότε οι όροι που αναφέρονται χρησιμοποιούνται για να περικλείσουν και όχι για μηχανική επεξεργασία της θερμοκρασία  $N_c$  και  $T_a$  είναι ακριβώς τα αποτελέσματα των εξετάσεων και αν υποθέσουμε ότι οι δεδομένοι όροι εισροής της ατμόσφαιρας είναι

$$P_s=1.0133 \text{ bar}$$

$$T_s=15^0\text{C}=288.16 \text{ K}$$

Τότε

$$N_{c_c} = N_c \sqrt{\frac{288.16}{T_a}} \dots\dots\dots(56)$$

**A7.3.2- Διορθωμένη Ροή Μάζας Αέρα ma<sub>2</sub>**

Χρησιμοποιώντας τη συνηθισμένη ανάλυση της εξίσωσης (53) μπορεί να προκύψει ότι

$$\frac{\dot{m}_a \sqrt{T_a}}{P_a} = \frac{\dot{m}_{ac} \sqrt{T_s}}{P_s} = \frac{\dot{m}_{ac} \sqrt{288.16}}{1.0133}$$

όπου η πίεση που αναφέρεται είναι απόλυτη

Η παραπάνω εξίσωση παράγει το

$$\dot{m}_{ac} = \frac{1.0133}{\sqrt{288.16}} \frac{\dot{m}_a \sqrt{T_a}}{P_a}$$

$$\text{ή } \dot{m}_{ac} = \frac{1.0133}{P_a} \sqrt{\frac{T_a}{288.16}} \dot{m}_a \dots\dots\dots(57)$$

**A7.3.3-Διορθωμενη Θερμοκρασία Εκροής Συμπιεστή T<sub>2c</sub>**

Από την εξίσωση (54) χρησιμοποιούμε πρόσφυμα S σαν πριν

$$\frac{T_2}{T_a} = \frac{T_{2c}}{T_s}$$

το οποίο μας δίνει  $T_{2c} = \left(\frac{T_s}{T_a}\right) T_2$

$$T_{2c} = \left(\frac{288.16}{T_a}\right) T_2 \dots\dots\dots(58)$$



### **A7.3.4- Διορθωμένη Πίεση Εκροής Συμπιεστή $P_{2c}$**

Από την υπόθεση του GT85-2, τα αποτελέσματα που προκύπτουν φυσιολογικά από τα επίπεδα θάλασσας με μικρές μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης αλλά από συγκεκριμένες μεταβολές στις θερμοκρασίες που το περιβάλλουν. Γι' αυτό οι διορθώσεις στην θερμοκρασία η οποία μας δίνεται στο τμήμα 7.3.3 είναι συγκεκριμένη ενώ μια όμοια διόρθωση του συστήματος για την πίεση δε θεωρείται σημαντική.

Γι' αυτό οι διορθώσεις στην πίεση δεν θα εφαρμοστούν.

## **A7.4 Διόρθωση Παραγόντων Θαλάμου Καύσης**

### **A7.4.1 – Διόρθωση Πίεσης**

Όπως φαίνεται στο A7.3.4 οι διορθώσεις της πίεσης δεν εφαρμόζονται.

### **A7.4.2 Διόρθωση έξοδου θερμοκρασία $T_3^*$ στο θάλαμο καύσης**

Όπως στο τμήμα A 7.3.3

$$T_3^* = T_3 \left( \frac{288.16}{T_a} \right) \dots\dots\dots(59)$$

### **A7.4.3 – Διόρθωση Ροής Καυσίμων $mf_c$**

Έχει βρεθεί στην πράξη ότι η ροή των καυσίμων μιας μηχανής είναι

αναλογη του  $\frac{N}{\sqrt{T_1}}$ ,  $mf_a$ ,  $P_1$ ,  $T_1$  και οτι το  $\frac{mf_c}{P_1 \sqrt{T_1}}$  μπορούν να ερμηνευτούν με

γραφική παράσταση προς την σχέση  $\frac{N}{\sqrt{T_1}}$  τότε οι μεταβολές με τη ροή

μάζας του αέρα  $mf_a$  είναι μικρές και παράγονται κυρίως μονές γραμμές λειτουργίας.

Για να απλοποιήσουμε την διαδικασία διόρθωσης, είναι τότε δυνατόν να διορθώσουμε τη χωρητικότητα της ροής καυσίμων  $\dot{m}_f$  χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση

$$\frac{\dot{m}_{fc}}{P_s \sqrt{T_s}} = \frac{\dot{m}_f}{P_a \sqrt{T_a}} \text{ κάνοντας την ίδια αντικατάσταση για}$$

$P_1, T_1, (i. e. P_a, T_a)$  όπως στο A7.3.1

αυτό δίνει την διορθωμένη ροή καυσίμων σαν

$$\dot{m}_{fc} = \dot{m}_f \frac{1.0133}{P_a} \sqrt{\frac{288.16}{T_a}} \dots\dots\dots(60)$$

### A7.5 Παράγοντες Διόρθωσης Στροβίλου

#### A7.5.1- Διορθώσεις Πίεσης

Όπως φαίνεται στο A7.3.4, οι παράγοντες δεν εφαρμόζονται.

#### A7.5.2- Διορθωμένη Ταχύτητα Στροβίλου

Με μια παρόμοια ανάλυση όπως αυτή που χρησιμοποιείται στο A7.3.1 η διορθωμένη ταχύτητα Στροβίλου μπορεί να γραφτεί σαν :

$$N_{T1c} = N_C \sqrt{\frac{288.16}{T_a}} \dots\dots\dots(61)$$

και 
$$N_{T2c} = N_{T2} \sqrt{\frac{288.16}{T_a}} \dots\dots\dots(62)$$

#### A7.5.3- Διορθωμένη Ροή Μάζας Στροβίλου

Η ροή του στροβιλοσυμπιεστή είναι η άθροιση της ροής μάζας  $\dot{m}_{ac}$  του συμπιεστή αέρα και της ροής καυσίμων  $\dot{m}_{fc}$  και δίνεται από την σχέση :

$$\dot{m}_{gc} = \dot{m}_{ac} + \dot{m}_{fc} = \dot{m}_{ac} \left(1 + F/A\right) \dots\dots\dots(63)$$

### A7.5.4- Διορθωμένες Θερμοκρασίες Στροβίλου

Όπως στο τμήμα A7.3.3

$$T_{4c} = T_4 \left( \frac{288.16}{T_a} \right) \dots\dots\dots(64)$$

$$T_{5c} = T_5 \left( \frac{288.16}{T_a} \right) \dots\dots\dots(65)$$

### A7.5.5- Διορθωμένη Απόδοση Ισχύος

Λαμβάνοντας υπόψιν μας τον πρωτο στρόβιλο. Τη συσκευή παραγωγής στροβιλοσυμπιεστή, τότε η ολική απόδοση Ισχύος καθορίζεται σαν

$$W_{t1} = (\dot{m}_a + \dot{m}_f) C_{pg} (T_3 - T_4) \dots\dots\dots(14) \text{ δις}$$

και εφόσον  $C_{pg}$  είναι κυρίως σταθερό, η παραπάνω εξίσωση μπορεί να ξαναγραφτεί σαν

$$W_{t1} = f \left[ \dot{m}_g, T_4, \left( \frac{T_3}{T_4} - 1 \right) \right] \dots\dots\dots(66)$$

εφ' όσον η αναλογία θερμοκρασίας  $\frac{T_3}{T_4}$  είναι σταθερή με τις διορθώσεις και υποθέτουμε ότι

$$\dot{m}_g \propto \dot{m}_a$$

Η εξίσωση (66) μπορεί να ξαναγραφτεί σαν

$$W_{t1} = f [\dot{m}_a, T_1]$$

Έχει βρεθεί στην πράξη ότι η σχέση του παρακάτω συστήματος μας δίνει μια ορθή συσχέτιση

$$W_{t1c} = \frac{1.0133}{P_a} \sqrt{\frac{T_a}{288.16}} W_{t1} \dots\dots\dots(67)$$

Στην περίπτωση της δύναμης του στροβίλου, η εξίσωση γίνεται

$$W_{t2c} = \frac{1.0133}{P_a} \sqrt{\frac{T_a}{288.16}} W_{t1} \dots\dots\dots(68)$$

## ΤΜΗΜΑ Β

### Παραγωγή Αποτελεσμάτων

#### B1 Τύποι Που Χρησιμοποιούνται Για Τα Αποτελέσματα

Στο τμήμα A7 περιγράφονται οι μέθοδοι που είναι διαθέσιμες προκειμένου να διορθώνονται τα δεδομένα ισχύος για τα αποτελέσματα που περιβάλλουν την πίεση και την θερμοκρασία.

Εφ' όσον αυτό το τμήμα διόρθωσης περιλαμβάνει πιο πολλούς υπολογισμούς, προτείνεται σ' αυτό το τμήμα να δοθούν σύνολα παραγωγής τύπων, το ένα να σχετίζεται με την απόδοση αδιόρθωτων δεδομένων - τμήμα B2- ενώ στο τμήμα B3 να σχετίζονται με τα διορθωμένα δεδομένα.

Στο τμήμα με την θεωρία οι διαφορές μεταξύ της ολικής πίεσης (θερμοκρασία αέρα) και της στατικής πίεσης (ή θερμοκρασίας) εξετάστηκε.

Στην περίπτωση που εξετάζουμε τα ακριβή δεδομένα οι καταμετρήσεις της πίεσης που παίρνουμε είναι όλες στατικές τιμές ενώ οι καταμετρήσεις της θερμοκρασίας είναι κυρίως οι ολικές τιμές.

Για τους τύπους που αναφέρονται πιο κάτω δεν γίνεται καμιά παραγωγή μεταξύ ολικών και στατικών επειδή οι διαφορές είναι μικρές μεταξύ ολικών και στατικών τιμών της πίεσης ή της θερμοκρασίας.

## **B2 Αδιόρθωτη Απόδοση Δεδομένων**

### **B2.1- Βασικά Δεδομένα**

1.  $T_a = T_a^1 (^{\circ}C) + 273.16$  K
2.  $P_a = \frac{\text{Endeixh Barometrou (mbar)}}{1000}$  bar
3.  $T_1 = T_1^1 + 273.16$  K
4.  $P_1 = P_a - 97.9 \cdot 10^{-6} DR$  bar
5.  $P_2 = P_2^1 + P_a$  bar
6.  $T_2 = T_2^1 + 273.16$  K
7.  $P_3 = P_3^1 + P_a$  bar
8.  $T_3 = \frac{\zeta T_{3A}^1 + T_{3B}^1 \phi}{2} + 273.16$  K
9.  $P_4 = P_4^1 + P_a$  bar
10.  $T_{4A} = T_{3c}^1 + 273.16$  K
11.  $T_4 = T_4^1 + 273.16$  K
12.  $T_5 = T_5^1 + 273.16$  K
13.  $P_5 = P_4 - 0.001333 DR_{45}$  bar

## **B2.2- Παραγωγή Δεδομένων (Αδιόρθωση)**

(1) Αναλογία Συμπίεσης  $r_c$

$$r_c = \frac{P_2}{P_1}$$

(2) Ισεντροπία Απόδοσης Συμπιεστή  $\eta_c$

$$\eta_c = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \left( r_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right) \times 100\%$$

(3) Ροή Μάζας Αέρα  $\dot{m}_a$  Kg/s

Η ροή του αέρα μετριέται από το  $\Delta P$  την απόκτηση της τιμής  $\Delta P$  από την εισαγωγή του μετρητή της ροής αέρα. Η σχέση μεταξύ  $\dot{m}_a$  και  $\Delta P$  δίνεται παρακάτω

$$\dot{m}_a \frac{\sqrt{T_1}}{P_1} = 0.3005 \sqrt{\frac{\Delta P}{P_1}}$$

των οποίων  $P_1$  είναι διάφραγμα

$\Delta P$  είναι mm wg

$T_1$  είναι K

Το σχεδιάγραμμα 9 δίνει τη ρύθμιση της καμπύλης για της ροής του αέρα

(4) Ροή Βενζίνης mf Kg/s

Για την κεροζίνη της σχετικής πυκνότητας 0.8 η αναλογία της ροής καυσίμων δίνεται απο

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_a}{3600} \quad \cdot \quad 0.8 \text{Kg/s} = \frac{\dot{m}_f}{4500} \text{Kg/s}$$

(5) Αναλογία Αέρα/ Καυσίμου

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

(6) Άνοδος Θερμοκρασίας Στο Θάλαμο Καύσης

$$DT_{cc1} = \frac{43740 - 10T_2^1}{1.0078 \frac{A}{F} + 6.6} + 2$$

όπου  $T_2^1$  είναι η θερμοκρασία σε °C εισαγωγής στο θάλαμο καύσης

(7) Απόδοση Ανάφλεξης  $n_{cc}$

$$n_{cc} = \left( \frac{T_3 - T_2}{DT_{cc1}} \right) \times 100\%$$

(8) Απώλεια Πίεσης % στο θάλαμο καύσης

$$DP_{cc} = \frac{P_2 - P_3}{P_2} \cdot 100\%$$

(9) Αναλογία Πίεσης του Gas Generation Turbine

$$r_{t1} = \frac{P_3}{P_4}$$

(10) Ισενροπική Απόδοση Gas Generation Turbine

$$n_{t1} = \frac{T_3 - T_4}{\left( T_3 \left[ 1 - \frac{1}{r_{t1}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \right] \right)} \times 100\%$$

(11) Θεωρητική Ισχύς Εισαγωγής του συμπιεστή  $W_c$

$$W_c = \dot{m}_a C_{pa} (T_2 - T_1)$$

όπου  $C_{pa} = 1000 J / Kg \cdot K$ .

