

Παρακολούθηση Λειτουργίας και Διαγνωστική για Βέλτιστη Εκμετάλλευση Αεριοστροβίλων.

Οι αεριοστροβίλοι, είναι οι μηχανές που προωθούν όλα τα υψηλών επιδόσεων σύγχρονα αεροσκάφη (Σχήμα 1). Η απόλυτη ανάγκη της αξιόπιστης λειτουργίας είναι προφανής για έναν τέτοιο κνητήρα. Η ανάγκη αυτή είναι επίσης σημαντική για τον δεύτερο μεγάλο τομέα χρήσης των αεριοστροβίλων, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρ' όλο που παλαιότερα η χρήση τους στον τομέα αυτό ήταν σχετικά περιορισμένη (κυρίως ως μηχανές αιχμής), η βελτίωση της απόδοσής τους, που έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια, έχει ως αποτέλεσμα, την σημαντική εξάπλωσή τους. Στο γεγονός αυτό, έχει συμβάλει και η χρήση τους σε μονάδες βάσης, συνδυασμένου κύκλου (Σχήμα 2), καθώς και η καταλληλότητά τους για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Και για τον δεύτερο αυτό τομέα εφαρμογών, είναι εμφανής η ανάγκη της συνεχούς αξιόπιστης λειτουργίας, για μια κοινωνία που βασίζεται στην ηλεκτρική ενέργεια, όσο είναι η σύγχρονη.

Εκτός από την αξιοπιστία της λειτουργίας, όμως, μια άλλη σημαντική απαίτηση, είναι η βελτιστοποίηση της οικονομικότητας της χρήσης τους. Οι αεριοστροβίλοι, όντας μηχανές που ενσωματώνουν τις πιο πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις, είναι μηχανές μεγάλου κόστους. Ο χρήστης τους λοιπόν, απαιτεί να λαμβάνει το μέγιστο δυνατόν όφελος από την χρήση τους. Από την άλλη μεριά, σημαντικά μεγάλο είναι το κόστος συντήρησης για την ωφέλιμη διάρκεια ζωής μιας τέτοιας μηχανής, που μπορεί να είναι, περίπου, διπλάσιο του κόστους κτήσης της και αυτό χωρίς να υπολογίζονται περιπτώσεις απρόβλεπτων βλαβών και πιθανών ατυχημάτων. Η δυνατότητα λοιπόν μείωσης του κόστους συντήρησης, είναι πάντα επιθυμητή.

Η εκπλήρωση όλων των παραπάνω απαιτήσεων, γίνεται δυνατή με την χρησιμοποίηση διαδικασιών παρακολούθησης λειτουργίας και διάγνωσης βλαβών αεριοστροβίλων. Οι διαδικασίες αυτές, χρησιμοποιούν φυσικά



Σχήμα 1:
Αεριοστροβίλοι κινήτριες (στροβιλοαντιδραστήρες) σε επιβατικό αεροσκάφος.



Σχήμα 2:
Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συνδυασμένου κύκλου, με δύο αεριοστροβίλους και έναν ατμοστροβίλο.

μεγέθη που μετρούνται σε μια λειτουργούσα μηχανή, για να προσδιορίσουν αν η μηχανή βρίσκεται σε καλή κατάσταση ή έχει υποστεί κάποια βλάβη.

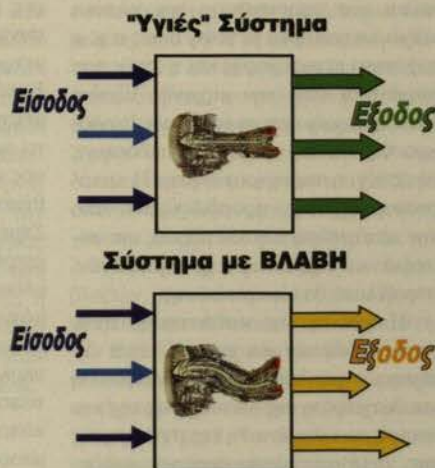
Στην δεύτερη περίπτωση, εντοπίζουν ποιο τμήμα της μηχανής έχει υποστεί βλάβη και τί είδους είναι η βλάβη αυτή. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, η διάγνωση κατάστασης ενός αεριοστροβίλου, να γίνεται κατά τρόπο παρόμοιο με αυτόν που γίνεται η διάγνωση ασθενειών στην ιατρική, δηλαδή να βασίζεται σε εξωτερικές παρατηρήσεις, χωρίς να απαιτείται η αποσυναρμολόγηση της μηχανής, πολύ σημαντικότερο δε, να μην απαιτείται να διακοπεί η λειτουργία της.

