



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Ρευστών
Εργαστήριο Θερμικών Στροβιλομηχανών

Διδακτορική Διατριβή

**ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΑΕΡΙΟ/ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΤΟΥΣ**

Χαρίκλεια Α. Γεωργοπούλου

Αθήνα 2009

Επιβλέπων : **Κυριάκος Χ. Γιαννάκογλου**, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή προτείνει, πιστοποιεί και εφαρμόζει νέες μεθόδους βελτιστοποίησης, που βασίζονται στους εξελικτικούς αλγορίθμους ΕΑ, για τον προγραμματισμό λειτουργίας αεριο/ατμοστροβιλικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και το σχεδιασμό συνιστωσών τους. Οι μέθοδοι που αναπτύσσονται έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε υπολογιστικό κόστος και είναι ευέλικτες στην επίλυση συναφών εφαρμογών στις στροβιλομηχανές, το σχεδιασμό και τη χρήση τους.

Από την πλευρά του σχεδιασμού – βελτιστοποίησης μονάδων και συνιστωσών τους, λ.χ. σχεδιασμό βέλτιστης μορφής πτερυγίου στροβιλομηχανής με αεροδυναμικά κριτήρια και της διάταξης σταθμού συνδυασμένου κύκλου, οι τεχνικές που αναπτύσσονται εντάσσονται κυρίως στην κατηγορία των μιμητικών αλγορίθμων. Συνδυάζουν ΕΑ, για την ολική εξερεύνηση, με μεθόδους καθόδου, για την τοπική βελτίωση και προτείνουν τη διττή χρήση τοπικά εκπαιδευόμενων προσεγγιστικών προτύπων αξιολόγησης των υποψηφίων λύσεων, γνωστών ως μεταπρότυπα, και στις δύο προαναφερθείσες διαδικασίες βελτιστοποίησης. Στη βελτιστοποίηση πολλών στόχων προτείνεται η τοπική βελτίωση ως προς την (προσεγγιστικά υπολογισμένη) δύναμη των ατόμων στο χώρο των στόχων, τεχνική που αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποδοτική σε προβλήματα όπου οι συναρτήσεις – στόχοι υπόκεινται σε περιορισμούς. Για τα βελτιωμένα χρωμοσώματα χρησιμοποιείται εκπαίδευση κατά Lamarck. Οι προτεινόμενοι μιμητικοί αλγόριθμοι υποβοηθούμενοι διττά από μεταπρότυπα αποδεικνύονται αποδοτικότεροι των συμβατικών ΕΑ με ή χωρίς μεταπρότυπα για την επίλυση μηχανολογικών προβλημάτων από τις προαναφερθείσες κατηγορίες.

Στην ίδια κατηγορία προβλημάτων εντάσσονται προβλήματα που χαρακτηρίζονται από διαφορετικά σενάρια υποψηφίων λύσεων, με διαφορετικές μεταβλητές σχεδιασμού καθένα. Ενδεικτική εφαρμογή που μελετάται στη διατριβή είναι ο σχεδιασμός – βελτιστοποίηση αεριο/ατμοστροβιλικής μονάδας με επιλογή του εμπορικού μοντέλου αεριοστροβίλου και του τύπου του λέβητα ανάκτησης θερμότητας. Η επίλυση των προβλημάτων αυτών με συμβατικούς ΕΑ συναντά δυσκολίες, όπως η κωδικοποίηση όλων των σεναρίων σε ένα ενιαίο χρωμόσωμα. Η διατριβή προτείνει και δοκιμάζει ένα νέο κατανεμημένο ΕΑ με ημιαυτόνομα εξελισσόμενους δήμους, που αποτελεί εξέλιξη του λογισμικού βελτιστοποίησης

