



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου • ΤΗΛ.: 7723572, FAX: 7723571

Αρ.Πρωτ.: 4091

Αθήνα, 22/6/16

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

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του **Μαλλιωτάκη Εμμανουήλ**, Διπλωματούχου **Πολιτικός Μηχανικός του ΕΜΠ**, που θα πραγματοποιηθεί την Τρίτη 28 Ιουνίου 2016, ώρα 11:30π.μ. στην Αίθουσα Τηλεκπαίδευσης του κτιρίου της Κεντρικής Βιβλιοθήκης του ΕΜΠ Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το Θέμα της Διδακτορικής Διατριβής είναι:

«**Ανάπτυξη εργαλείων ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων και συνοικιών με αποκεντρωμένη παραγωγή και αποθήκευση θερμικής ενέργειας**»
και ο αγγλικός τίτλος έχει ως εξής:

«**Development of building and district simulation tool with decentralized heat and power production and thermal energy storage**»

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ



Η. ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΟΙΚΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Περίληψη Διδακτορικής Διατριβής Υ.Δ. Εμ. Μαλλιωτάκη.

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της μικρο-συμπαγωγής (μ-ΣΗΘ) θερμότητας και ηλεκτρισμού αρχίζουν και παρουσιάζουν νέες δυνατότητες με αύξηση του βαθμού απόδοσης των συστημάτων αλλά και δυνατότητα μείωσης των ρύπων. Νέες μονάδες, όπως οι κυψέλες καυσίμου, παρουσιάζουν πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης και έχουν πλέον την δυνατότητα να μεταβάλλουν ικανοποιητικά τα επίπεδα λειτουργίας τους. Στην αγορά διατίθενται πλέον συστήματα χαμηλής θερμικής και ηλεκτρικής ισχύος, βασισμένα σε διάφορες τεχνολογίες. Παρουσιάζεται πλέον η δυνατότητα της μικροσυμπαγωγής, η οποία μπορεί να βρει εφαρμογή και σε μικρά κτίρια, πχ. κατοικίας.

Έχει παρατηρηθεί ότι η επίτευξη ικανοποιητικής απόδοσης συστημάτων μικροσυμπαγωγής, σε επίπεδο μικρών καταναλωτών, είναι δύσκολη εξαιτίας:

- των λιγοστών ωρών λειτουργίας,
- λόγω της, κυρίως χειμερινής, απαίτησης για θερμότητα,
- του προφίλ χρήσης των μικρών κτιρίων που είναι συνήθως διακοπτόμενο. Αυτό έχει σαν συνέπεια την απαίτηση μεγάλων θερμορρυθμιστικών δεξαμενών αποθήκευσης, καθώς και τον περιορισμό της συμπαγωγής σε κτίρια που έχουν υψηλές απαιτήσεις για διεργασίες (κυρίως κτίρια τριτογενούς τομέα).

Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα και να γίνει καλύτερα εκμεταλλεύσιμο το δυναμικό μίας μονάδας μικρο-συμπαγωγής, η διατριβή εξετάζει την ακόλουθη πρόταση: τη δημιουργία ενός δικτύου θερμότητας (όπως τα δίκτυα τηλεθέρμανσης) σε μία ομάδα κτιρίων διαφορετικών χρήσεων τα οποία ανήκουν στην ίδια γειτονιά/συνοικία. Στο δημιουργούμενο δίκτυο είναι συνδεδεμένες μονάδες μ-ΣΗΘ, οι οποίες είναι εγκατεστημένες διάσπαρτα στα κτίρια και τροφοδοτούν με θερμότητα όλα τα κτίρια της κοινότητας. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες της συνοικίας ή να πωλείται στο δίκτυο με βάση κάποια τιμή πώλησης. Η γενική ιδέα της συναλλαγής θερμότητας ανάμεσα στα κτίρια δημιουργεί ένα ομαλοποιημένο προφίλ θερμικής και ηλεκτρικής απαίτησης της συνοικίας, αφού οι πολλαπλοί χρήστες και ο ετεροχρονισμός των απαιτήσεων εξομαλύνουν τις αιχμές ζήτησης. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στις μονάδες μ-ΣΗΘ να λειτουργούν περισσότερες ώρες και πιο αποδοτικά, με πολύ μικρότερες απαιτήσεις για θερμική και ηλεκτρική αποθήκευση σε σχέση με την λειτουργία τους σε μεμονωμένο κτίριο.

Προκειμένου να εξεταστεί ένα τέτοιο φιλόδοξο σχέδιο διαχείρισης ενέργειας σε επίπεδο συνοικίας, η επιτυχία του οποίου εξαρτάται από τη σύνθεση των κτιρίων, την σύνθεση και τον αριθμό των μονάδων μ-ΣΗΘ, καθώς και από τις στρατηγικές λειτουργίας των, αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής το λογισμικό DEPOSIT. Το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να εξετάζει πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις συνοικίας, με διαφορετικούς τύπους κτηρίων και μονάδες μ-ΣΗΘ καθώς και με διαφορετικούς στόχους και στρατηγικές λειτουργίας. Το υπολογιστικό εργαλείο, με βάση τη διαμόρφωση της συνοικίας και χρησιμοποιώντας δεδομένα κατανάλωσης για κάθε τύπο κτηρίου καθώς και άλλα στοιχεία, δημιουργεί το δίκτυο σωληνώσεων και υπολογίζει σε κάθε βήμα τη συνολική θερμική και ηλεκτρική απαίτηση. Θέτοντας ένα στόχο βελτιστοποίησης κατανάλωσης, το DEPOSIT υπολογίζει το βέλτιστο τρόπο με τον οποίον μπορούν να καλυφτούν οι θερμικές και ηλεκτρικές απαιτήσεις της συνοικίας. Επιλέγεται με ωριαίο βήμα το ιδανικό εύρος λειτουργίας των διαφόρων μονάδων συμπαγωγής, των εφεδρικών μονάδων και υπολογίζεται η διαχείριση της αποθήκευσης θερμότητας σε δεξαμενές. Οι δύο κύριοι στόχοι που εξετάζονται είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.