Πριν όμως προχωρήσουμε σε περισσότερα στοιχεία για τις διαδικασίες αυτές για αεριοστροβίλους, είναι χρήσιμο να παρουσιάσουμε τις γενικές αρχές στις οποίες στηρίζεται η πραγματοποίηση μιας διάγνωσης σε ένα οποιοδήποτε σύστημα. Η τεχνολογική περιοχή που ασχολείται με τις μεθόδους διάγνωσης, είναι γνωστή με τον όρο «Διαγνωστική».

Οι αρχές μίας Διάγνωσης.

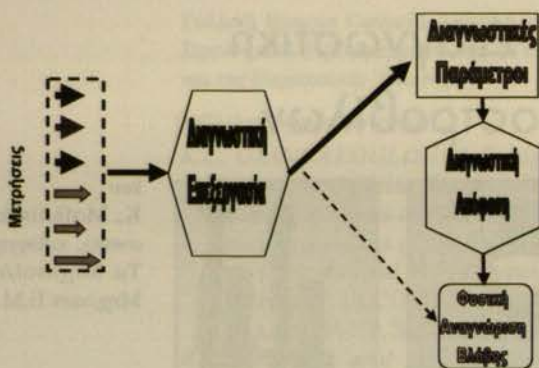
Ένα οποιοδήποτε τεχνολογικό σύστημα, χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη κάποιων μεγεθών που προσδιορίζουν τις

συνθήκες λειτουργίας του και ονομάζονται εισοδοί του συστήματος, έχει ως αποτέλεσμα, την διαμόρφωση μιας σειράς άλλων μεγεθών, που ονομάζονται εξοδοί. Σε ένα σύστημα μιας δεδομένης κατάστασης, ένα σύνολο εισόδων, παράγει ένα συγκεκριμένο σύνολο εξόδων. Όταν η κατάσταση του συστήματος αλλάξει, όπως για παράδειγμα, όταν συμβεί μια βλάβη σε κάποια συνιστώσα του, τότε για τις ίδιες εισόδους, έχουμε διαφορετικές



Σχήμα 3: Είσοδοι και εξοδοί συστήματος για κατάσταση "υγιή" και κατάσταση με βλάβη.

του
Κ. Μαθιουδάκη
αναπλ. καθηγητή
Τμ. Μηχανολόγων
Μηχ/κών Ε.Μ.Π.



Σχήμα 4: Σχηματική παράσταση της διάγνωσης με χρήση των εισόδων και εξόδων συστήματος.

εξόδους από το σύστημα. Οι δύο καταστάσεις λειτουργίας, απεικονίζονται στο Σχήμα 3.

Αντικείμενο μιας διαγνωστικής διαδικασίας, είναι ο προσδιορισμός της κατάστασης του συστήματος όταν είναι γνωστές οι εισοδοί και οι εξοδοί του. Χρησιμοποιώντας τον συμβολισμό του σχήματος 1, η διαγνωστική διαδικασία, μπορεί να παρασταθεί όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Στην περίπτωση που υπάρχει βλάβη στο σύστημα, σκοπός είναι να εντοπιστεί η θέση της βλάβης και να προσδιοριστεί το είδος, η έκταση και η σοβαρότητά της.

Αν το σύστημα είναι ένας αεροστροβίλος, εισοδοί είναι οι συνθήκες περιβάλλοντος (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία), η ταχύτητα πτήσης, αν πρόκειται για αεροσκάφος και κάποια κύρια λειτουργικά μεγέθη, όπως π.χ. η ταχύτητα περιστροφής και η ισχύς που παράγεται από την μηχανή. Έξοδοι είναι, μετρούμενες πιέσεις και θερμοκρασίες, καθώς και μεγέθη επιδόσεων, όπως π.χ. η παροχή καυσίμου. Η κατάσταση μηχανής, προσδιορίζεται από την κατάσταση των επί μέρους υποσυστημάτων της, όπως π.χ. συμπιεστών, στροβίλων, θαλάμων καύσης.