(12) Θεωρητική Ισχύς Εξαγωγής Του Gas Generation Turbine  $W_{t1}$

$$W_{t1} = (\dot{m}_a + \dot{m}_f) C_{pg} (T_3 - T_{4A}) \quad W$$

όπου  $C_{pg} = 1150 \text{ J / Kg } \quad K.$

(13) Μηχανική Απόδοση Συμπιεστή  $n_{mc}$

$$n_{mc} = \left( \frac{2W_c}{W_c + W_{t1}} \right) \times 100\%$$

(14) Μηχανική Απόδοση  $n_{mt1}$  του Gas Generation Turbine

$$n_{mt1} = \left( \frac{W_c + W_{t1}}{2W_{t1}} \right) \times 100\%$$

(15) Ολική Απόδοση  $n_{oc}$  του συμπιεστή

$$n_{oc} = \frac{n_c' \cdot n_{mc}}{100} \quad \%$$

(16) Ολική Απόδοση  $n_{ot1}$  Του Gas Generation Turbine

$$n_{ot1} = n_{t1}' \cdot \frac{n_{mt1}}{100} \quad \%$$

(17) Επέκταση Αναλογίας  $rt_2$

$$rt_2 = \frac{P_4}{P_5}$$

(18) Απόδοση Ισεντροπίας  $nt_2$  Της Ισχύς Στροβίλου

$$nt_2 = \frac{T_4 - T_5}{T_4 \left[ 1 - \left( \frac{1}{rt_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad 100\%$$



(19) Δύναμη Εξαγωγής  $W_{ot2}$  Της Ισχύς Του Στροβίλου

$$W_{ot2} = \frac{2p N_2 T}{60} \quad \text{W}$$

οπου  $N_2$ =ταχυτητα rpm power turbine

$T$ =ροπη Nm

(20) Θεωρητική Ισχύς Εξαγωγής  $W_{T2}$  Του Στροβίλου

$$W_{T2} = (n_a + n_f) C_{pg} (T_4 - T_5) \quad \text{W}$$

$$\text{οπου } C_{pg} = 1150 \text{ J / Kg} \quad \text{K}$$

(21) Μηχανική Απόδοση  $n_{mT2}$  Του Στροβίλου

$$n_{mT2} = \frac{W_{ot2}}{W_{T2}} \cdot 100\%$$

(22) Ολική Απόδοση  $n_{oT2}$  Του Στροβίλου

$$n_{oT2} = n_{t2} \cdot \frac{n_{mT2}}{100} \%$$

(23) Ολική Θερμική Απόδοση  $n_{TH}$

$$n_{TH} = \frac{W_{ot2}}{44.3 \cdot 10^6 n_f} \cdot 100\%$$

(24) Συγκεκριμένη Κατανάλωση Καυσίμων  $sf_c$

$$sf_c = 1000 \frac{n_f}{W_{ot2}} \quad \text{Kg/Kw s}$$

(25) Απόδοση κύκλου Αέρα  $ns_c$

$$ns_c = \left( 1 - \frac{1}{r_c \gamma} \right) \times 100\%$$

(26) Αναλογία Έργου WR

$$WR = \frac{T_4 - T_5}{T_3 - T_5} \cdot 100\%$$

### **B3 Διορθωμένη Απόδοση Δεδομένων**

#### **B3.1- Διόρθωση Βασικών Δεδομένων**

1.  $T_a = T_a^{\text{A}}(^{\circ}\text{C}) + 273.16$  K
2.  $P_a = \frac{\text{Endeich Barometrou (mbar)}}{1000}$  bar
3.  $T_{1c} = \left(T_1^{\text{A}} + 273.16\right) \left(\frac{288.16}{T_a}\right)$  K
4.  $P_1 = P_a - 97.9' 10^6 DP$  bar
5.  $P_2 = P_2^{\text{A}} + P_a$  bar
6.  $T_{2c} = \left(T_2^{\text{A}} + 273.16\right) \left(\frac{288.16}{T_a}\right)$  K
7.  $P_3 = P_3^{\text{A}} + P_a$  bar
8.  $T_{3c} = \left[\left(\frac{T_{3A}^{\text{A}} + T_{3B}^{\text{A}}}{2}\right) + 273.16\right] \left(\frac{288.16}{T_a}\right)$  K

$$9. P_4 = P_4^A + P_a \quad \text{bar}$$

$$10. T_{4Ac} = \left( T_{3c}^A + 273.16 \right) \left( \frac{288.16}{T_a} \right) \quad \text{K}$$

$$11. T_{4c} = \left( T_4^A + 273.16 \right) \left( \frac{288.16}{T_a} \right) \quad \text{K}$$

$$12. T_{5c} = \left( T_5^A + 273.16 \right) \left( \frac{288.16}{T_a} \right) \quad \text{K}$$

$$13. P_5 = P_4 - 0.001333 DP_{45} \quad \text{bar}$$

### **B3.2- Διόρθωση Δεδομένων Που Παράχθηκαν**

#### 1. Αναλογία Πίεσης rc

$$rc = \frac{P_2}{P_1}$$

#### 2. Απόδοση Ισεντροπίας Συμπίεστή nc

$$n_c = \frac{T_{1c}}{T_{2c} - T_{1c}} \left( rc^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right) \times 100\%$$

#### 3. Ροή Μάζας Αέρα

Η ροή μάζας αέρα καταμετρείται από την απόκτηση της τιμής ΔΡ από την εισαγωγή της μέτρησης της ροής του αέρα.

Η σχέση μεταξύ  $m_a$  και ΔΡ δίνεται παρακάτω

$$m_a \frac{\sqrt{T_1}}{P_1} = 0.3005 \sqrt{\frac{DP}{P_1}}$$

και το σχεδιάγραμμα 9 μας δείχνει την ρύθμιση της καμπύλης για την μέτρηση της ροής του αέρα

$$\dot{m}_{ac} = \dot{m}_a \frac{1.0133}{P_a} \sqrt{\frac{T_a}{288.16}}$$

4. Ροή καυσίμων  $\dot{m}_{fc}$  Kg/s

$$\dot{m}_{fc} = \frac{\dot{V}_f}{4500} \frac{1.0133}{P_a} \sqrt{\frac{288.16}{P_a}}$$

5. Αναλογία Αέρα/ Καυσίμου A/F

$$A/F = \frac{\dot{m}_{ac}}{\dot{m}_{fc}}$$

6. Άνοδος Θερμοκρασίας Στον Θάλαμο Καύσης

$$DT_{cct} = \frac{43740 - 10T_{2c}^A}{1.0078 A/F + 6.6} + 2$$

$$\text{όπου } T_{2c}^A = T_{2c} - 273.16$$

7. Απόδοση Ανάφλεξης  $\eta_{cc}$  %

$$\eta_{cc} = \left( \frac{T_{3c} - T_{2c}}{DT_{cc}} \right) \times 100$$

8. Απώλεια Πίεσης % Στον Θάλαμο Καύσης

$$DP_{cc} = \left( \frac{P_2 - P_3}{P_1} \right) \times 100\%$$

9. Αναλογία Επέκτασης Του Δημιουργίας Αέριων Στον Στρόβιλο

$$rt_1 = \frac{P_3}{P_4}$$

10. Απόδοση Ισεντροπίας % του Δημιουργίας Αέριων Στον Στρόβιλο

$$\eta_{t_1} = \frac{T_{3c} - T_{4c}}{T_{3c} \left[ 1 - \left( \frac{1}{rt_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \cdot 100\%$$

11. Θεωρητική Εισαγωγή Ισχύς Του Συμπιεστή  $W_c$

$$W_c = \dot{m}_{ac} C_{pa} (T_{2c} - T_{1c}) \quad W$$

οπου  $C_{pa} = 1000 \text{ J / Kg K}$

12. Θεωρητική Εξαγωγή Ισχύς Της Δημιουργίας Αέριων Στον Στρόβιλο  $W_{t1}$

$$W_{t1} = (\dot{m}_{ac} + \dot{m}_{fc}) C_{pg} (T_{3c} - T_{4Ac}) \quad W$$

οπου  $C_{pg} = 1150 \text{ J / Kg K}$

13. Μηχανική Απόδοση Του Συμπιεστή  $\eta_{mc}$

$$\eta_{mc} = \left( \frac{2W_c}{W_c + W_{t1}} \right) \cdot 100\%$$

14. Μηχανική Απόδοση Δημιουργίας Αέριων Στον Στρόβιλο  $\eta_{mt1}$

$$\eta_{mt1} = \left( \frac{W_c + W_{t1}}{2W_{t1}} \right) \cdot 100\%$$

15. Ολική Απόδοση του Συμπιεστή  $n_{oc}$

$$n_{oc} = n_c \cdot \frac{n_{mc}}{100} \%$$

16. Ολική Απόδοση Δημιουργίας Αέριων Στον Στροβίλο  $n_{ot1}$

$$n_{ot1} = n_{t1} \cdot \frac{n_{mt1}}{100} \%$$

17. Αναλογία Επέκτασης Ισχύς Του Στροβίλου  $rt_2$

$$rt_2 = \frac{P_4}{P_5}$$

18. Απόδοση Ισεντροπιας Ισχύς Του Στροβίλου  $nt_2$

$$nt_2 = \frac{T_{4c} - T_{5c}}{T_{4c} \left[ 1 - \left( \frac{1}{rt_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \cdot 100 \%$$

19. Απόδοση Ισχύς Του Στροβίλου  $W_{ot2}$

$$W_{ot2c} = \frac{2p}{60} \frac{N_2}{P_a} \frac{T}{1.0133} \sqrt{\frac{T_a}{288.16}}$$

όπου  $N_2$ = ταχύτητα της power turbine r.p.m

$$T = P \text{οπη Nm}$$

20. Θεωρητική Ισχύς Εξαγωγής της Power Turbine  $W_{T2}$

$$W_{T2} = (n_{ac} + n_{jc}) C_{Pg} (T_{4c} - T_{5c}) \quad W$$

21. Μηχανική Απόδοση της Power Turbine  $n_{mt2}$

$$n_{mt2} = \frac{W_{ot2}}{W_{T2}} \cdot 100 \%$$

22. Ολική Απόδοση Της Power Turbine  $n_{oT2}$

$$n_{oT2} = n_{t2} \cdot \frac{n_{m2}}{100} \%$$

23. Ολική Θερμική Απόδοση  $n_{TH}$

$$n_{TH} = \frac{W_{oT2}}{44.3 \cdot 10^6 \frac{m\&}{\gamma c}} \cdot 100\%$$

24. Συγκεκριμένη Κατανάλωση Καυσίμων  $sfc$

$$sfc = 1000 \frac{m\&_{\gamma c}}{W_{oT2}} \quad Kg / KWs$$

25. Απόδοση κυκλου Αέρα  $n_{sc}$

$$n_{sc} = \left( 1 - \frac{1}{rc^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \right) 100\%$$

26. Αναλογία Έργου  $WR$

$$WR = \left( \frac{T_{4c} - T_{5c}}{T_{3c} - T_{5c}} \right) 100\%$$

27. Ταχύτητα Συμπίεστή  $N_{CC}$

$$N_{CC} = N_C \sqrt{\frac{288.16}{T_a}}$$

28. Ταχύτητα Power Turbine  $N_{T2c}$

$$N_{T2c} = N_{T2} \sqrt{\frac{288.16}{T_a}}$$

## **B4 ΤΥΠΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Οι πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν ένα συνδυασμό από αποτελέσματα που έγιναν σε ένα στροβιλοκινητήρα. Άλλοι στροβιλοκινητήρες πιθανών να παράξουν αποτελέσματα τα οποία λίγο να διαφέρουν μ' αυτά τα αποτελέσματα. Αυτό είναι αναμενόμενο και είναι λόγω της απόδοσης διάφορων εξαρτημάτων που βρίσκονται στην μηχανή.

Η γραφική παράσταση που συνδέει αυτά τα αποτελέσματα μας δίνει μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους η οποία είναι συνδεδεμένη με τον στροβιλοκινητήρα.