Για την εισαγωγή μεγαλύτερης ακρίβειας στην προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ωριαία Οριακή Τιμή Συστήματος ή feed in tariffs για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Επίσης υπολογίζεται και χρησιμοποιείται η ωριαία εξέλιξη του συντελεστή πρωτογενούς ενέργειας για την ηλεκτροπαραγωγή. Έτσι η εξοικονόμηση δεν υπολογίζεται με βάση υψηλές τιμές επιδότησης, και το περιβαλλοντολογικό όφελος προσεγγίζεται πιο ρεαλιστικά και όχι με ετήσιους μέσους συντελεστές. Το DEPOSIT υπολογίζει την ωριαία λειτουργία όλων των συστημάτων για το χρόνο μελέτης, καθώς και τα κόστη και τις καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας. Γίνεται επίσης σύγκριση με συμβατικά συστήματα θέρμανσης.

Για να γίνει πιο σαφής η λειτουργία του λογισμικού μελετήθηκαν και προσομοιώθηκαν δύο υποθετικές συνοικίες σε δύο διαφορετικές πόλεις, με διαφορετική σύνθεση, με χρήση τριών τεχνολογιών συμπαγωγής: η μία συνοικία με κτίρια κατοικίας στην Αθήνα και η άλλη με κτίρια τριτογενούς τομέα στο Μόναχο. Οι δύο μελέτες περίπτωσης ανέδειξαν τις δυνατότητες του DEPOSIT, την αναγκαιότητα τέτοιων λογισμικών για τη μελέτη πολύπλοκων προβλημάτων εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και τα οφέλη ενέργειας και κόστους που προκύπτουν από την εφαρμογή του.

DEVELOPMENT OF A BUILDING AND DISTRICT SIMULATION TOOL, WITH DECENTRALIZED HEAT AND POWER PRODUCTION AND THERMAL ENERGY STORAGE

Summary of Ph.D. thesis by Em. Malliotakis

Recent technological developments in the field of combined heat and power offer new opportunities to increase the efficiency and reduce pollutant emissions. New units, such as fuel cells, offer high thermal and electrical efficiencies and also have the possibility to modulate their output to meet the demand. New m-CHP models have appeared in the market, based on different technologies, with low electrical and thermal outputs. Thereby, the applicability of cogeneration expands to small residential buildings.

However, it has been observed in various recent studies, that achievement of satisfactory performance with cogeneration units in small consumers is difficult, due to:

- The required small number of heating hours, mainly in the winter,
- The intermittent heat and electricity demand profiles of residential buildings,
- The low heat and electricity needs of residential buildings

As a result, large storage tanks are required and cogeneration is usually limited to buildings which have high requirements for process heat (mainly buildings of the tertiary sector).

In order to overcome this problem and to better exploit the potential of cogeneration, the following proposal is made in the frame of the dissertation: the creation of a heat network connecting a group of buildings of different uses that form a neighborhood. In this network, the cogeneration units which are placed in the various buildings, are also interconnected and supply heat to all the buildings in the community. The generated electricity may cover the needs of the district or be sold to the network at a trade price. The idea behind the heat production and demand sharing of the interconnected district is that, the total heat and power profile of the district is smoothened, due to the many users and the statistical variation of their demand curves. This allows the m-CHP units to operate more hours and more efficiently, with less heat storage requirements.

In order to examine such an ambitious project, whose success depends on the composition of the buildings, the composition and the number of m-CHP units and the operating strategies, a computational tool has been developed within this thesis, named DEPOSIT. It has the ability to examine many different district configurations, with different buildings and cogeneration devices and with different objectives and operating strategies. The computational tool, creates, based on the district configuration and consumption data for the buildings and other elements, the piping network and calculates at each step the total heat and power requirement. It then calculates how the heat and electrical requirements can be ideally covered, based on the objective of the optimization. Each hour, the ideal operating range of various cogeneration units and the backup units are chosen and the heat buffer management is performed. The two main objectives of the computational tool, are cost and primary energy minimization.

For the introduction of higher accuracy in the simulation, the electricity System Marginal Price or the Feed in Tariff for the power market, can be used as an hourly value for electricity export. Also, an hourly primary energy factor for electricity generation is calculated and used. Consequently, the cost savings are not calculated based only on high subsidy prices. Also, the environmental benefit can be obtained with increased accuracy and not with annual average rates.

DEPOSIT calculates the hourly operation of all systems for the examined timeframe, together with the costs and the primary energy consumption. The results are also compared to conventional heating systems.

In order to demonstrate and assess the capabilities and performance of the DEPOSIT software, two cases studies were simulated: two hypothetical districts in two different cities, with different composition and three cogeneration technologies. One district comprised residential buildings in Athens and the second consisted of commercial district with buildings of the tertiary sector in Munich. The case studies revealed the potential of the DEPOSIT software and the necessity of such tools for the study of complex energy saving problems, as well as the benefits in terms of energy and cost consumption that can be derived from the use of such computational tools.