Η γνώση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται μια μηχανή, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επίτευξη και διαχείριση της λειτουργίας της και κυρίως, για οργάνωση της συντήρησής της, κατά αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο. Εξ ίσου σημαντική, αν όχι σημαντικότερη, είναι η δυνατότητα να διαγιγνώσκονται βλάβες σε μηχανές κατά την λειτουργία τους, και μάλιστα,

όταν βρίσκονται σε αρχικό στάδιο εμφάνισης, για να αποφευχθούν πιθανά καταστρεπτικά αποτελέσματα. Παρακάτω, θα δοθούν αρχές των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό και θα παρουσιαστούν ενδεικτικά στοιχεία συστημάτων, που υλοποιούν τέτοιες μεθόδους.

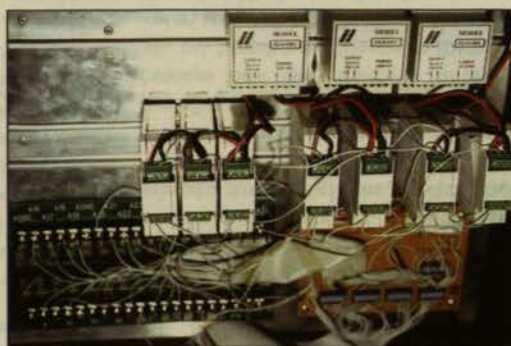
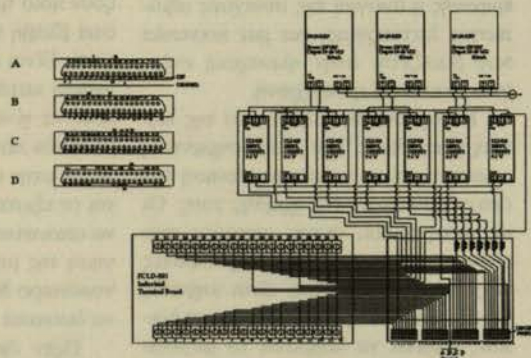
Η διαδικασία Διάγνωσης.

Για να υλοποιηθεί μια διαγνωστική διαδικασία, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν κάποια συγκεκριμένα βήματα: (α) να μετρηθούν κάποια μεγέθη στην μηχανή που εξετάζεται, (β) να γίνει επεξεργασία των μετρούμενων ποσοτήτων, για να έρθουν σε μορφή κατάλληλη για διαγνωστική αξιολόγηση και (γ) με βάση τα στοιχεία αυτά, να ληφθεί η διαγνωστική απόφαση.

(α) Για καθορισμό των μεγεθών που θα μετρηθούν κατ' αρχήν, μελετάται ποια μεγέθη είναι διαθέσιμα από το σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης της μηχανής. Αν τα μεγέθη αυτά δεν επαρκούν για τον σχηματισμό πλήρους εικόνας της κατάστασης της μηχανής, πρέπει να αποφασιστεί, τι επί πλέον όργανα θα εγκατασταθούν και να προδιαγραφούν τα χαρακτηριστικά τους. Σύγχρονες μονάδες είναι εξοπλισμένες με ικανό αριθμό μετρητικών οργάνων, ενώ παλαιότερες μηχανές, διαθέτουν, συνήθως, λιγώτερα μετρούμενα μεγέθη. Εκτός από τα ίδια τα μετρητικά όργανα, πρέπει να καθοριστεί και ο τρόπος καταγραφής και αποθήκευσης των μετρήσεων. Σήμερα η τάση είναι οι μετρήσεις να συνδέονται μέσω κατάλληλων συστημάτων πρόσκτησης δεδομένων, με ηλεκτρονικό υπολογιστή, που πραγματοποιεί αυτόματα την καταγραφή τους, ενώ μπορεί να τις επεξεργάζεται άμεσα. Ένα παράδειγμα της διάταξης μετρήσεων που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο

Θερμικών Στροβιλομηχανών (ΕΘΣ) του ΕΜΠ, για διαγνωστικό σύστημα βιομηχανικού αεροστροβίλου, δίδεται στο Σχήμα 5.

