



**ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Α.Π. :
Αθήνα,

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

**Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχ/γων
Μηχ/κών**

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του **Υ.Δ. κ. Κλαδίσου Παναγιώτη**, Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού, την οποία εκπόνησε στον Τομέα Θερμότητας. Η παρουσίαση θα πραγματοποιηθεί την *Τετάρτη 15 Ιουνίου 2022*, ώρα 14.00 διαδικτυακά. Ο τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής:

«Μοντελοποίηση συστήματος Οργανικού Κύκλου Rankine συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP ORC) που τροφοδοτείται με επεξεργασμένη βιομάζα. Κύκλοι, εργαζόμενα μέσα, θερμικά φορτία»



Για οδηγίες για την πρόσβαση σας διαδικτυακά απευθυνθείτε στην Επιβλέπουσα του Υ.Δ. Καθ. Α. Στέγγου-Σαγιά asagia@mail.ntua.gr

Τίτλος

Μοντελοποίηση συστήματος Οργανικού Κύκλου Rankine συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP ORC) που τροφοδοτείται με επεξεργασμένη βιομάζα. Κύκλοι, εργαζόμενα μέσα, θερμικά φορτία.

Περίληψη

Ο Οργανικός Κύκλος Rankine (Organic Rankine Cycle, ORC) αποτελεί μια από τις κυριότερες τεχνολογίες για την εκμετάλλευση θερμικών πηγών χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης (κάτω από 300 °C). Η αρχή λειτουργίας είναι όμοια με αυτήν του συμβατικού κύκλου νερού-ατμού Rankine. Η κύρια διαφορά τους είναι το εργαζόμενο μέσο. Αντί για νερό, ο κύκλος ORC χρησιμοποιεί οργανικά εργαζόμενα μέσα, όπως ψυκτικά μέσα και υδρογονάνθρακες. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μοντελοποίηση, η παραμετρική μελέτη και η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση ενός συστήματος ORC συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού 50 kW_{el} (micro-CHP ORC), το οποίο τροφοδοτείται με βιομάζα.

Στο κεφάλαιο 1 πραγματοποιείται η εισαγωγή στο ενεργειακό πρόβλημα και γίνεται αναφορά στις ενεργειακές πολιτικές για την αντιμετώπισή του. Το κεφάλαιο 2 αφορά τη βιομάζα, της δυνατότητές της ως ενεργειακή πηγή και τις βασικές βιοχημικές και θερμοχημικές διεργασίες μετατροπής της. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις υδροθερμικές μεθόδους. Το θέμα του κεφαλαίου 3 είναι η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (Combined Heat and Power, CHP). Αναλύονται οι κυριότερες τεχνολογίες και οι σημαντικότεροι δείκτες επιδόσεων. Το κεφάλαιο 4 είναι αφιερωμένο εξ' ολοκλήρου στα συστήματα ORC. Γίνεται αναφορά στις διεργασίες που πραγματοποιούνται, στους βασικούς κύκλους και στα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται. Σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται επιλέγονται τα εξής εργαζόμενα μέσα: το R124, το ισοβουτάνιο, το R245fa, το ισοπεντάνιο και το κυκλοπεντάνιο. Ο υπολογισμός των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων πραγματοποιείται με τη βιβλιοθήκη CoolProp.

Στο κεφάλαιο 5 αναπτύσσεται το θερμοδυναμικό μοντέλο σταθερής κατάστασης του συστήματος. Εξηγείται η διαδικασία εύρεσης των θερμοκρασιακών διαφορών pinch point και του υπολογισμού της απαιτούμενης επιφάνειας των εναλλακτών. Στα πλαίσια της παραμετρικής μελέτης επιλέγονται συγκεκριμένες μεταβλητές και παρατίθενται οι συνθήκες λειτουργίας για τον υποκρίσιμο και τον υπερκρίσιμο κύκλο. Ακολουθεί η αναφορά στη θεωρία του γενετικού αλγόριθμου, η ανάλυση της εκδοχής που ακολουθείται και η επιλογή των παραμέτρων ελέγχου. Τέλος, γίνεται έλεγχος της ακρίβειας υπολογισμού των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων με αντίστοιχη μελέτη που χρησιμοποιεί το REFPROP.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης και της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης. Ακολουθεί αναλυτικός σχολιασμός των αποτελεσμάτων. Στα

πλαίσια της παραμετρικής μελέτης εξετάζεται η επίδραση της θερμοκρασίας εισόδου στον εκτονωτή, των βαθμών υπερθέρμανσης, της πίεσης ατμοποίησης, της παρουσίας εσωτερικού εναλλάκτη και της ελάχιστης θερμοκρασιακής διαφοράς στο pinch point των εναλλακτών στις επιδόσεις του υποκρίσιμου και του υπερκρίσιμου συστήματος. Η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου αναδεικνύεται ως η δραστικότερη μεταβλητή απόφασης. Σημαντικό όφελος προκύπτει και από την εφαρμογή εσωτερικής αναθέρμανσης, ειδικά στις υψηλότερες θερμοκρασίες ατμοποίησης. Επίσης, παρατηρείται ότι τα εργαζόμενα μέσα με υψηλότερη κρίσιμη θερμοκρασία παρουσιάζουν μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης. Οι μεταβλητές που εξετάζονται στην παραμετρική ανάλυση χρησιμοποιούνται ως μεταβλητές απόφασης της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης. Ως συναρτήσεις στόχοι επιλέγονται ο θερμικός, ο εξεργειακός βαθμός απόδοσης και η συνολική επιφάνεια. Η βελτιστοποίηση του υποκρίσιμου και του υπερκρίσιμου κύκλου αναδεικνύει το κυκλοπεντάνιο στον υποκρίσιμο κύκλο και το ισοπεντάνιο στον υπερκρίσιμο ως τα μέσα με τις ανώτερες επιδόσεις. Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπερκρίσιμες συνθήκες οδηγούν σε συγκριτικά ανώτερες επιδόσεις για όλα τα εργαζόμενα μέσα. Με την αξιοποίηση της θερμότητας, που διαφορετικά θα απέρριπτε ο συμπυκνωτής, ο ολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος μπορεί να ξεπεράσει το 90 %, εξοικονομώντας παράλληλα 20 – 30 % καύσιμο.

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται σχολιασμός, προτάσεις για μελλοντική έρευνα και ανασκόπηση της συνεισφοράς της παρούσας εργασίας.