Φύλλα Καταγραφής Δεδομένων GT85-2Ημερομηνία .....Ατμοσφαιρική Πίεση.....mbΑτμοσφαιρική Θερμοκρασία..... °CTest No

N <sub>1</sub>	rpm	65,000	70,000	75,000	80,000	85,000	90,000
ΔP	mm wg	92	110	128	148	169	194
V <sub>f</sub>	l/h	9,3	10,3	11,6	12,8	14,5	16,7
P <sub>2</sub>	bar	0,56	0,67	0,78	0,92	1,05	1,18
T <sub>1</sub>	°C	27	23	25	27	32	32
T <sub>2</sub>	°C	76	83	95	107	119	132
T <sub>3A</sub>	°C	529	552	593	629	674	699
T <sub>3β</sub>	°C	541	566	610	650	693	721
T <sub>3c</sub>	°C	476	491	525	554	587	610
P <sub>3</sub>	bar	0,52	0,60	0,73	0,84	0,96	1,08
T <sub>4</sub>	°C	474	488	524	554	586	609
P <sub>4</sub>	bar	0,073	0,091	0,123	0,152	0,187	0,202
T <sub>5</sub>	°C	452	461	490	520	547	565
ΔP <sub>45</sub>	mm Hg	53	66	86	106	127	141
T	Nm	0,76	0,88	0,98	1,14	1,3	1,63
N <sub>2</sub>	rpm	20,000	25,000	30,000	35,000	40,000	40,000

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ GT85-2

Ημερομηνία .....  
 Test No

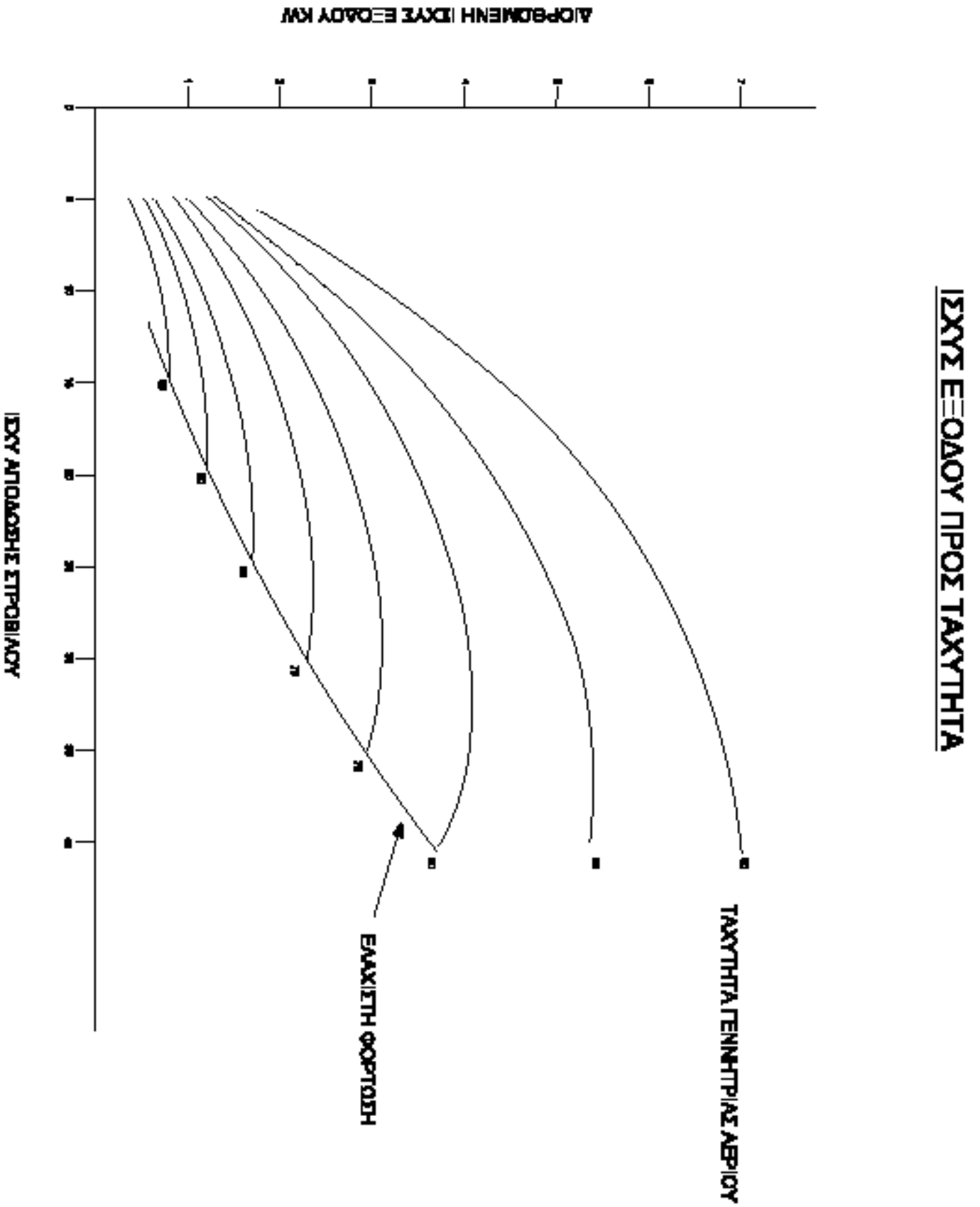
Ατμοσφαιρική Πίεση.....mb  
 Ατμοσφαιρική Θερμοκρασία.....°C

ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ

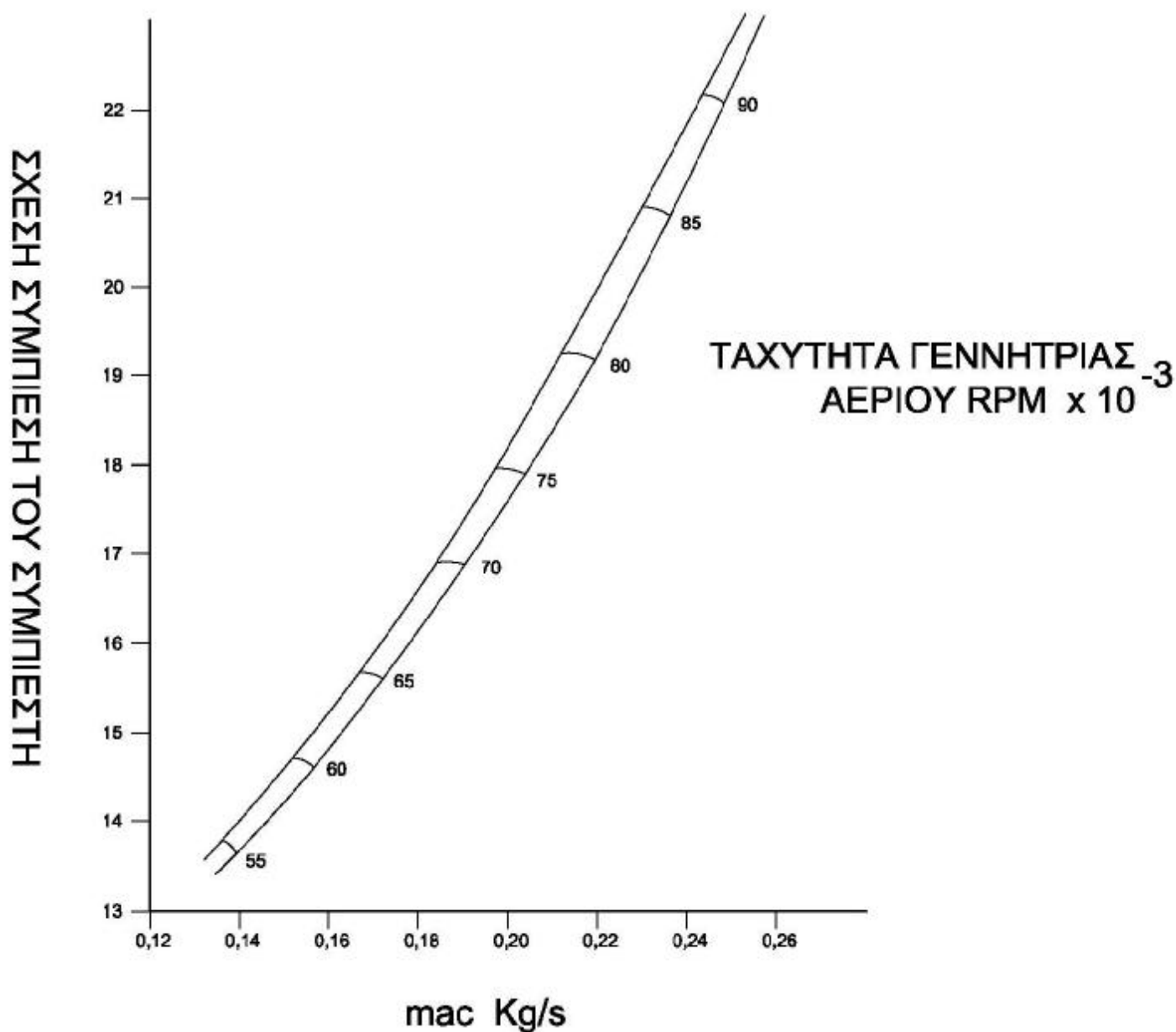
Φύλλο 1/2

Μοναδα Παραγωγης Αεριων							
$N_{IC}$	rpm	64,333	69,223	74,104	78,779	83,562	88,477
$M_{ac}$	kg/s	0,16902	0,18605	0,20021	0,21508	0,2282	0,24491
$m_{fa}$	g/s	2,058	2,278	2,568	2,824	3,197	3,704
$W_c$	KW	8,11	10,92	13,68	16,68	19,19	23,67
$W_{\pi}$	KW	10,34	13,27	16,06	19,23	23,01	25,62
Συμπίεστης							
$r_c$		1,570	1,683	1,799	1,943	2,080	2,225
$n_c$	%	84,23	79,14	77,73	78,39	81,6	78,279
$n_{oc}$	%	74,07	71,44	71,51	72,83	74,21	75,19
Στροβιλοσυμπίεστης Παραγ. Αεριων							
$r_{r1}$		1,414	1,464	1,538	1,595	1,649	1,732
$n_{n1}$	%	80,64	83,53	79,43	79,35	80,15	74,05
$n_{ot1}$	%	71,96	76,12	73,73	74,09	73,49	71,24
Θαλαμος Καυσης							
A/F		82,1	81,7	78	76,2	71,4	66,12
$n_{cc}$	%	93,09	96,07	98,03	100,47	100,32	96,1
$\Delta P_{cc}$	%	2,55	4,17	2,8	4,16	4,38	4,59

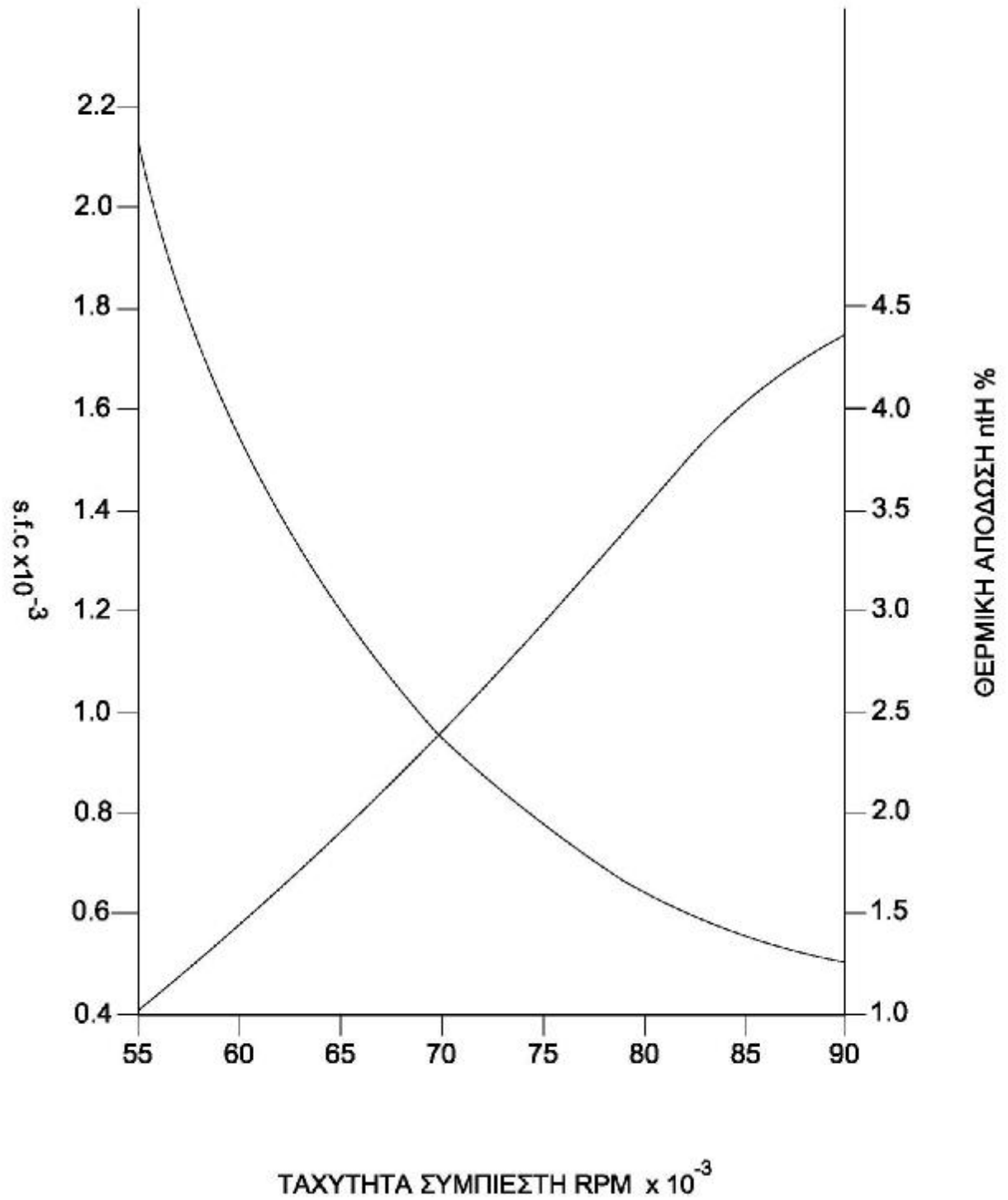
Φρενο Στοβιλου							
$N_{2c}$		19795	24725	29642	34465	39323	39323
$W_{T2c}$	KW	2,70	4,10	5,83	6,10	7,57	9,45
$W_{oT2c}$	KW	1,62	2,34	3,14	4,28	5,59	7,05
Αποδοση Στροβιλου							
$r_{r2}$		1,070	1,187	1,113	1,139	1,165	1,185
$n_{r2}$	%	113,14	124,22	122,75	95,68	92,01	93,9
$n_{mr2}$	%	59,83	57,23	53,89	70,14	73,87	74,65
$n_{or2}$	%	67,69	71,09	66,14	67,11	67,96	70,09
Αποδοση Κυκλου							
$n_{TH}$	%	1,775	2,323	2,762	3,42	3,947	4,297
$(sfc)_c$	g/kws	1,272	0,972	0,817	0,660	0,572	0,525
$n_{sc}$	%	12,09	13,82	15,44	17,29	18,88	20,42
$W.R$	%	18,7	21,41	24,84	22,7	23,19	25,29



## ΑΠΟΔΩΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ



ΠΡΟΣ ΑΠΟΔΩΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ



## **B5- ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Αυτό το τμήμα είναι αφιερωμένο στη συζήτηση μερικών αποτελεσμάτων που παράχθηκαν και δόθηκαν στο τμήμα B2 και δεν προορίζεται για ολοκληρωτική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ο σκοπός είναι να εξηγηθούν μερικά από τα προβλήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα με τις καταμετρήσεις τις οποίες παίρνουμε από το στροβιλοσυμπιεστή και τα αποτελέσματα αυτών των καταμετρήσεων τα οποία παράγονται από τις παραμέτρους.