(β) Ανάλογα με το είδος των μετρήσεων που χρησιμοποιούνται, πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατάλληλες μέθοδοι επεξεργασίας των δεδομένων. Οι μέθοδοι αυτές ποικίλουν από μια απλή εξαγωγή στατιστικών παραμέτρων ή επεξεργασία σήματος, μέχρι και αρκετά πολύπλοκες επεξεργασίες, σε συνδυασμό με μοντέλο συστήματος που αντιπροσωπεύει την μηχανή. Μ' αυτό τον τρόπο, παράγεται πληροφορία, που δεν μπορεί να προκύψει από απλή παρατήρηση των μετρήσεων. Τυπικά παραδείγματα είναι, ο υπολογισμός του φάσματος ισχύος, με χρήση μετασχηματισμού Fourier, που δίνει άμεσα τις συχνότητες των συστατικών ενός χρονικού σήματος και ο υπολογισμός των βαθμών απόδοσης των συμπιεστών και στροβίλων ενός αεροστροβίλου. Μέρος της διαδικασίας αυτής, είναι η σύγκριση της τρέχουσας κατάστασης μηχανής, με την κατάσταση



Σχήμα 5: Διάταξη σύνδεσης με σύστημα ελέγχου αεροστροβίλου για συλλογή δεδομένων (α) διάγραμμα, (β) φωτογραφία.

αναφοράς της, που τυπικά είναι η κατάσταση της, αμέσως μετά την κατασκευή, μόλις τεθεί σε λειτουργία.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες τεχνικών διάγνωσης, ανάλογα με το είδος των μετρήσεων και τον τρόπο επεξεργασίας τους. Κατ' αρχήν, έχουμε μεθόδους που βασίζονται σε παρακολούθηση Αεροθερμοδυναμικών παραμέτρων. Αυτές οι τεχνικές, είναι γνωστές με τον όρο *Ανάλυση Διέλευσης Κανασαερίου*, και είναι δυνατόν να διαγνώσουν βλάβες σε επιμέρους τμήματα αεριοστροβίλων, που συμμετέχουν στην πραγματοποίηση του θερμοδυναμικού κύκλου και συνεπώς, είναι σε επαφή με το εργαζόμενο μέσο, δηλαδή διαρρέονται από αέριο (όπως π.χ. συμπιεστής, θάλαμος καύσης, κλπ). Μια δεύτερη μεγάλη κατηγορία μεθόδων, είναι οι μέθοδοι που βασίζονται σε Μετρήσεις Ταχείας Απόκρισης. Εδώ, περιλαμβάνονται οι μέθοδοι που βασίζονται σε Ανάλυση Κραδασμών. Οι απαιτούμενες πληροφορίες, παρέχονται από την μέτρηση κραδασμών σε διάφορα μέρη του αεριοστροβίλου. Η κατάλληλη ανάλυση των μετρήσεων, μπορεί να δώσει πληροφορίες για την κατάσταση αφ' ενός, μερών του αεριοστροβίλου που διαρρέονται από αέριο, π.χ. πτερύγια βαθμίδων, και αφ' ετέρου, για καθαρά μηχανικά μέρη, όπως έδρανα, οδοντωτούς τροχούς και ατράκτους.

Περιλαμβάνονται επίσης, μέθοδοι που βασίζονται σε Ανάλυση Μη Μόνιμης Πίεσης και Ήχου, δηλαδή σε μετρήσεις της ακουστικής εκπομπής διαφόρων μερών μίας μηχανής. Τέτοιες τεχνικές, βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο ανάπτυξης, αντίθετα με τις δύο προηγούμενες, που έχουν αναπτυχθεί εκτεταμένα και έχουν ήδη ευρεία εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

(γ) Για να αξιοποιηθεί η πληροφορία που προκύπτει από την επεξεργασία των μετρήσεων, είναι απαραίτητη η αξιολόγησή τους, με βάση την υπάρχουσα γνώση και εμπειρία για την κατάσταση μηχανής. Η πιο απλή περίπτωση, είναι η σύγκριση ενός μεγέθους με κάποια προκαθορισμένα όρια (τυπικό παράδειγμα, η θερμοκρασία εξόδου του στροβίλου, που δεν πρέπει να υπερβεί ένα όριο, ή το επίπεδο κραδασμών σε κάποια θέση της μηχανής, που πρέπει επίσης, να είναι μικρότερο κάποιου ορίου). Πιο πολύπλοκη περίπτωση

είναι η αναγνώριση "υπογραφών" βλαβών. Έτσι, οι μέθοδοι που επεξεργάζονται την πληροφορία, μπορεί να είναι από απλές διαδικασίες σύγκρισης μέχρι προχωρημένα συστήματα, που χρησιμοποιούν μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης και εκτελούν ένα σύνολο λογικών διεργασιών, που προσομοιάζουν την ανθρώπινη νοητική λειτουργία. Για την πραγματοποίηση της τελευταίας αυτής διεργασίας, είναι απαραίτητη η ύπαρξη γνωστικού υποβάθρου, σχετικά με τα συμπτώματα της δυσλειτουργίας ή των βλαβών που μπορούν να εμφανιστούν σε μια μηχανή.