που αναπτύχθηκε για τα παραπάνω. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος αποδεικνύεται χαμηλότερου κόστους από τους συμβατικούς ΕΑ. Ως προς το βέλτιστο προγραμματισμό λειτουργίας αεριο/ατμοστροβλικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, η διατριβή προτείνει ένα πρωτότυπο διεπίπεδο ΕΑ, 2LEA, για την αποδοτική και ευέλικτη επίλυση ρεαλιστικών παραλλαγών που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία προβλημάτων βελτιστοποίησης. Ο 2LEA εντάσσεται στο γενικευμένο λογισμικό της διατριβής, ενώ επιμέρους τμήματά του μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα. Ο 2LEA χρησιμοποιείται για την επίλυση της ‘κλασικής’ διατύπωσης του προβλήματος της βέλτιστης ένταξης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής σε πρόγραμμα κάλυψης μιας δεδομένης χρονοσειράς ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, σε ωριαία χρονική βάση και αποδεικνύεται ταχύτερος από τους συμβατικούς ΕΑ. Επίσης, εφαρμόζεται στην επίλυση του ίδιου προβλήματος υπό πιθανοτικές αλλαγές της ζήτησης ή τυχαίες αστοχίες των μονάδων ή λαμβάνοντας υπόψη την επιρροή του βραχυπρόθεσμου προγράμματος λειτουργίας των μονάδων στο ετήσιο μεταβλητό κόστος συντήρησής τους. Για τις περιπτώσεις αυτές, διατυπώνονται νέες κατάλληλες συναρτήσεις – στόχοι και εφαρμόζονται σε συστήματα τριών έως δέκα μονάδων και για βραχυπρόθεσμους χρονικούς ορίζοντες από τριήμερο έως εβδομάδα, σε ωριαία χρονική βάση. Η πιστοποίηση των αλγορίθμων της εργασίας πραγματοποιείται σε προβλήματα της βιβλιογραφίας. Αυτά αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση ως μονοκριτηριακά ή πολυκριτηριακά.

Σε περιπτώσεις στοχαστικής αστοχίας των μονάδων, ο 2LEA συνδυάζεται με την τεχνική Monte Carlo και λαμβάνει υπόψη την πιθανότητα εμφάνισης βλαβών, υπολογίζοντας βέλτιστες λύσεις ως προς το εκτιμώμενο κόστος λειτουργίας. Η τεχνική Monte Carlo προϋποθέτει δειγματοληψία μεγάλου μεγέθους πάνω στις πιθανές αστοχίες για όλες τις μονάδες, με κάθε δείγμα να εμπλέκει χρονοσειρές από καταστάσεις διαθεσιμότητας/μη – διαθεσιμότητας των μονάδων. Η αξιολόγηση μιας υποψήφιας λύσης ενέχει τη διόρθωσή της σύμφωνα με κάθε δείγμα, την αξιολόγηση του διορθωμένου σεναρίου και, τελικά, τον υπολογισμό του αντίστοιχου μέσου όρου του ολικού κόστους λειτουργίας. Η διαδικασία αυτή ανεβάζει σημαντικά το υπολογιστικό κόστος ανά αξιολόγηση. Γι' αυτό, στη διατριβή προτείνεται ένας πρωτότυπος τρόπος χρήσης μεταπροτύπων για την προαξιολόγηση υποψηφίων λύσεων και τη μείωση των αξιολογήσεων με την τεχνική Monte Carlo. Τα μεταπρότυπα εκπαιδεύονται με τις συναρτήσεις – στόχους σε μικρό αριθμό δειγμάτων πιθανών βλαβών και εκτιμούν προσεγγιστικά το μέσο ολικό λειτουργικό κόστος (για ολόκληρη τη δειγματοληψία). Ο προτεινόμενος αλγόριθμος δοκιμάστηκε και αποδείχθηκε ότι επιτυγχάνει σημαντική μείωση του υπολογιστικού κόστους για την εκτίμηση του ολικού κόστους λειτουργίας.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου ΠΕΝΕΔ 2003. Το έργο αυτό, με κωδικό 03ΕΔ111, υλοποιείται στο πλαίσιο του Μέτρου 8.3 του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης και συγχρηματοδοτείται κατά: 80% της Δημόσιας Δαπάνης από την Ευρωπαϊκή Ένωση – Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και 20% της Δημόσιας Δαπάνης από το Ελληνικό Δημόσιο – Υπουργείο Ανάπτυξης – Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας.

Λέξεις κλειδιά: Σχεδιασμός – Βελτιστοποίηση, Μονάδες Ηλεκτροπαραγωγής, Βέλτιστη Ένταξη και Οικονομική Διαχείριση Μονάδων Ηλεκτροπαραγωγής, Στοχαστικές Μεταβολές στη Ζήτηση, Στοχαστικές Αστοχίες, Εξελικτικοί και Μιμητικοί Αλγόριθμοι, Μεταπρότυπα.