### **B5.1 Καταμετρήσεις**

#### **B5.1.1-Καταμέτρηση Θερμοκρασίας**

Η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας στη ροή του αέριου είναι ένα πασίγνωστα δύσκολο πρόβλημα στα αποτελέσματα μιας μη ομοιόμορφης ροής και στη μεταβίβαση των παρόντων προβλημάτων θερμότητας. Στην περίπτωση του GT85-2 οι πιθανές δύσκολες καταμετρήσεις είναι κυρίως οι περιοχές με τις ψηλές τιμές θερμοκρασίας.

Η θερμοκρασία εισαγωγής της gas generation turbine είναι πιθανών η πιο δύσκολη θερμοκρασία για να καταμετρήσουμε ακριβώς και να παράξουμε μια μέση τιμή για την ροή καυσίμων .

Αυτό οφείλεται στην πιθανότητα μιας μη ομοιόμορφης κατανομής της θερμοκρασίας και στην επίδραση ακτινοβολίας από την διαδικασία ανάφλεξης. Για το GT85-2 δυο θερμοηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για την καταμέτρηση του T3 στον πίνακα ακτινοβολίας του θερμοηλεκτρικού στοιχείου και στα αποτελέσματα ακτινοβολίας. Ανακρίβεια στην καταμέτρηση του T3 μας δίνει ανακρίβειες στον καθορισμό της απόδοσης της ανάφλεξης και στην θεωρητική απόδοση του

στροβιλοσυμπιεστή. Αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να θεωρηθούν σαν συνοπτικά δεδομένα όπου οι αποδόσεις στην ανάφλεξη αναπτύσσουν ένα πλεόνασμα της τάξεως του 100%. Αυτά τα αποτελέσματα προκύπτουν πιθανώς χάριν των ανακριβειών της σειράς των 50°C στην καταμέτρηση του T3 όπου T3 σημαίνει την τιμή περίπου 700 °C. Θα πρέπει επίσης να προσεχθεί ότι από την δοκιμασία των δεδομένων ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ των καταμετρήσεων T3A και T3B της σειράς των 20 °C χάριν στην κατανομή της μη ομοιόμορφης θερμοκρασίας (αυτό μπορεί να μεταβάλετε από μηχάνημα σε μηχάνημα).

Μια παραπάνω επίδραση της θερμοκρασίας επηρεάζει την επίδραση των δεδομένων που αποκτώνται λόγω της απώλειας της θερμότητας από την turbine, Στο GT85-2 και στις δυο περιπτώσεις είναι χωρίς καθυστέρηση και επιπλέον λαμβάνουμε υπόψιν μας την απώλεια θερμότητας από τις περιπτώσεις και συνεπώς την απώλεια της θερμοκρασίας της ροής καυσίμων διαμέσου του στροβίλου. Αυτό το αποτέλεσμα είναι πιο αξιόπιστο στην περίπτωση της απόδοσης του στροβίλου και ως εκ τούτου η απόδοση της ισεντροπίας και της θεωρητικής εξαγωγής της δύναμης η οποία εξαρτάται από την διαφορά της θερμοκρασίας διαμέσου του turbine, έχουν ψηλές τιμές από αυτές που έπρεπε να έχουν.

### **B5.1.2- Καταμετρήσεις Πίεσης**

Όλες οι καταμετρήσεις που γίνονται στο GT85-2 είναι στατικές τιμές και υποτίθεται ότι είναι περίπου ίσες με τις ολικές τιμές. Σαν στατικές τιμές, είναι λιγότερο ευαίσθητες στις ανακριβείς καταμετρήσεις.

### **B5.1.3- Άλλες Καταμετρήσεις**

Άλλες καταμετρήσεις οι οποίες περνούμε από το GT85-2 δεν επηρεάζουν προβλήματα και παράγουν αποτελέσματα με ακρίβεια.



## **B5.2 Απόκτηση Αποτελεσμάτων**

Όπως φαίνεται στο τμήμα B5.1.1, το μεγαλύτερο πρόβλημα πιθανώς να είναι η καταμέτρηση των θερμοκρασιών και των διαφορών της θερμοκρασίας στον κύκλο του στροβιλοσυμπιεστή.

Αυτές οι ανακρίβειες παρουσιάζουν δυσκολίες κυρίως στον ορισμό των αποδόσεων της ισεντροπίας του στροβίλου, η μεγαλύτερη διαφορά στην απόδοση των τιμών συμβαίνει με την power turbine χάρη στην περιοχή που ακτινοβολεί. Ως εκ τούτου η αποδοτικότητα των τιμών της ισεντροπίας μπορεί να υπολογιστεί στο 120/130%.

Ο μονός τρόπος με τον οποίο οι χαμηλότερες τιμές της αποδοτικότητας μπορούν να οριστούν είναι με την ανοχή της πτώσης της θερμότητας η οποία οφείλεται στην ακτινοβολία της θερμότητας. Αυτό δεν περιλαμβάνεται στον τύπο που δόθηκε στο προηγούμενο τμήμα ενώ πιστεύαμε ότι είναι σημαντικό για τους μαθητές να εκτιμούν τις δυσκολίες και τα αποτελέσματα της καταμέτρησης της θερμοκρασίας.

## **B6-ΦΥΛΛΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα ακόλουθα φύλλα εισηγούνται να γίνει μια τυποποίηση η οποία να ταιριάζει για την χρήση των μαθητών και εισηγείται ότι αντίγραφα αυτών των φύλλων θα δοθούν στους μαθητές.

Φύλλα Καταγραφής Δεδομένων GT85-2

Ημερομηνία .....

Ατμοσφαιρική Πίεση.....mb

Ατμοσφαιρική Θερμοκρασία.....°C

Test No

N <sub>1</sub>	rpm						
ΔP	mm wg						
V <sub>f</sub>	l/h						
P <sub>2</sub>	bar						
T <sub>1</sub>	°C						
T <sub>2</sub>	°C						
T <sub>3A</sub>	°C						
T <sub>3β</sub>	°C						
T <sub>3c</sub>	°C						
P <sub>3</sub>	bar						
T <sub>4</sub>	°C						
P <sub>4</sub>	bar						
T <sub>5</sub>	°C						
ΔP <sub>45</sub>	mm Hg						
T	Nm						
N <sub>2</sub>	rpm						

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ GT85-2

Ημερομηνία .....  
 Test No

Ατμοσφαιρική Πίεση.....mb  
 Ατμοσφαιρική Θερμοκρασία.....°C

**ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ**

Φύλλο 1/2

Μοναδα Παραγωγης Αεριων						
$N_{IC}$ rpm						
$M_{ac}$ kg/s						
$m_{fa}$ g/s						
$W_c$ KW						
$W_{\pi}$ KW						
Συμπίεστης						
$r_c$						
$n_c$ %						
$n_{oc}$ %						
Στροβιλοσυμπίεστης Παραγ. Αεριων						
$r_{r1}$						
$n_{n1}$ %						
$n_{ot1}$ %						
Θαλαμος Καυσης						
A/F						
$n_{cc}$ %						
$\Delta P_{cc}$ %						

Φρενο Στροβίλου						
$N_{2c}$						
$W_{T2c}$ KW						
$W_{oT2c}$ KW						
Αποδοση Στροβίλου						
$\Gamma_{r2}$						
$\eta_{r2}$ %						
$\eta_{mr2}$ %						
$\eta_{or2}$ %						
Αποδοση Κυκλου						
$\eta_{TH}$ %						
$(sfc)_c$ g/kws						
$\eta_{sc}$ %						
W.R %						

## ΤΜΗΜΑ Γ

### ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

#### Γ.1 – ΑΡΧΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Μετά την αφαίρεση του κινητήρα τουρμπίνας αερίων από την θήκη πρέπει να γίνουν τα παρακάτω:

1. Έλεγχε οπτικά την κατάσταση όλων των οργάνων και των εξαρτημάτων της συσκευής.
2. Επιβεβαιώσου ότι η βαλβίδα των καυσίμων κλείνει γυρίζοντας το πόμολο μέχρι τέλους με την φορά του ρολογιού. Επιβεβαιώσου ότι το κουμπί στοπ δεν είναι πατημένο όταν γυρίζεις το κουμπί με την φορά του ρολογιού και αφήνοντας και σιγουρέψου ότι το χειριστήριο των φρένων είναι τελείως γυρισμένο αντίθετα με την φορά του ρολογιού.
3. Απομάκρυνε το πάνω και το κάτω θερμικό κάλυμμα αλουμινίου από το πίσω μέρος του μηχανήματος. Γέμισε το μανόμετρο ΔΡ της ροής του αέρα με το κόκκινο υγρό και γέμισε το μανόμετρο ΔΡ4/5 της τουρμπίνας με υδράργυρο (απομάκρυνε τα χαλκώματα της δεξαμενής για πιο εύκολο γέμισμα). Επανατοποθετήστε τα καλύμματα μετά το Γ2 (15).
4. Απομάκρυνε την βίδα των φρένων (αυτή είναι μπογιατισμένη κίτρινη και έχει ετικέτα). Μερικές μηχανές δεν το έχουν αυτό και το

load cell pin χρειάζεται εφαρμογή χρησιμοποιώντας κυκλική πένσα, η οποία παρέχεται.

5. Απομάκρυνε τη διέξοδο εξαερισμού από το καφέ ντεπόζιτο του λιπαντικού λαδιού και γέμισε το μέχρι να είναι περίπου το μισό μέχρι πάνω. Επανατοποθέτησε τη διέξοδο και εφάρμοσε στον αεραγωγό τον νάιλον σωλήνα που σας παρέχεται. Η ποσότητα που χρειάζεται είναι περίπου 15 λίτρα του SERIES 3 TYPE SAE 10 W viscosity. Λιπαντικό λάδι χρησιμοποιείται σε μηχανές πετρελαίου. (Βλ. Γ5.2 για προδιαγραφές καυσίμων/λαδιού).

6. Απομάκρυνε το πόμα από το πορτοκαλί ντεπόζιτο καυσίμων και γέμισε το με περίπου 20 λίτρα από κηροζίνη. (Βλ. Γ5.1 για προδιαγραφές καυσίμων/λαδιού).

Η χωρητικότητα του ντεπόζιτου είναι περίπου 30 λίτρα με το ψηλότερο σημάδι στον εμφανή αριθμό κόμπων στα 20 λίτρα και το χαμηλότερο στα 12 λίτρα. Δεν συνιστάται να γεμίζετε το επίπεδο των καυσίμων πιο κάτω από το χαμηλότερο σημάδι λόγω του ότι το φίλτρο εισαγωγής της αντλίας πιθανόν να μείνει ακάλυπτο.

7. Γέμισε το μπουκάλι καυσίμων εκκίνησης με 0,5 λίτρα από μεθυλιωμένου οιοπνεύματος ή μεθανόλη. Βλ. Γ5.3 για προδιαγραφές.

8. Η τουρμπίνα αερίων είναι προμηθευομένη με 5 μέτρα εφαρμοσμένο ηλεκτρικό καλώδιο. Αυτό πρέπει να είναι ενωμένο με 208/204V, 50/60 Hz μόνη στάση η εφαρμογή σύρμα με σύρμα σε 25 amp. Αυτό πρέπει να γίνει από έναν ικανό ηλεκτρολόγο. Πριν την παροχή ηλεκτρισμού, καθόρισε την εισαγόμενη τάση (σύρμα No.29) στον χειριστήριο μετασχηματιστή (τοποθετημένος στο ηλεκτρικό κουτί) στον βαθμό του εφοδιαστή εισαγομένης τάσης.