Ανάπτυξη γνωστικού υποβάθρου για τη διάγνωση βλαβών.

Η δυνατότητα υλοποίησης του βήματος (γ), προϋποθέτει ότι είναι εκ των προτέρων γνωστή η συσχέτιση μεταξύ βλαβών και αλλαγών των σχετικών παραμέτρων. Η γνώση τέτοιων συσχετίσεων μπορεί να αποκτηθεί με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

Μελέτη καταγραμμένων στοιχείων βλαβών, αν υπάρχουν.

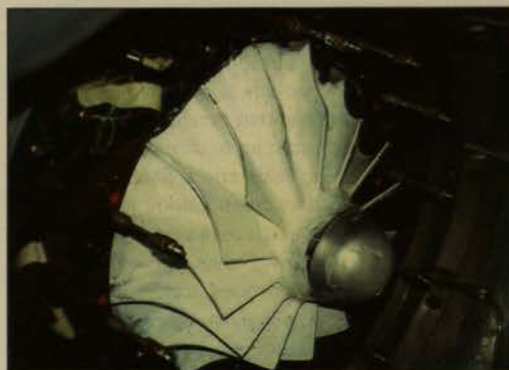
Αν για παράδειγμα, καταγράφονται συστηματικά οι τιμές κάποιων μεγεθών για μια μηχανή, μπορεί κανείς να δει, πώς άλλαξαν οι τιμές των μεγεθών αυτών, όταν συνέβη μια βλάβη, που διαπιστώθηκε εκ των υστέρων. Ένα παράδειγμα μια τέτοιας βλάβης, παρουσιάζεται στο Σχήμα 6. Εδώ η εικόνα προέρχεται από αεριοστροβίλο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ενταγμένο στο δίκτυο της ΔΕΗ), ο οποίος παρουσίασε υψηλές θερμοκρασίες εξόδου καυσαερίων και αδυνατούσε για τον λόγο αυτό, να πετύχει το ονομαστικό του φορτίο. Στην περίπτωση αυτή, υπήρχαν καταγεγραμμένες μετρήσεις από καινούργια μηχανή και από την μηχανή με την βλάβη. Η διάγνωση δυσλειτουργίας στον στροβίλο αεριογόνου, είχε ήδη πραγματοποιηθεί από τις μετρήσεις, η ύπαρξη του συγκεκριμένου όμως τύπου βλάβης, διαπιστώθηκε με την αποσυναρμολόγηση και επιθεώρηση της μηχανής.

Πειράματα με μηχανές με εμφύτευση βλαβών.

Τέτοια πειράματα, γίνονται σε δυο φάσεις: (i) μετρούνται όλα τα απαραίτητα μεγέθη, σε μια υγιή μηχανή, (ii) προκαλούνται στην μηχανή αυτή οι



Σχήμα 6: Πτερύγια στροβίλου με επιφάνεια καλυμμένη με επικαθίσεις από πρόσθετο καινούριο.



Σχήμα 7: Πτερωτή ακτινικού συμπιεστή καλυμμένη με επικαθίσεις. Δοκιμάστηκε στο ΕΘΣ.

βλάβες και μετρούνται τα ίδια μεγέθη, σε αντίστοιχες συνθήκες λειτουργίας. Τα πειράματα μπορούν να γίνουν είτε σε ολόκληρη μηχανή είτε σε επί μέρους συνιστώσες της. Ένα παράδειγμα από μελέτη, που έγινε σε μεμονωμένη συνιστώσα, και συγκεκριμένα σε ακτινικό συμπιεστή από υπερπληρωτή ναυτικής εμβολοφόρου μηχανής, φαίνεται στο Σχήμα 7. Τα πειράματα έγιναν στο δοκιμαστήριο συμπιεστών του ΕΘΣ, με σκοπό την δημιουργία πληροφορίας για την διαπίστωση ύπαρξης και τον διαχωρισμό μεταξύ διαφόρων ειδών βλαβών, μια από τις οποίες είναι η συσσώρευση επικαθίσεων στον συμπιεστή.

