



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία

**Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Forecast-Based Smart EMS Controller
για Οικιακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα**

Ανδρέας Καρασάββας

Λεμεσός, Μάιος 2026

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

**Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Forecast-Based Smart EMS
Controller για Οικιακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα**

του

Ανδρέα Καρασάββα

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ Παύλος Χριστοδουλίδης

Συν-επιβλέπων:

Δρ. Λάζαρος Αρέστη

Λεμεσός, Μάιος 2026

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ανδρέας Καρασάββας, 2026

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του/της συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου, Δρ. Παύλο Χριστοδουλίδη και κ. Λάζαρο Αρέστη ,για την καθοδήγηση, τη βοήθεια και τις συμβουλές τους κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.Επίσης, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη στήριξη και την ενθάρρυνση που μου έδωσαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξανόμενη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικιακές εγκαταστάσεις έχει δημιουργήσει την ανάγκη για πιο αποδοτική και έξυπνη διαχείριση της παραγόμενης ενέργειας. Σε αρκετά συμβατικά συστήματα, η λειτουργία βασίζεται σε απλούς κανόνες, χωρίς να αξιοποιείται πρόβλεψη παραγωγής, πρόβλεψη καιρού ή πληροφορίες σχετικά με τις ώρες χαμηλής χρέωσης του δικτύου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη κατανάλωση από το δίκτυο, χαμηλότερη αυτοκατανάλωση της φωτοβολταϊκής ενέργειας και αυξημένο κόστος λειτουργίας.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός Smart Energy Management System (Smart EMS) για οικιακό φωτοβολταϊκό σύστημα. Το σύστημα προσομοιώθηκε σε MATLAB και συγκρίθηκε με ένα απλό Baseline EMS, το οποίο λειτουργεί χωρίς forecast και χρησιμοποιεί βασικούς κανόνες, όπως φόρτιση του EV από το δίκτυο σε ώρες χαμηλής χρέωσης. Το μοντέλο περιλαμβάνει φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 5 kWp, οικιακή μπαταρία 12 kWh, ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία 50 kWh και δεξαμενή ζεστού νερού 150 L. Για την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν ωριαία δεδομένα φωτοβολταϊκής παραγωγής, οικιακού φορτίου, μετεωρολογικών συνθηκών και προβλέψεων.

Το προτεινόμενο Smart EMS χρησιμοποιεί PV forecast, weather forecast και πληροφορίες low tariff, με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση της διαθέσιμης φωτοβολταϊκής ενέργειας. Η βασική λογική του συστήματος είναι να δίνει προτεραιότητα στην κάλυψη του οικιακού φορτίου, στη φόρτιση της μπαταρίας, στη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος και στη διαχείριση του ζεστού νερού, ανάλογα με τις συνθήκες κάθε ώρας. Το ηλεκτρικό όχημα μπορεί να φορτίζεται από PV surplus όταν βρίσκεται στο σπίτι, ενώ η φόρτιση από το δίκτυο περιορίζεται σε συγκεκριμένα επίπεδα ασφαλείας. Παράλληλα, η διαχείριση του ζεστού νερού λαμβάνει υπόψη την πρόβλεψη καιρού και το solar thermal gain, ώστε να αποφεύγεται η άσκοπη ηλεκτρική θέρμανση όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι το Smart EMS παρουσιάζει καλύτερη ενεργειακή και οικονομική συμπεριφορά σε σχέση με το Baseline EMS. Το ετήσιο grid import μειώθηκε από 3295.53 kWh σε 1675.06 kWh, ενώ το καθαρό κόστος ενέργειας μειώθηκε από 89.52 € σε 36.09 €. Επιπλέον, η αυτοκατανάλωση της φωτοβολταϊκής ενέργειας αυξήθηκε από 57.34% σε 77.32%, ενώ η ενεργειακή αυτονομία του συστήματος αυξήθηκε από 56.52% σε 77.79%. Παρόλο που η οικονομική διαφορά είναι περίπου 53.43 € ετησίως, η σημαντικότερη

βελτίωση είναι ενεργειακή, καθώς το Smart EMS μειώνει την εξάρτηση από το δίκτυο και αξιοποιεί καλύτερα τη διαθέσιμη φωτοβολταϊκή παραγωγή. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένα forecast-based rule-based Smart EMS μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αυτοκατανάλωσης, στη μείωση του grid import και στην πιο αποδοτική λειτουργία ενός οικιακού ενεργειακού συστήματος.

Λέξεις κλειδιά: Φωτοβολταϊκά συστήματα, Smart EMS, Energy Management System, PV forecast, οικιακή μπαταρία, ηλεκτρικό όχημα, ζεστό νερό χρήσης, αυτοκατανάλωση, ενεργειακό κόστος.

ABSTRACT

The increasing use of photovoltaic systems in residential installations has created the need for more efficient and smarter management of the produced energy. In many conventional systems, the operation is based on simple rules, without using production forecasts, weather forecasts, or information about low-tariff grid hours. This can lead to higher grid consumption, lower self-consumption of photovoltaic energy, and increased operating cost.

This thesis focuses on the development and evaluation of a Smart Energy Management System (Smart EMS) for a residential photovoltaic system. The system was simulated in MATLAB and compared with a simple Baseline EMS, which operates without forecasting and uses basic rules, such as charging the EV from the grid during off-peak hours. The model includes a 5 kWp photovoltaic system, a 12 kWh home battery, an electric vehicle with a 50 kWh battery, and a 150 L hot water tank. Hourly data for photovoltaic production, household load, weather conditions, and forecasts were used for the simulation.

The proposed Smart EMS uses PV forecast, weather forecast, and low-tariff information, with the aim of making better use of the available photovoltaic energy. The main logic of the system is to manage the energy flow between the household load, the home battery, the electric vehicle, and the hot water tank, depending on the conditions of each hour. The electric vehicle can be charged from PV surplus when it is at home, while grid charging is limited to specific safety levels. At the same time, the hot water control takes into account the weather forecast and solar thermal gain, in order to avoid unnecessary electric heating when the conditions are favourable.

The simulation results showed that the Smart EMS has better energy and economic performance compared to the Baseline EMS. The annual grid import was reduced from 3295.53 kWh to 1675.06 kWh, while the net energy cost was reduced from 89.52 € to 36.09 €. In addition, PV self-consumption increased from 57.34% to 77.32%, while the self-sufficiency of the system increased from 56.52% to 77.79%. Although the annual cost difference is about 53.43 €, the most important improvement is mainly energy-related, since the Smart EMS reduces dependency on the grid and makes better use of the available photovoltaic production. Overall, the results show that a forecast-based rule-based Smart EMS can improve self-consumption, reduce grid import, and support a more efficient operation of a residential energy system.

Keywords: Photovoltaic systems, Smart EMS, Energy Management System, PV forecast, home battery, electric vehicle, domestic hot water, self-consumption, energy cost.