9. Απαιτείται ένας εφοδιαστής νερού των 20 λίτρων το λεπτό στην πίεση 1 bar για ψυξη καθήκον όπως επίσης δυο αποχετευτικοί σωλήνες. Συμπεριλαμβάνεται ένα coil κατάλληλου μεγέθους.
10. Εφάρμοσε την τουρμπίνα αποφόρτισης αγωγού και μετά τα κατάλληλα θερμοστοιχεία και σύνδεσης της πίεσης, εφάρμοσε το υλικό θερμομόνωσης που παρέχεται. (Κάποιες μηχανές παρέχονται με τον αγωγό εφαρμοσμένο)
11. Εφάρμοσε τον ευλύγιστο αγωγό του εξώστ στην τουρμπίνα αποφόρτισης επιβεβαιώνοντας ότι δεν βάζει καμία δύναμη επιβαρύνοντας στον αγωγό της τουρμπίνας αποφόρτισης. Σύνδεσε με 6mm σωλήνα από PVC από τον αποδέκτη οιοπνεύματος στην ατμόσφαιρα.

**Σημείωση: Όσον αφορά το εξώστ, είναι συνήθης πρακτική να αποφορτίζεται η τουρμπίνα αερίου απευθείας στην ατμόσφαιρα με όσον το δυνατόν πιο λίγη πίεση. (Βλ. παράγραφο Γ6 για εξώστ εισηγήσεις)**

**Πρέπει να υπάρχει προσοχή για να μην υπάρχει διαρροή νερού στον αγωγό του εξώστ, αλλιώς θα γίνει ζημιά στην τουρμπίνα.**

## **Γ.2 – ΕΝΤΟΛΕΣ**

1. Βάλε σε λειτουργία την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιώντας τον κυρίως απομονωτή που είναι εφαρμοσμένος στην αριστερή μεριά της μηχανής και σημείωσε τις παρακάτω συνέπειες:
  - (α) Οι παρακάτω λάμπες πρέπει να είναι φωτισμένες:
    - (α1) «χαμηλή πίεση λαδιού»
    - (α2) λάμπα σωληνοειδές καυσίμου – κόκκινο
    - (α3) πράσινη λάμπα στο κέντρο του δυναμόμετρου
    - (α4) κόκκινη λάμπα πάνω από το κουτί του απομονωτή.
  - (β) Οι παρακάτω ψηφιακές ενδείξεις πρέπει να δηλώνουν ή μηδέν ή σταθερό νούμερο:
    - (β1) δείκτης ταχύτητας N1 και N2
    - (β2) δείκτης θερμοκρασίας T1/T2, T3A/T3B/T3Γ, T4, T5
    - (β3) δείκτης ροπής T
  - (γ) Οι παρακάτω μετρητές πρέπει να είναι μηδέν ή ατμοσφαιρικές:
    - (γ1) πίεση λαδιού
    - (γ2) θερμοκρασία λαδιού
    - (γ3) πίεση καυσίμων
2. Πίεσε και ελευθέρωσε το ‘START OIL’ κουμπί και έλεγξε για πιθανή αύξηση της πίεσης του λαδιού μέσα σε 10 δευτερόλεπτα. Αν η πίεση του λαδιού δεν αυξηθεί σε αυτό το διάστημα, σβήσε την αντλία του λαδιού χρησιμοποιώντας τον κυρίως απομονωτή. Επανεκκίνησε την αντλία μετά από 5 δευτερόλεπτα χρησιμοποιώντας τον κυρίως απομονωτή και το κουμπί ‘OIL’. Η κανονική ‘κρύα’ πίεση του λαδιού είναι 2.5 bar περίπου.



3. Πίεσε και ελευθέρωσε το φωτισμένο κουμπί 'LOW OIL PRESSURE' όταν ο φωτισμός του κουμπιού σβήσει.
4. Πίεσε του κουμπί 'STOP' και οι 4 αεριστήρες πρέπει να ξεκινήσουν. Οι 4 πράσινες λάμπες στο κουτί των αεριστήρων πρέπει να είναι φωτισμένες.  
Αυτό θα παρέχει ροή αέρα διαμέσου της τουρμπίνας αερίων και πρέπει να παράγει ενδείξεις ταχύτητας στο N1 και N2 μαζί με την μέτρηση της πίεσης (αν και πιθανότατα μικρή) σε όλους τους μετρητές της πίεσης και των μονόμετρων.
5. Απελευθέρωσε το κουμπί 'STOP' γυρίζοντας το με την φόρα του ρολογιού και αφήνοντας το. Οι αεριστήρες πρέπει να κλείνουν αυτόματα. Αν κάποιος μείνει ανοιχτός τότε χρησιμοποίησε το κουμπί 'FAN OFF'. (Ο λόγος που ένας μπορεί να μείνει ανοιχτός είναι γιατί ξεκινά αρχικά με διαφορετική λογική και είναι καλοδιομημένος με διαφορετική λογική και, λόγω της συνεχής διαφοράς ώρας μεταξύ relays and contactors ο αεριστήρας ενδεχόμενος να παραμείνει ανοιχτός όταν το κουμπί 'STOP' απελευθερωθεί)
6. Αποσύνδεσε τη παροχή καυσίμων στο θάλαμο καύσης στο βαμμένο κόκκινο βραχίονα και να έχεις ένα κατάλληλο δοχείο για την κηροζίνη η οποία θα διαφύγει από το συστήματος διαμέσου του μετρητή ροής.
7. Πίεσε και άφησε το κουμπί 'START FUEL' μετά που θα πίεςεις και αφήσεις το κουμπί ανάφλεξης και το κουμπί 'ALCOHOL' αφού γίνουν τα επακόλουθα:
  - (1) Η κόκκινη λάμπα της σωληνοειδής βαλβίδας καυσίμων κλείσει
  - (2) Και οι 4 αεριστήρες ξεκινήσουν
  - (3) Ξεκινήσει η αντλία καυσίμων

8. Η αντλία των καυσίμων θα γεμίσει σε λιγότερο από 10 δευτερόλεπτα και θα παράγει πίεση των περίπου 7 bar.  
Αν η αντλία καυσίμων δεν γεμίσει εντός των 10 δευτερολέπτων, τότε χρησιμοποίησε το κουμπί 'STOP' για να κλείσεις την αντλία καυσίμων και την σωληνοειδή βαλβίδα. Άφησε το κουμπί 'STOP' και μετά από 5 δευτερόλεπτα επανάλαβε το στάδιο 7.
9. Συνέχισε να αντλείς καύσιμα μέσα στο σύστημα μέχρι όλες οι φουσκάλες να εξαφανιστούν. (Η ροή καυσίμου με την κυρίως βαλβίδα καυσίμου κλειστή i.e. το καύσιμο να περνά δια μέσου του εναρκτήριου συστήματος παραπομπής πρέπει να είναι τής τάξης των 7-8 l/hr). Άνοιξε την κυρίως βαλβίδα καυσίμων μέχρι η ροή να είναι περίπου 20 l/hr. Όταν όλες οι φουσκάλες εξαφανιστούν, πίεσε το κουμπί 'STOP' για να κλείσει η αντλία καυσίμων και η σωληνοειδής βαλβίδα. Κλείσε την κυρίως βαλβίδα καυσίμων και άφησε το κουμπί 'STOP' για να κλείσουν οι αεριστήρες.
10. Το σύστημα καυσίμων είναι τώρα σε ροή και η γραμμή καυσίμων πρέπει να επανασυνδεθεί.
11. Δύο βραχίονες βαθμονόμησης είναι προμηθευόμενοι με το σετ και πρέπει να βιδωθούν στην κάθε μεριά του κουτιού του δυναμόμετρου. (LHS και RHS)
12. Έλεγξε τον δείκτη ροπής στο μηδέν και αν είναι απαραίτητο ρύθμισε το ποτενσιόμετρο VR2 (μηδέν) στην τυπωμένη πινακίδα στο ηλεκτρονικό κουτί, στο κάτω κάτω μπροστινό μέρος της τουρμπίνας αερίων. Αυτό απαιτεί την μετακίνηση του καλύμματος από perspex στο ηλεκτρονικό κουτί ελέγχου. Εγκατέστησε ένα βάρος βαθμονόμησης **1.5** κιλού στον δεξί βραχίονα βαθμονόμησης (όπως φαίνεται από το μπροστινό μέρος της μηχανής) και ρύθμισε το ποτενσιόμετρο VRI ('Range') στο 2.45 Nm. Ρυθμίσεις με απόκλιση +/- 0.01 Nm είναι αποδεκτές.

Αφαιρέστε το βάρος βαθμονόμησης και επανελέγξτε τη ρύθμιση στο μηδέν. Επαναλάβετε τη διαδικασία βαθμονόμησης εάν είναι απαραίτητο.

13. Αφαιρέστε τους βραχίονες βαθμονόμησης. Με αυτή τη διαδικασία ολοκληρώνεται η βαθμονόμηση του δυναμόμετρου.
14. Η ένδειξη στο δυναμόμετρο σε σύνδεση με το βολτόμετρο πρέπει να είναι περίπου 1.1V όταν το κουμπί για το πολύστροφο φρένο έχει τεθεί στο μηδέν. Γυρίστε το κουμπί 10 φορές και καταγράψτε την ένδειξη του βολτόμετρου, η οποία πρέπει να φτάνει περίπου τα 3.2 V. Επιστρέψτε το κουμπί στο μηδέν. Αυτό ελέγχει το «σύστημα φόρτωσης» των φρένων.
15. Σύνδεσε το σύστημα ύδατος όπως στο κεφάλαιο Γ1 και ανοίξτε την βαλβίδα για την παροχή νερού (δεν συμπεριλαμβάνετε). Έχοντας τις μπροστινές πόρτες ανοικτές ελέγξτε για διαρροές νερού. Διακόψτε την παροχή νερού αφού έχετε ελέγξει ότι το νερό εξαερώνεται και από τους δύο σωλήνες εξαέρωσης (οι ποσότητες ροής είναι κατά προσέγγιση 8 λίτρα/λεπτό για το φρένο και 12 λίτρα/λεπτό για το ψυγείο λαδιού).

### **Γ.3 – ΕΝΑΡΞΗ**

#### **Γ3.1 -Γενική Συζήτηση**

Το σύστημα εκκίνησης του GT85-2 έχει ως εξής:

Μια ποσότητα μεθυλιωμένου οίνοπνεύματος ή μεθανόλης εισάγεται στο στρόβιλο του συστήματος καύσης και αναφλέγεται, με ή χωρίς μικρή παρεμβολή αέρα, με τη βοήθεια ενός αναφλεκτή υψηλής τάσης.

Η καύση του οίνοπνεύματος λαμβάνει χώραν και σε μια κατάλληλη στιγμή της διαδικασίας καύσης. Ψεκάζεται η κηροζίνη μέσω του συστήματος ανάφλεξης, το οποίο παρέχεται από το καιόμενο οινόπνευμα, και αναφλέγεται από τη φλόγα του οίνοπνεύματος.

Κατά τη διάρκεια εισαγωγής της κηροζίνης, εισάγεται επιπλέον αέρας ανεμιστήρων από τους υπόλοιπους ανεμιστήρες και πραγματοποιείται η καύση της κηροζίνης.

Καθώς η ένταση της διαδικασίας καύσης αυξάνεται, λόγω των αυξανόμενων καυσίμων και της ροής του αέρα, η τουρμπίνα αερίου επιταχύνετε. Επειδή η ακολουθία εκκίνησης χρησιμοποιεί σταθερή ροή καυσίμων, η τουρμπίνα αερίου θα επιταχύνει αυτόματα υπό τη διαδικασία καύσης μέχρι να επιτευχθεί – υπό την ενέργεια των ανεμιστήρων και της ροής καυσίμων – μια σταθερή ταχύτητα κίνησης. (βλ. τμήμα/ τομέα Α6.1)

Έπειτα κλείνουμε τους ανεμιστήρες και επιτυγχάνουμε περαιτέρω αυξήσεις στην ταχύτητα της γεννήτριας αερίου, ανοίγοντας την κύρια βαλβίδα καυσίμων, έτσι ώστε να αυξήσουμε την ροή καυσίμων πάνω από την αναφερόμενη στο σχήμα 7 αντίστοιχη ροή.

### **Γ3.2 – Διαδικασία Εκκίνησης**

Για την εκκίνηση της τουρμπίνας αερίου, χρησιμοποιώντας μεθάνιο σαν υγρό εκκίνησης, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες διαδικασίες (βλ. τέλος κεφαλαίου για μεθυλαλκοόλη (μεθυλιωμένο οινόπνευμα) σαν υγρό εκκίνησης):

(α) Ανάψτε τον ηλεκτρικό ανεφοδιασμό.

(β) Εκκινήστε το σύστημα νερού παγώματος.

(γ) Πιέστε και απελευθερώστε το κουμπί ‘START OIL’

(δ) Πιέστε και απελευθερώστε το κουμπί ‘LOW OIL PRESSURE’ όταν η πίεση του λαδιού είναι φυσιολογική (2.5 bar); Πατήστε το κουμπί ‘STOP’ για να ανάψετε τους ανεμιστήρες, έτσι ώστε να θερμανθεί το σύστημα στους  $T_{3b} = 35^{\circ}\text{C}$ . Απελευθερώστε το κουμπί ‘STOP’ και σιγουρευτείτε ότι όλοι οι ανεμιστήρες σταμάτησαν.

