



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας σε Οικιακές
Εγκαταστάσεις

Αικατερίνη Μηλιώνη

A.M.: HN07586

Επιβλέπων: Άγγελος Μπουχουράς, Επικ. Καθηγητής

(Υπογραφή)

.....

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

© 2022 – All rights reserved

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με τη συνεχόμενη ηλεκτρονική ανάπτυξη και την συνεχόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας η αιχμή ζήτησης αποτελεί ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Τη τελευταία δεκαετία οι πηγές διαχείρισης της ζήτησης ολοένα και μας απασχολούν λόγω των οικονομικών και περιβαλλοντικών περιορισμών. Σημαντικό ρόλο στη μείωση της ζήτησης παίζει η διαχείριση στις οικιακές εγκαταστάσεις. Πάνω σε αυτό το αντικείμενο θα εστιάσει η παρούσα εργασία.

Η συνεχής αναζήτηση τρόπων – εφαρμογών βελτίωσης της διαχείρισης ενέργειας την τελευταία δεκαετία οδήγησε στη ταχεία ανάπτυξη των τεχνολογιών έξυπνων δικτύων. Η εφαρμογή τους έχει μεγάλο αντίκτυπο στο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πάνω σε αυτό το αντικείμενο θα εστιάσει η παρούσα εργασία. Ιδιαίτερη εμβάθυνση θα δοθεί στη μελέτη συστημάτων τα οποία περιλαμβάνουν ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα συστήματα φωτοβολταϊκών & μπαταριών και ιδιαίτερα στο αλγοριθμικό μέρος τους.

Λέξεις Κλειδιά: Συστήματα Διαχείρισης ενέργειας, Οικιακά Συστήματα, Έξυπνα Δίκτυα, Φωτοβολταϊκά, Μπαταρίες, Αλγοριθμικά Συστήματα

ABSTRACT

With the continuous development of electricity and the continuous demand for electricity, the peak of demand is a very serious problem in power networks. In the last decade, the sources of demand management have become increasingly important due to economic and environmental constraints. Home management systems play an important role in reducing demand. The present work will focus on this subject.

The constant search for ways - applications to improve energy management over the last decade has led to the rapid development of smart grid technologies. Their implementation has a major impact on the electricity distribution system.

The present work will focus on this subject. Particular depth will be given to the study of systems which include more specific photovoltaic & battery systems and especially in their algorithmic part.

Keywords: Energy Management Systems, Home Systems, Smart Grids, Photovoltaics, Batteries, Algorithmic Systems

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ πολύ τον επιβλέπων καθηγητή για τη συνεργασία και καθοδήγηση για την εκπόνηση της εργασίας

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	i
Abstract	iii
Ευχαριστίες	v
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Πίνακας Εικόνων.....	viii
Κατάλογος Πινάκων.....	ix
Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1: Καταναλωση Ηλεκτρικης Ενεργειας - Εισαγωγή.....	2
1.1 Σημερινές ανάγκες.....	2
1.2 Κατανάλωση Ενέργειας σε οικιακές εγκαταστάσεις.....	3
1.3 Επιβάρυνση Περιβάλλοντος, Απαιτήσεις και Προκλήσεις.....	4
1.4 Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας	5
Κεφάλαιο 2: Διαχείριση ενέργειας και απώλειες ενέργειας στις οικίες.....	8
2.1 Η έννοια της διαχείρισης της ενέργειας.....	8
2.2 Διαδικασίες για την ενεργειακή διαχείριση.....	9
2.3 Αιτίες πρόκλησης ενεργειακών απωλειών στις οικίες	9
Κεφάλαιο 3: Δράσεις Ενεργειακής Εξοικονόμησης	10
3.1 Κέλυφος.....	10
3.2 Θέρμανση- Ψύξη- Ζεστό Νερό Χρήσης.....	11
3.2.1 Θέρμανση	11
3.2.2 Ψύξη	12
3.2.3 Ζεστό Νερό Χρήσης.....	13
3.3 Φωτισμός.....	14
3.4 Εναλλακτικός τύπος δράσεων	14
Κεφάλαιο 4: Έξυπνα συστήματα και αλγόριθμοι διαχείρισης ενέργειας σε οικιακές εγκαταστάσεις	15
4.1 Έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας.....	15
4.2 Αλγόριθμοι διαχείρισης ενεργείας με τη συμμετοχή φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	26
Βιβλιογραφία.....	32
Παράρτημα Α: Τίτλος Παραρτήματος.....	34