Ένα άλλο παράδειγμα βλάβης, που μελετήθηκε από το ΕΘΣ, αυτή τη φορά σε βιομηχανικό αεριοστροβίλο, φαίνεται στο Σχήμα 8. Τα πειράματα έγιναν σε βιομηχανικό αεριοστροβίλο, στο δοκιμαστήριο της εταιρείας που τον κατασκευάζει. Η εικόνα του σχήματος, παρήχθη με διπλή φωτογράφιση πτερυγίου και υπέρθεση των φωτογρα-



Σχήμα 8: Συστροφή πτερυγίου συμπιεστή βιομηχανικού αεριοστροβίλου ισχύος 6 MW.

φιών, πριν και μετά από συστροφή του. Τέτοιες συστροφές, μπορεί να προκύψουν από την πρόσκρουση μικροαντικειμένων στα πτερύγια ή από την επαφή τους με το σταθερό κέλυφος.

Παρ' όλο που η βλάβη αυτή καθ' αυτή είναι πολύ μικρού μεγέθους και δεν επηρεάζει ουσιαστικά τις επιδόσεις της μηχανής, είναι ιδιαίτερα σοβαρή, γιατί η συστροφή του πτερυγίου, μπορεί να οδηγήσει στην συνέχεια σε αστοχία και απόσπασή του, γεγονός που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα, την πλήρη καταστροφή των βαθμίδων του συμπιεστή, που ακολουθούν την βαθμίδα στην οποία βρίσκεται το συγκεκριμένο πτερύγιο. Ας σημειωθεί ότι διαγνωστικές τεχνικές που αναπτύχθηκαν από το ΕΘΣ, έδωσαν την δυνατότητα, όχι μόνο να εντοπιστεί η ύπαρξη της βλάβης, αλλά και να εκτιμηθεί το μέγεθος της γωνίας κατά την οποία έχει συστραφεί το πτερύγιο.

Προσομοίωση βλαβών με χρήση υπολογιστικού μοντέλου.

Αυτός ο τρόπος, είναι ο πιο εύκολος και ευέλικτος, υπό την προϋπόθεση ότι, το μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιείται, είναι αξιόπιστο. Εκτός του ότι εφαρμόζεται εύκολα και έχει σημαντικά μικρότερο κόστος, σε σύγκριση με την μελέτη σε πραγματικές μηχανές, δίνει την δυνατότητα κάλυψης, ευρέως φάσματος ειδών και σοβαρότητας βλαβών. Ο λόγος για τον οποίο δεν μπορεί να γενικευτεί η χρήση αυτού του τρόπου, είναι οι σχετικά περιορισμένες δυνατότητες ακριβούς μοντελοποίησης των λεπτομερειών των φαινομένων, που επηρεάζονται από την παρουσία

βλάβης. Έτσι, ενώ η μοντελοποίηση της επίδρασης βλαβών των συνιστωσών αεριοστροβίλου στις αεροθερμοδυναμικές επιδόσεις του είναι αρκετά εύκολη και αξιόπιστη με τα σημερινά δεδομένα, δεν συμβαίνει τό ίδιο για τις μετρήσεις κραδασιμών σε διάφορες θέσεις του κελύφους της μηχανής.

Ένα παράδειγμα υπολογιστικού μοντέλου που αναπτύχθηκε στο ΕΘΣ, για την προσομοίωση βλαβών που επηρεάζουν τις αεροθερμοδυναμικές επιδόσεις συνιστωσών αεριοστροβίλου, φαίνεται στο Σχήμα 9.

Αυτοματοποίηση Διαγνωστικών Διαδικασιών.

Είναι πολλοί οι λόγοι για τους οποίους είναι επιθυμητή η αυτοματοποίηση διαγνωστικών διαδικασιών, δηλαδή, η υλοποίησή τους με την μικρότερη δυνατή ανθρώπινη παρέμβαση. Η αυτοματοποίηση, μπορεί να προσφέρει αύξηση της αξιοπιστίας των διαγνωστικών συστημάτων, μειώνοντας την εξάρτηση από τον (υποκειμενικό) ανθρώπινο παράγοντα, καθώς επίσης, να αυξήσει, κυρίως, την ταχύτητα αλλά και την αποτελεσματικότητά, στον εντοπισμό μιας βλάβης. Η δεύτερη δυνατότητα, αν συνδυάζεται με κατάλληλες επεμβάσεις στο σύστημα ελέγχου, μπορεί να προλάβει καταστροφικές εξελίξεις βλαβών, επεμβαίνοντας και διακόπτοντας την λειτουργία, μόλις εμφανιστεί κάποια επικίνδυνη βλάβη.