(ε) Ελέγξτε ότι η κύρια βαλβίδα καυσίμων είναι κλειστή (απολύτως με τη ροή των δεικτών του ρολογιού) και ότι η φόρτωση του δυναμόμετρου είναι 1.1 V.

(ζ) Πιέστε και κρατήστε το κουμπί ‘IGNITION’

(η) Πιέστε και κρατήστε το κουμπί ‘ALCOHOL’ μέχρι να φωτιστεί το δεξί πράσινο φως στο θάλαμο καύσης. (Αυτό υποδεικνύει πλημμύρα οινόπνευματος από τη μονάδα στροβίλων και συνεπάγεται ότι η μονάδα έχει γεμίσει με οινόπνευμα)

(θ) Όταν το πράσινο φως έχει φωτιστεί/ ανάψει, απελευθερώστε το κουμπί ‘ALCOHOL’.

**Σημείωση:** Όταν το κουμπί ‘ALCOHOL’ ήταν πιεσμένο, είχε εκκινήσει ένας ανεμιστήρας, ο οποίος παρέχει μια μικρή ποσότητα αέρα

μόνο για λόγους εκκίνησης της αλκοόλης. Ο ανεμιστήρας δεν σβήνει όταν απελευθερωθεί το κουμπί 'ALCOHOL'.

(ι) Η καύση της αλκοόλης λαμβάνει τώρα χώραν και γίνεται αισθητή με μια άνοδο της θερμοκρασίας κατά  $T_{3b}$  thermocouple. Απελευθερώστε το κουμπί 'IGNITION'. Εάν δεν επιτευχθεί η καύση της αλκοόλης, χρησιμοποιείτε το κουμπί 'STOP' και δείτε τη Σημείωση 1 στο τέλος αυτού του τμήματος πριν επιστρέψετε στο στάδιο (ζ), αφού απελευθερώσετε το κουμπί 'STOP'.

(κ) Όταν επιτευχθεί μία άνοδος θερμοκρασίας κατά 40/50 °C πάνω από την αρχική τιμή  $T_{3b}$  μετά την προθέρμανση, πιέστε και απελευθερώστε το κουμπί 'FUEL START'.

**Σημείωση:** Αυτή η διαδικασία θα ξεκινήσει την αντλία καυσίμων, θα ανοίξει τη σωληνοειδή βαλβίδα και θα εκκινήσει τους υπόλοιπους 3 ανεμιστήρες.

(λ) Η καύση της κηροζίνης γίνεται τώρα και η τιμή N1 αυξάνεται σε 45 έως 50.000 r.p.m. μέσα σε 2 έως 3 δευτερόλεπτα.

Εάν η καύση κηροζίνης δεν γίνει μέσα 1 σε 2 δευτερόλεπτα, αφού έχετε πιέσει το κουμπί 'FUEL START', τότε πατήστε το κουμπί 'STOP' για να διακόψετε τον ανεφοδιασμό καυσίμων. Αφήστε τους ανεμιστήρες να λειτουργούν για περίπου 1 λεπτό, έτσι ώστε να αφαιρεθεί η άκαυτη κηροζίνη και έπειτα αφήστε το κουμπί 'STOP'. Επιστρέψτε στο στάδιο (ζ).

(μ) Καθώς η τουρμπίνα αερίου λειτουργεί με N1 περίπου 50.000 r.p.m., χρησιμοποιείτε την κύρια βαλβίδα καυσίμων για να αυξήσετε τη ροή καυσίμων, δίνοντας N1 = 55,000 μέχρι 60,000 r.p.m. Πιέστε και αφήστε το κουμπί 'FANS OFF'. Η τουρμπίνα αερίου αυτοσυντηρείται τώρα.

(ν) Αφήστε την τουρμπίνα αερίου να λειτουργεί με αυτή την ταχύτητα για 3-5 λεπτά για να προθερμανθεί και χρησιμοποιείτε αυτό το χρόνο για τον έλεγχο των οργάνων. Το τμήμα Γ3.3 αναφέρεται στη συγκεκριμένη διαδικασία λειτουργίας.

## **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

### **1.Καύση Αλκοόλης**

Τα αρχικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται με την τουρμπίνα αερίου καθορίζονται ως μεθυλιωμένο οινόπνευμα (αιθανόλη) ή μεθανόλη. Αυτές οι δύο μορφές του οινόπνευματος διαφέρουν συνειδητά στην αστάθεια και συνεπώς η έναρξη της καύσης της αλκοόλης ποικίλλει μηδαμινά στη διαδοχική εργασία.

#### **Μεθανόλη**

Με αυτά τα καύσιμα έχει φανεί συμφέρων μερικές φορές να είναι αναμμένος ο αέρας εκκίνησης (1 ανεμιστήρας) καθώς εισάγεται το οινόπνευμα. Αυτή η ακολουθία έναρξης περιγράφεται στο τμήμα Γ3.2.

#### **Μεθυλιωμένα Οινόπνεύματα (Αιθανόλη)**

Για το συγκεκριμένο καύσιμο/ρευστό έναρξης έχει φανεί συμφέρων να εισάγεται το ίδιο χωρίς να είναι αναμμένος ο αέρας έναρξης. Ο αέρας θα πρέπει να ανάβεται όταν η αιθανόλη έχει αναφλεχτεί και αυτό γίνει αντιληπτό με την άνοδο της  $T_{3B}$ .

Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό μέσα στα λογικά ηλεκτρικά πλαίσια στην GT85-2, έχει εγκατασταθεί ένα κουμπί για τη διακοπή των ανεμιστήρων έναρξης πάνω από τον κύριο απομονωτή στην αριστερή πλευρά της μηχανής.

Εάν αυτό το κουμπί κρατιέται πιεσμένο κατά τη διάρκεια των σταδίων (ζ) μέχρι (ι) της διαδικασίας έναρξης, τότε δεν εκκινείτε ο ανεμιστήρας έναρξης. Το κουμπί πρέπει να απελευθερωθεί με την ολοκλήρωση του σταδίου (ι) και η ακολουθία της διαδικασίας έναρξης πρέπει να συνεχιστεί.

Η χρήση του κουμπιού διακοπής ανεμιστήρων έναρξης δεν είναι οριοθετημένη για τη χρήση μεθυλιωμένων οινοπνευμάτων ως ρευστά έναρξης, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκκίνηση με τη μεθανόλη εάν υπάρξει πρόβλημα στην επιτυχία μιας εκκίνησης.

## **2. Διαδικασία Έναρξης**

Το συνοδευτικό φύλλο καθορίζει τα βήματα ακολουθίας έναρξης χωρίς την περιγραφή των γεγονότων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το προσωπικό για την αναφερόμενη ακολουθία έναρξης στο τμήμα Γ3.2.

## **Γ4 – ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΣΥΣΚΕΥΗΣ**

### **Γ4.1 – Κανονική Λειτουργία**

Η λειτουργική ακτίνα ταχύτητας του συνόλου στροβίλων αερίου καθορίζεται παρακάτω και ΔΕΝ πρέπει να ξεπερνιέται.

Σειρά ταχύτητας γεννητριών αερίου:  $N_1$  50,000 μέχρι 90,000 r.p.m.

Ακτίνα ταχύτητας της τουρμπίνας τροφοδότησης:  $N_2$  5,000 μέχρι 40,000 r.p.m.

Στην περίπτωση της γεννήτριας αερίου, η ελάχιστη τιμή του  $N_1$  εξαρτάται από τη θερμοκρασία του λιπαντικού λαδιού και την ροή καυσίμων σε κατάσταση αδράνειας, η οποία προσδιορίζεται στις εργασίες μας.

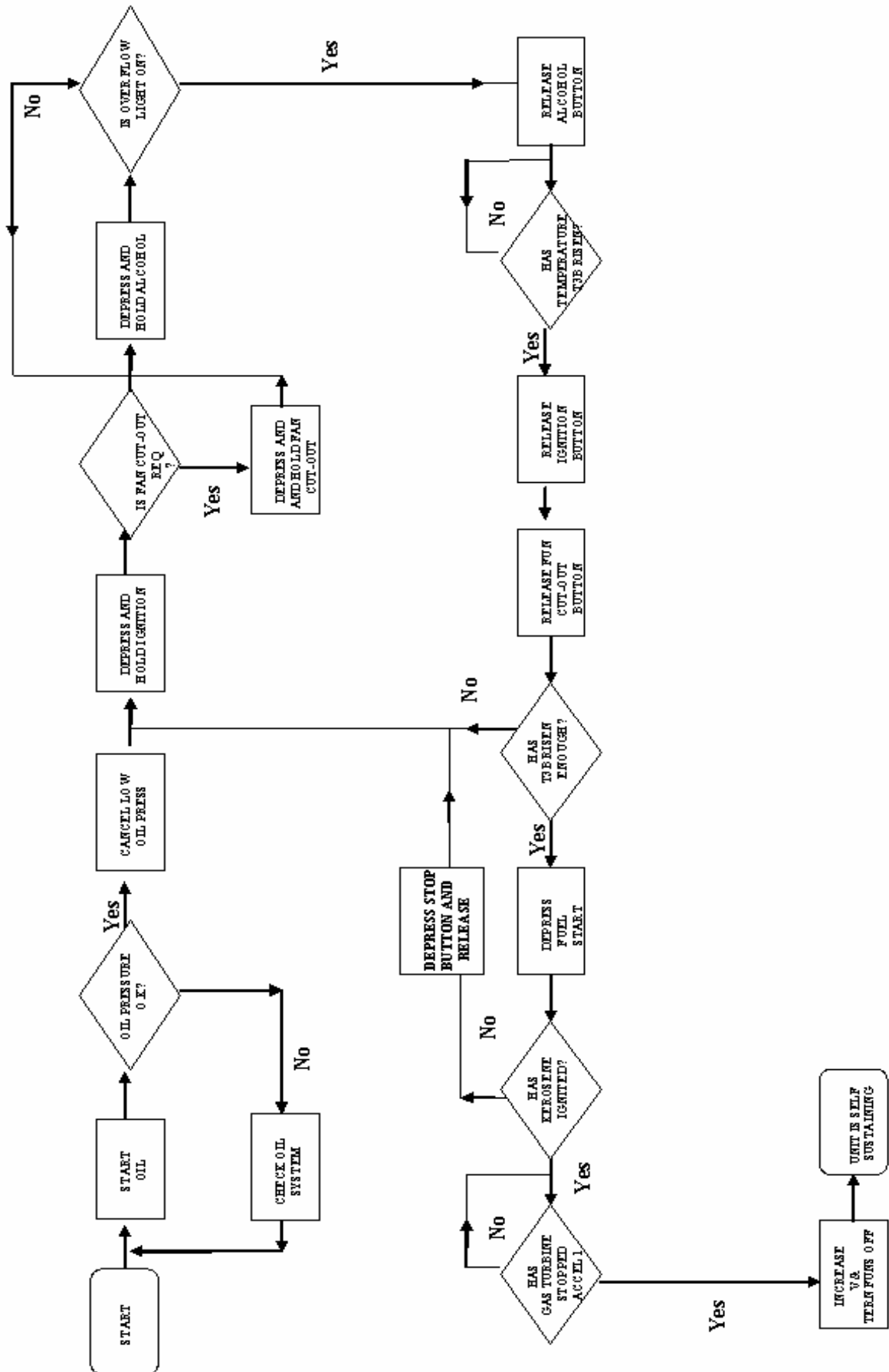


## **GT85-2 - Διαδικασία Έναρξης**

Διαβάστε τα τμήματα Γ3.1 και 3.2 πριν να αρχίσετε. Ξεκινήστε τον ηλεκτρικό ανεφοδιασμό και τον ανεφοδιασμό νερού. Σιγουρευτείτε ότι η βαλβίδα καυσίμων είναι κλειστή και ότι όλα τα κουμπιά για τα φρένα έχουν τεθεί στην ελάχιστη τιμή.

Για την τουρμπίνα τροφοδότησης, η ελάχιστη ταχύτητα εξαρτάται από την ταχύτητα της γεννήτριας αερίου και την μέγιστη φόρτωση φρένων.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της τουρμπίνας αερίου η τιμή της ταχύτητας της γεννήτριας αερίου προσδιορίζεται βάσει της ροής των καυσίμων, ενώ η ταχύτητα της γεννήτριας τροφοδότησης βάσει της φόρτωσης φρένων. Συνεπώς μόνο 2 χειριστήρια είναι απαραίτητα για σκοπούς ελέγχου, τα οποία πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά για πρόκληση αργών αλλαγών στην ταχύτητα.



## **Γ4.2 – Κλείσιμο**

### **Γ4.2.1 – Κανονικό Κλείσιμο**

Στο τέλος ενός προγράμματος ελέγχου συνιστάται η μείωση της ταχύτητας της γεννήτριας αερίου στην ταχύτητα σε κατάσταση αδράνειας και της φόρτωσης φρένων στην ελάχιστη τιμή. Αυτές οι ταχύτητες πρέπει να διατηρηθούν για 2-5 λεπτά, μέχρι να σταθεροποιηθούν όλες οι θερμοκρασίες.

Τότε πιέστε το κουμπί ‘STOP’ και επιτρέψτε στην τουρμπίνα αερίου να κρυώσει με τη βοήθεια των ανεμιστήρων.

Η τουρμπίνα τροφοδότησης έχει μια μεγάλη θερμική μάζα και γι’ αυτό συνιστάται η χρησιμοποίηση των ανεμιστήρων για το πάγωμα μέχρι η  $T_5$  να φτάσει περίπου τους  $150^{\circ}\text{C}$  με ανοιχτούς ανεμιστήρες και να μην υπερβεί τους  $200^{\circ}\text{C}$  με κλειστούς τους ανεμιστήρες. Αυτός ο βαθμός παγώματος απαιτείται μόνο αν δεν γίνει επανεκκίνηση της τουρμπίνας αερίου μέσα στα επόμενα 5-10 λεπτά. Για άμεσες επανεκκινήσεις δεν απαιτείται πάγωμα σε τέτοιες θερμοκρασίες. Παρ’ όλ’ αυτά πρέπει για θερμές επανεκκινήσεις η  $T_{3B}$  να είναι σταθερή για να διευκολύνει τη σημείωση της ανάφλεξης.

Στο τέλος της περιόδου παγώματος απελευθερώστε το κουμπί ‘STOP’ και επανεκκινήστε ή κλείστε εντελώς την τουρμπίνα αερίου, διακόπτοντας την ηλεκτρική τροφοδότηση στον απομονωτή και τον ανεφοδιασμό νερού.

### **Γ4.2.2 – Αυτόματο Κλείσιμο**

Ο τουρμπίνα αερίου θα κλείσει αυτόματα εάν:

- α) Η πίεση του λαδιού πέσει κάτω από μια καθορισμένη τιμή (κανονικά 1.8 bar); ή
- β) Η θερμοκρασία εισόδου της τουρμπίνας  $T_{3B}$  υπερβεί τους  $750^{\circ}\text{C}$ .

Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει να πιάσετε το κουμπί ‘STOP’ και η διαδικασία κλεισίματος που περιγράφεται στο τμήμα Γ4.2.1 πρέπει να ακολουθηθεί αφότου έχει κλείσει τη βαλβίδα καυσίμων και το φορτίο φρένων καθοριστεί στο ελάχιστο.

#### **Γ4.2.3 Κλείσιμο έκτακτης ανάγκης**

Πιέζοντας το κουμπί ‘STOP’ σε οποιοδήποτε σημείο της λειτουργίας της τουρμπίνας αερίου, η μονάδα θα σταματήσει.

Εκτός αν είναι απολύτως αναγκαίο, δεν συστήνεται να χρησιμοποιηθεί κουμπί ‘STOP’ όταν έχουμε ταχύτητες πέρας τες 70,000 r.p.m. για N<sub>1</sub> επειδή η μονάδα λειτουργεί με τις υψηλές θερμοκρασίες και μπορεί να εισαχθεί θερμικός κλονισμός σε μερικά συστατικά της μονάδας. Αν και δεν συστήνεται, η τουρμπίνα αερίου μπορεί να διακοπεί σε ταχύτητες μέχρι 90,000 r.p.m.

Μετά από το κλείσιμο η διαδικασία που περιγράφεται στο τμήμα Γ4.2.1 πρέπει να ακολουθηθεί αφότου έχει κλείσει τη βαλβίδα καυσίμων και το φορτίο φρένων καθοριστεί στο ελάχιστο.

**Γ.5. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ / ΛΑΔΙΩΝ****Γ5.1 – Καύσιμα**

Τα καύσιμα για την GT85 πρέπει να είναι ελαφρά και υψηλά τελειοποιημένα καύσιμα και να διαθέτουν:

Ειδική Βαρύτητα (ή σχετική πυκνότητα)	0.78
Ολική θερμική αξία	43.6 x 10 <sup>6</sup> j/kg (18750 Btu/lb)
Σημείο πήξεως °C	-38 - 46
Σημείο ανάφλεξης °C	38 - 66
Σημείο ζέσεως °C	260
Ιξώδες	1.4-2.5
Σημείο βρασμού °C (τελικό)	260

**Σχετική Προδιαγραφή Καυσίμων**

(Α) Εμπορικός/ Εσωτερικός

**Αγγλία**

Esso Royal Daylight

Esso Blue

Regent Super Green

Shell Pink Paraffin

**Δυτική Γερμανία**

Esso Petroleum No. 50

Διαθέσιμο από:

Esso Refinery

Miessburg.

**Στο Εξωτερικό**

Esso Kerosine

Texaco Kerosine

Caltex Kerosine

**Μέση Ανατολή**

White Naft petroleum

**(B) Προδιαγραφές Καυσίμων Αεροπορίας**

**Αγγλία** D .Eng. RD 2494 AVTUR 50  
D.. Eng. RD 2453 AVTUR/FS11

**Καναδάς** 3 - GP -23 Τύπος κηροζίνης

**Αμερική** ASTM - D - 1655 Jet A or A-1  
Mil - J - 5624G Grade JP-5

**Διεθνώς** IATA (τύπος κηροζίνης)

**NATO** F-34

**(Γ) Αμερικανική Προδιαγραφή Καυσίμων**

ASTM D 2880 1 – GT (Καύσιμα στροβίλων αερίου)

ASTM D 356 No. 1 (No. 1 Καύσιμα)

ASTM D 975 1 - D (No. 1 Diesel Fuel (Καύσιμα πετρελαίου))

**Άλλες πιθανές Προδιαγραφές**

Πετρέλαιο Σειράς

Πετρέλαιο λαμπτήρων

**Γ5.2 - Λάδι**

Το απαιτούμενο λιπαντικό λάδι είναι ένα λάδι της Σειράς 3 με SAE 10W όπως αυτό που χρησιμοποιείται σε τούρμπο μηχανές πετρελαίου.

Οι περισσότερες εταιρείες λαδιού παράγουν έναν κατάλληλο τύπο λαδιού Σειράς 3.

### **Γ5.3 – Αρχικά καύσιμα**

#### **Γ5.3.1 – Μεθυλιωμένα οиноπνεύματα**

Το πιο πάνω ρευστό είναι μετουσιωμένη αιθυλαλκοόλη ( $\text{CN}_3 \text{CH}_2 \text{OH}$ ) και αποκαλείται μερικές φορές «αλκοόλη», 'αιθανόλη ' ή «οινόπνευμα του κρασιού».

#### **Γ5.3.2 - Μεθανόλη**

Αυτό το ρευστό είναι μεθυλαλκοόλη ( $\text{CH}_3 \text{OH}$ ), γνωστή μερικές φορές όπως «ξυλοαλκοόλη». Λόγω του χαμηλού σημείου βρασμού της συνιστάται να προστίθεται 10% του όγκου νερού στη μεθανόλη, έτσι ώστε να μειώνεται η αστάθεια κατά η διάρκεια της καύσης της αλκοόλης/ανάφλεξης της κηροζίνης.

## **Γ6 . ΔΙΑΚΟΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ**

Η τουρμπίνα αερίου είναι εφοδιασμένη με 4 συστήματα εξαερισμού, τα οποία πρέπει να εκφορτώνονται στην ατμόσφαιρα.

Διέξοδος 1: Αυτή είναι η διέξοδος από την 'ξοδευμένη' μπουκάλα αλκοόλης και πρέπει να εξαερίζεται στην ατμόσφαιρα, επειδή μπορεί να περιέχει εξατμίσεις αλκοόλης - η διασώληνωση διεξόδων παρέχεται.

Διέξοδος 2: Αυτή είναι ο σωλήνας αποχέτευσης από το κατώτατο σημείο της καύσης και μπορεί να περιέχει άκαυτη αλκοόλη ή καύσιμα και πρέπει επίσης να εξαερίζεται στην ατμόσφαιρα – η διασώληνωση διεξόδων παρέχεται.

Διέξοδος 3: Αυτή είναι η διέξοδος από την δεξαμενή του λιπαντικού

λαδιού. Επειδή οι σφραγίδες του λαδιού στους στροβιλοσυμπιεστές είναι του τύπου δαχτυλιδιών εμβόλων λόγω των απαιτήσεων θερμότητας, είναι σχεδιασμένο ο αέρας να διαρρέει από τους στροβιλοσυμπιεστές στο σωλήνα εκφόρτωσης λαδιού. Αυτό σημαίνει ότι η δεξαμενή λαδιού πρέπει να εξαερίζεται.

Συνιστάται ο σωλήνας εξαερισμού να εκφορτώνει έξω από το εργαστήριο να μην υπόκειται σε downdraughts ή είσοδο νερού.

Η διασωλήνωση διεξόδων παρέχεται.

Διέξοδος 4: Εξάτμιση τουρμπίνα ενέργειας. Ένας ημιελαστικός σωλήνας εξάτμισης 2 μέτρων είναι εφοδιασμένος με την τουρμπίνα αερίου. Το σύστημα εξαερισμού πρέπει να είναι όσο πιο κοντό γίνεται για να περιορίζει την πίεση πίσω στον στρόβιλο.

Κατά τη διάρκεια της ακολουθίας ξεκινήματος, η αλκοόλη πρέπει να αναφλεχθεί. Έχει διαπιστωθεί ότι η ανάφλεξη της αλκοόλης μπορεί να είναι πολύ δύσκολη αν υπάρχουν πίσω έλξεις κατά μήκος του συστήματος εξάτμισης, ή ακόμα κι αν υπάρχει μια επίδραση αναρρόφησης στην εξάτμιση λόγω της ίδιας της εξάτμισης.

Επομένως, συνιστάται προσοχή κατά την τοποθέτηση συστημάτων εξάτμισης.



**ΤΜΗΜΑ Δ****ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΩΝ****Δ1- Συντήρηση**

Η μονάδα απαιτεί πολύ ελάχιστη συντήρηση για την κανονική χρήση μέσα σε κολλέγια.

Τα παρακάτω στοιχεία πρέπει να ελέγχονται, είτε μία φορά το χρόνο είτε μετά από λειτουργία 40 ωρών:

- Δ1.1 Λιπαντικό λάδι και σύστημα καυσίμων πρέπει να ελέγχονται για διαρροές. Αφαιρέστε και καθαρίστε τα φίλτρα υψηλής πίεσης.
- Δ1.2 Ελέγξτε τη συμπίεση των συγκρατητήρων στις αντλίες, το δυναμόμετρο και όργανα.
- Δ1.3 Αφαιρέστε το θάλαμο καύσης και καθαρίστε το εσωτερικό του, αφαιρώντας συσσωρευμένα υπολείμματα άνθρακα. Καθαρίστε το spark plug.
- Δ1.4 Ελέγξτε το σύστημα ψύξης νερού για διαρροή.
- Δ1.5 Καθαρίστε το μπροστινό μέρος με ένα βρεγμένο ρούχο. ΜΗΝ χρησιμοποιήσετε καθαριστικά που περιέχουν οινόπνευμα, γιατί τα προαναφερόμενα μπορεί να μαλακώσουν λείες ακρυλικές επιφάνειες.

Δ1.6 Ελέγξτε για συγκέντρωση σκόνης επάνω στις εντάσεις του φωτοηλεκτρικού συστήματος, το οποίο χρησιμοποιείται για τη λήψη της ταχύτητας  $N_1$ .

## **Δ2 – Αποθήκευση**

Αν η μονάδα αποθηκεύεται για κάποιο συγκεκριμένο χρόνο, δηλ. για ένα χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 3 μηνών, πρέπει να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες διαδικασίες:

Δ2.1 Στραγγίστε την κηροζίνη. Η μεγαλύτερη ποσότητα της κηροζίνης μπορεί να αντληθεί προς τα έξω, χρησιμοποιώντας την αντλία καυσίμων και αποσυνδέοντας τους σωλήνες στην προαναφερόμενη κόκκινη ένωση. Για το υπόλοιπο καύσιμο υπάρχει ένας αγωγός στη βάση της δεξαμενής για το πλήρες άδειασμα της.

Δ2.2 Στραγγίστε πλήρως το σύστημα νερού. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, γιατί μπορεί να προκληθεί ζημιά λόγω διάβρωσης στο δυναμόμετρο αν παραμείνει νερό στα φρένα για αρκετό χρονικό διάστημα. Το δυναμόμετρο μπορεί να στραγγιχτεί με την αποσύνδεση των συνδέσεων της παροχής νερού. (Δείτε σχετικό εγχειρίδιο).

Δ2.3 Καλύψτε την τουρμπίνα αερίου με ένα κατάλληλο ρούχο για αποφυγή συσσωρεύσεως σκόνης στον πίνακα ελέγχου και στα διάφορα όργανα.

**Δ3 – Εύρεση Λαθών**

Βάσει των τμημάτων Γ1 και Γ2 παραθέτουν την ακολουθία εφαρμογής και υποθέτουν ότι δεν υπάρχουν λάθη. Αυτό το τμήμα παραθέτει πιθανά λάθη και την διόρθωσή τους.