Αυτοματοποίηση, σημαίνει ότι, το διαγνωστικό σύστημα επιτελεί κάποιες διεργασίες, στις οποίες αντικαθιστά τον άνθρωπο και οι οποίες περιλαμβάνουν την αξιολόγηση δεδομένων και την λήψη αποφάσεων. Η υλοποίηση τέτοιων διεργασιών, γίνεται με χρήση τεχνικών από την περιοχή της τεχνητής νοημοσύνης. Χρησιμοποιούνται τεχνικές, όπως τα έμπειρα συστήματα, μέθοδοι αναγνώρισης προτύπων, νευρωνικά δίκτυα κ.α. Στο Σχήμα 9, παρουσιάζεται μια διαδικασία που χρησιμοποιεί νευρωνικά δίκτυα, για τον εντοπισμό

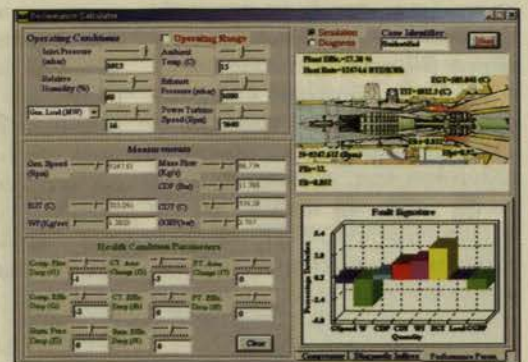
βλαβών σε αισθητήρες ενός αεροπορικού κινητήρα μεγάλου λόγου παράκαμψης, απ' αυτούς που χρησιμοποιούνται σήμερα, σε επιβατικά αεροσκάφη. Η χρήση νευρωνικών δικτύων, δίνει το πλεονέκτημα της εξαγωγής συμπερασμάτων, σε πολύ μικρό χρόνο, οπότε ο εντοπισμός γίνεται ουσιαστικά σε συνθήκες πραγματικού χρόνου.

Οικονομικά Οφέλη.

Εκτός από την εξασφάλιση αξιοπιστίας λειτουργίας μιας μηχανής, η εφαρμογή μεθόδων παρακολούθησης λειτουργίας και διαγνωστικής, παρέχει επίσης, μια σειρά από οικονομικά οφέλη.

Η συνεχής γνώση της κατάστασης λειτουργίας, δίνει την δυνατότητα στον χρήστη, να προγραμματίζει τη χρήση, και επιλέγει συνθήκες λειτουργίας με υψηλή απόδοση αλλά και με μικρότερη κατανάλωση του ωφέλιμου χρόνου ζωής της μηχανής, με αποτέλεσμα την μείωση του λειτουργικού κόστους. Η δυνατότητα πρόβλεψης αστοχίας εξαρτημάτων, επιτρέπει σχεδιασμό μιας προληπτικής διαδικασίας συντήρησης και επισκευής, αποφεύγοντας απρόβλεπτες αστοχίες, που συνεπάγονται υψηλούς κόστους διακοπές παραγωγής. Μάλιστα δε, η γνώση του βαθμού φθοράς και των συνεπειών που έχει στο κόστος λειτουργίας, διευκολύνει την λήψη απόφασης, εφ' όσον επιτρέπει βελτιστοποίηση του κόστους των επεμβάσεων στην μηχανή, λαμβάνοντας υπόψη, όλα τα στοιχεία που αφορούν είτε την ίδια την μηχανή είτε το σύστημα παραγωγής, μέσα στο οποίο εντάσσεται.

Ειδικά για την συντήρηση, δίδεται η



Σχήμα 9: Υπολογιστικό μοντέλο αεριοστροβίλου, που δίνει την δυνατότητα προσομοίωσης βλαβών στις συνιστώσες.