**Δ3.1 - Ελαττώματα ενοργάνωσης**

(α) Το $N_1$ ταχύμετρο δεν δείχνει ταχύτητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελέγξτε το ηλεκτρικό όργανο της πηγής ελέγχου φωτός και τον αποστολέα για καθαριότητα</li> <li>• Ρυθμίστε, αν χρειαστεί, το ποτενσιόμετρο ευαισθησίας στο πίσω μέρος του οργάνου κάτω από την τερματική λωρίδα.</li> </ul>
(β) Το ταχύμετρο $N_2$ δεν δείχνει ταχύτητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελέγξτε την απομάκρυνση της μαγνητικής επανάληψης. (0.015 " ή 0.4 mm)</li> <li>• Ρυθμίστε, αν χρειαστεί, το ποτενσιόμετρο ευαισθησίας στο πίσω μέρος του οργάνου κάτω από την τερματική λωρίδα.</li> </ul>
(γ) Ο δείκτης θερμοκρασίας δεν επιτρέπει σταθερή ανάγνωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελέγξτε το θερμοηλεκτρικό ζεύγος για διακοπή στο κύκλωμα.</li> <li>• Ελέγξτε τα κουμπιά επιλογής, όπου χρειάζεται, για να σιγουρευτείτε ότι η εισαγωγή του θερμοηλεκτρικού ζεύγους δεν είναι ανοιχτού κυκλώματος.</li> </ul>

<p>(δ) Μετρητής πίεσης ή μανόμετρο δεν διαβάζουν</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελέγξτε τη συμπίεση των ατσάλινων σωλήνων πίεσης</li> <li>• Ελέγξτε τη συμπίεση των πλαστικών σωλήνων</li> </ul> <p>Οι νάιλον σωλήνες μπορούν να απελευθερωθούν πιέζοντας το κεντρικό δαχτυλίδι και αποσύροντας τον νάιλον σωλήνα.</p> <p>Για επαναπροσαρμογή, σιγουρευτείτε ότι το τέλος του σωλήνα είναι τετράγωνο και ότι εξωτερικά είναι καθαρό. Επαναπροσαρμόστε, σπρώχνοντας το σωλήνα μέσα στο κυκλικό σφράγισμα.</p>
<p>Ε) Ηλεκτρικό όργανο δεν διαβάζει</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελέγξτε την καλωδίωση και τροφοδοτήστε με ρεύμα.</li> </ul>

**Δ.3.2 Ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά Λάθη Κυκλοφορίας/ Συστήματος**

α) Οι μονάδες φωτός δεν έχουν φωτισμό	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελέγξτε τη λάμπα για συνέχεια.</li> <li>• Ελέγξτε κύκλωμα, χρησιμοποιώντας το υπάρχον διάγραμμα καλωδίωσης.</li> </ul>
β) Μη λειτουργία μιας μηχανής.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ελέγξτε αν ηλεκτρική ασφάλεια είναι ενεργοποιημένη</li> <li>• ελέγξτε την καλωδίωση</li> <li>• ελέγξτε τη λειτουργία του επαφέα/ επικοινωνίας</li> <li>• ελέγξτε για χρήση σωστής διαδικασίας έναρξης</li> </ul>
γ) Λανθασμένη λειτουργία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ελέγξτε την διαδικασία που χρησιμοποιείται</li> <li>• ελέγξτε για σωστή λειτουργία των επαφών και επανατοποθετητών (relays).</li> <li>• ελέγξτε για χαλαρωμένες ηλεκτρικές συνδέσεις</li> </ul>
δ) Καμία ανάφλεξη.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ελέγξτε την ανάφλεξη και το μετασηματιστή</li> <li>• ελέγξτε ότι η πρίζα δεν αργοπορεί/ καθυστερεί το στρόβιλο</li> </ul>

**Δ 3.3 Μηχανικά Λάθη**

<p>(α) χαμηλή πίεση λαδιού/ καυσίμων</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• λανθασμένη ρύθμιση της βαλβίδας αποσυμπίεσης</li> <li>• μπλοκαρισμένο φίλτρο</li> <li>• διαρροή στη σωλήνωση</li> <li>• κατεστραμμένη αντλία</li> <li>• πολύ ψηλή θερμοκρασία λαδιού για την αντλία λαδιού – ελέγξτε το νερό ψύξης</li> </ul>
<p>(β) Το φως για τη ψηλή θερμοκρασία φρένων είναι αναμμένο (κόκκινο)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ανεπαρκής ροή νερού ψύξης</li> <li>• ελέγξτε για διαρροές νερού</li> </ul>

**Δ3.4 – Λειτουργικά Λάθη**

(α) χαμηλή πίεση λαδιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• χαμηλό επίπεδο λαδιού</li> <li>• ψηλή θερμοκρασία λαδιού</li> <li>• χαλασμένο σύστημα αντλιών</li> </ul>
(β) ψηλή θερμοκρασία $T_3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>N_2</math> πολύ ψηλή</li> <li>• <math>N_1</math> πολύ ψηλή</li> <li>• διαρροή αέρα από το συμπιεστή</li> <li>• παρεμπόδιση εξάτμισης κατόπιν ισχύς στρόβιλου.</li> </ul>
(γ) Δυσκολίες εκκίνησης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• λανθασμένη τεχνική</li> <li>• λανθασμένα καύσιμα έναρξης και κεντρικός αγωγός έναρξης</li> <li>• λανθασμένο ιξώδους για το λιπαντικό λάδι</li> <li>• ανεπαρκής αέρα ανεμιστήρα ελέγξτε ανεμιστήρες και κιβώτιο εισαγωγής (ελάχιστο <math>\Delta P</math> όλων των ανεμιστήρων 25 mm wg).</li> <li>• Λανθασμένα ρυθμισμένο το σύστημα παράκαμψης της ροής του αέρα. Αυτό τίθεται στα 7.5 με 8.0 1/hr στις εργασίες μας. Αν υπάρξουν δυσκολίες εκκίνησης με την αυτόματη εκκίνηση της κηροζίνης, ρυθμίστε τη βαλβίδα κάτω από τον πίνακα ελέγχου για να δώσετε μια ομαλή επιτάχυνση της τάξεως των 45.000 έως 50.000 r.p.m. για το <math>N_1</math> (με την κύρια βαλβίδα κλειστή).</li> <li>• Οι πίσω έλξεις στο σύστημα εξάτμισης μπορούν να προκαλέσουν δυσκολία στην ανάφλεξη της αλκοόλης. Αποσυνδέστε το σύστημα εξάτμισης για να λύσετε το πρόβλημα.</li> </ul>

## ΤΜΗΜΑ Ε

---

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Τα παρακάτω σχόλια σχετίζονται με τα υποσυστήματα του στρόβιλου αερίων και αντιπροσωπεύουν συσσωρευμένες λειτουργικές εμπειρίες.

#### Ε1 Σύστημα Ανεμιστήρων Έναρξης

Με κρύο λάδι, η ροή της μάζας αέρα που δίνεται από το ΔΡ και για τους 4 ανεμιστήρες ( που αντιστοιχεί στο στάδιο (δ) της διαδικασία έναρξης Γ3.2) είναι της τάξεως 35-50 mm wg. Σε μερικές περιπτώσεις πέφτει η τιμή σε 20 έως 25 mm wg εξαιτίας διαρροών στο κιβώτιο κ.λπ. Αυτό δεν είναι συντριπτικό υπό τον όρο ότι ο στρόβιλος αερίου αρχίζει ομαλά.

Στην περίπτωση λειτουργίας σε μεγάλο υψόμετρο η τιμή του ΔΡ για τους ανεμιστήρες θα μειωθεί λόγω των αλλαγών της πυκνότητας. Αυτό δεν πρέπει να έχει επιπτώσεις στη δυνατότητα έναρξης του στρόβιλου αερίων και δεν θα πρέπει να επηρεάσει τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά, παρόλο που η ροή της μάζας του αέρα θα μειωθεί. (Σημείωση: ένας στρόβιλος αερίου μάρκας 1 λειτούργησε επιτυχώς σε υψόμετρο 3000 m. )



## **E2 Σύστημα Καύσης**

Λόγω ελαφρών παραλλαγών σε συστατικές αποδόσεις και στη δομή των συστατικών, είναι πιθανόν να προκληθεί βουητό της καύσης σε κάποιο διάστημα της λειτουργίας.

Το βουητό προκαλείται κατά τη καύση από το θάλαμο καύσης ταλαντεύοντας από πλευρά σε πλευρά ή/και αξονικός. Αυτό είναι ένα φαινόμενο που έχει επιπτώσεις σε μερικούς στροβίλους αερίου και σε άλλους όχι. Δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα για το χρήστη και έχει σημειωθεί και έχει αξιολογηθεί από τους μηχανικούς δοκιμής.

## **E3 Στροβιλοσυμπιεστές**

Δεδομένου ότι η τουρμπίνα αερίου λειτουργεί με τα συγκεκριμένα ειδικά καύσιμα και λιπαντικά όπως της σειράς που αναφέρθηκε στο τμήμα Γ4.1, τότε πολύ λίγα προβλήματα σημειώνονται με αυτές τις μονάδες.

Περιστασιακά προβλήματα έχουν σημειωθεί με το φωτοηλεκτρικό σύστημα αίσθησης της ταχύτητας, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση ταχύτητας της γεννήτριας αερίου. Αυτό διορθώνεται είτε με το καθαρισμό των φακών, η με την αλλαγή μιας λάμπας, η με τον έλεγχο της αξιοπιστίας του αποστολέα και την επανάληψη ή τη ρύθμιση της ευαισθησίας του ηλεκτρονικού ταχύμετρου (όταν μια τέτοια ρύθμιση είναι εγκατεστημένη).

Παρόμοια προβλήματα μπορεί να σημειωθούν και κατά τη μέτρηση της ταχύτητας της τουρμπίνας τροφοδότησης, παρόλο που αυτό είναι πιο απλό, αφού είναι εγκατεστημένη μια μονή μη τροφοδοτική μαγνητική επανάληψη. Επίσης για τη τουρμπίνα τροφοδότησης μια μικρή διαρροή λαδιού από τον άξονα παραγωγής είναι επιτρεπτή. Αυτό είναι φυσιολογικό και ουσιαστικό για τη λειτουργία.

#### **E4 Συνέλευση Δύναμης/Τουρμπίνας Φρένων**

Το ελαστικό coupling που συνδέει την τουρμπίνα με το φρένο είναι έτσι σχεδιασμένο που στην περίπτωση δυσλειτουργίας είτε της τουρμπίνας είτε του φρένου να σπάσει. Αντικατάσταση του coupling επιτυγχάνεται με το χαλάρωμα του άξονα και με την προσαρμογή ενός νέου coupling.

Μιας και ο στροβιλοσυμπιεστής λειτουργεί πάνω σε ρουλεμάν πυκνού λαδιού και το φρένο πάνω σε κυκλικά ρουλεμάν υψηλής ταχύτητας, το coupling alignment δεν μπορεί να είναι ποτέ ακριβές. Η συνέπεια αυτού είναι ότι μπορεί να εμφανιστούν αντηχήσεις/προβλήματα στην τακτοποίηση της τουρμπίνας/φρένου. Οι μονάδες ελέγχονται στις εργασίες μας βάσει αποδεκτών επιπέδων δόνησης και συνεπώς απελευθερώνονται μόνο όταν θεωρούνται αποδεκτά από εμάς τους ίδιους. Έτσι όλα τα συστατικά της βασικής πλάκας είτε είναι το καθένα συνδεδεμένο με γόμφους ή κλειδωμένο σε θέση και δεν πρέπει να μετακινείται.

#### **E5 Σύστημα Καυσίμων**

Με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν διαρροές στην πλευρά αναρρόφησης της αντλίας, αυτό το σύστημα φαίνεται να παρουσιάζει πολύ λίγα προβλήματα.

Εάν διαπιστωθεί ότι μετά από το κλείσιμο της τουρμπίνας αερίου, ο μετρητής ροής αρχίζει να αδειάζει, τότε είναι πολύ πιθανό ότι η σωληνοειδής βαλβίδα καυσίμων δεν είναι κατάλληλα εφαρμοσμένη. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί με το ξήλωμα της μονάδας.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το ίδιο πρόβλημα μπορεί να εμφανιστεί στη σωληνοειδή βαλβίδα της αλκοόλης. Σε αυτήν την περίπτωση το σύμπτωμα είναι μια συνεχής υπερβολική ροή αλκοόλης εμφανής κατά τη διάρκεια της

εκκίνησης.

## **E6 Σύστημα Έναρξης**

Εκτός από τα προβλήματα εγκατάστασης που αναφέρονται στο τμήμα Γ6, μπορούν να εμφανιστούν τα παρακάτω προβλήματα.

### **E 6.1 Διαφορετική μη συστημένη χρήση των καυσίμων έναρξης**

Αν μεθανόλη ή αιθανόλη δεν είναι διαθέσιμες, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά καύσιμα έναρξης. Μπορεί να είναι απαραίτητο, για τον πειραματισμό, να χρησιμοποιηθούν τα καύσιμα για αξιολόγηση και αν θεωρηθεί απαραίτητο ο Gilkes θα είναι πρόθυμος να ερευνήσει τη χρήση άλλων καυσίμων έναρξης.

### **E.6.2 Ενάρξεις Από Κρύα Κατάσταση**

Έχει διαπιστωθεί ότι σε μερικές τουρμπίνες αερίου η ακολουθία έναρξης μέχρι 45,000 r.p.m. (στάδιο λ του Γ3.2) λειτουργεί ικανοποιητικά και μετά παύει η καύση. Η επανέναρξη δίνει έπειτα τη φυσιολογική διαδικασία έναρξης για την αυτοσυντήρηση. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που δεν είναι επικίνδυνο αλλά πιο ενοχλητικό από τίποτ' άλλο. Έχει γίνει η υπόθεση ότι αυτό μπορεί να οφείλεται σε μπλοκάρισμα του συστήματος που ρυθμίζει της πίεσης της αντλίας καυσίμων. Οι επόμενες ενάρξεις με θερμές συνθήκες έχουν γίνει απόλυτα αποδεκτές.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