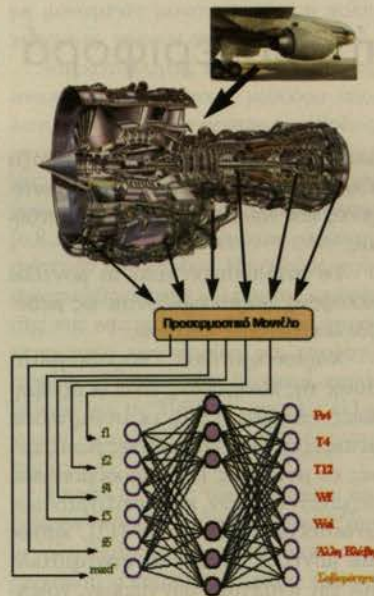
δυνατότητα εφαρμογής επεμβάσεων συντήρησης υψηλής αποτελεσματικότητας και χαμηλού κόστους. Όταν ο χρήστης αεροστροβίλου, μπορεί να διαγνώσει με βεβαιότητα μια βλάβη, τότε το κόστος συντήρησης μειώνεται δραστικά, δεδομένου ότι, γίνεται επέμβαση, γνωρίζοντας ακριβώς την θέση και το είδος της (μείωση χρόνου, μείωση κόστους εργατικών συντήρησης). Επίσης, ο χρόνος έως την επόμενη συντήρηση, επεκτείνεται με την επακόλουθη μείωση του κόστους λειτουργίας, αφού γίνεται πλήρης εκμετάλλευση της διάρκειας ζωής των διαφόρων εξαρτημάτων. Δηλαδή, η συντήρηση δεν γίνεται πλέον σε σταθερά χρονικά διαστήματα, ανεξάρτητα από την κατάσταση των τμημάτων της μηχανής, αλλά μόνον "υπό συνθήκη" (on condition), εφ' όσον η κατάσταση των επί μέρους εξαρτημάτων, το απαιτεί.

Η χρησιμοποίηση αυτοματοποιημένων διαγνωστικών συστημάτων, μπορεί να αποδώσει επιπλέον οφέλη, όπως ελαχιστοποίηση του ανθρώπινου παράγοντα, κατά την παρακολούθηση λειτουργίας, δυνατότητα σωστής και άμεσης λήψης αποφάσεων, σχετικά με την λειτουργία ενός αεροστροβίλου, ακόμα δε και λειτουργία χωρίς την ανάγκη άμεσης παρακολούθησης από χειριστές

Όλοι οι παραπάνω λόγοι, έχουν ως αποτέλεσμα, την ραγδαία εξέλιξη των διαγνωστικών συστημάτων, κατά τα τελευταία χρόνια. Σήμερα, οποιαδήποτε καινούργια μηχανή εγκαθίσταται σε κάποια εφαρμογή, είναι εφοδιασμένη με κάποιο είδους διαγνωστικό σύστημα, ενώ οι χρήστες παλαιότερων μηχανών, φροντίζουν να προσαρμόσουν τέτοιου είδους συστήματα στις μηχανές τους.

Η Διαγνωστική στο Εργαστήριο Θερμικών Στροβιλομηχανών του ΕΜΠ.

Η δραστηριότητα στην περιοχή της Διαγνωστικής, καλλιεργείται στο Εργαστήριο Θερμικών Στροβιλομηχανών, τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια. Έχει οδηγήσει, στην απόκτηση ολοκληρωμένης εμπειρίας που εκτείνεται από την πραγματοποίηση έρευνας, ανάπτυξη και καθιέρωση πρωτότυπων νέων μεθόδων, έως την ανάπτυξη ολοκληρωμένων διαγνωστικών συστημά-



Σχήμα 8: Σύστημα περυγίου συμπίεστη βιομηχανικού αεροστροβίλου ισχύος 6 MW.

των, για βιομηχανική χρήση. Έχει δύο βασικές κατευθύνσεις:

(i) Ανάπτυξη τεχνικών με χρήση αεροθερμοδυναμικών στοιχείων

(ii) Ανάπτυξη τεχνικών με χρήση μετρήσεων ταχείας απόκρισης (π.χ. κραδασμοί, ήχος). Τα επιστημονικά επιτεύγματα της ερευνητικής δραστηριότητας της ομάδας διαγνωστικής, έχουν τεκμηριωθεί σε δημοσιεύσεις, μία εκ των οποίων μάλιστα, έχει τύχει διεθνούς βραβείου, ενώ παραπέρα διεθνής αναγνώριση των επιτευγμάτων, έχει προκύψει από την υιοθέτηση των μεθόδων, από μεγάλους κατασκευαστές αεροστροβίλων.

Η ομάδα έχει συμμετάσχει σε αρκετά ανταγωνιστικά ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ έχει εκτελέσει τέτοια προγράμματα και σε απ' ευθείας σύνδεση με την βιομηχανία. Έχει αναπτύξει συνεργασίες με τους μεγαλύτερους κατασκευαστές μηχανών στην Ευρώπη, αλλά και με μεγάλες εταιρείες που χρησιμοποιούν αεροστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όλα τα παραδείγματα που έχουν δοθεί στο παρόν άρθρο, προέρχονται από δραστηριότητες της ομάδας διαγνωστικής του ΕΘΣ.