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ζήτηση ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (1990-2019) (Πηγή: Eurostat).....	2
Εικόνα 2: Ενεργειακή κατανάλωση σε Ευρωπαϊκά νοικοκυριά (2019) (Πηγή: Eurostat).....	4
Εικόνα 3: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (2020) (Πηγή: Eurostat)	6
Εικόνα 4: Ηλεκτρική Ενέργεια από ΑΠΕ % από τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού (2020) (Πηγή: Eurostat)	6
Εικόνα 5: Σύστημα HEMS (Πηγή: Home Energy Management Systems An Overview)	17
Εικόνα 6: Η δομή της ροής ενέργειας ενός έξυπνου σπιτιού. (Πηγή: 8 Smart Home Energy Management Optimization Method Considering Energy Storage and Electric Vehicle).....	29

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

No table of figures entries found.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

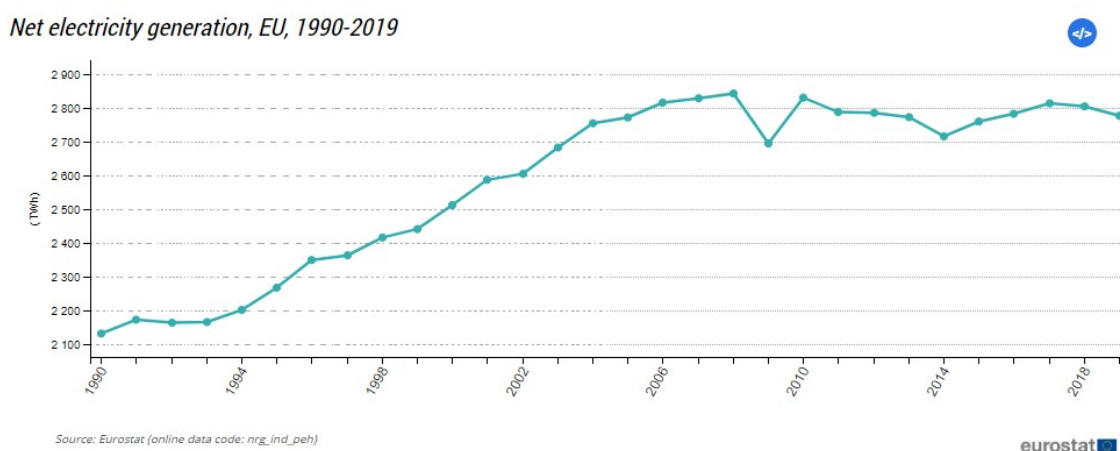
Η παρούσα εργασία αρχικά αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα την σημερινή εποχή η οποία οδήγησε στη μεταστροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιγραμματικά αναφέρεται στις ενέργειες που μπορούν να ακολουθήσουν για την διαχείριση ενέργειες και τις αιτίες προκλήσεις απωλειών ενέργειας. Εξετάζονται επιγραμματικά οι δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης μέσω ενεργειακής αναβάθμισης και έπειτα αναλύονται τα έξυπνα συστήματα και αλγόριθμοι διαχείρισης εξοικονόμησης ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται κάποιες βασικές πληροφορίες για τις σημερινές ανάγκες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με έμφαση στις οικιακές εγκαταστάσεις, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

1.1 Σημερινές ανάγκες



Εικόνα 1: Ζήτηση ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (1990-2019) (Πηγή: Eurostat¹)

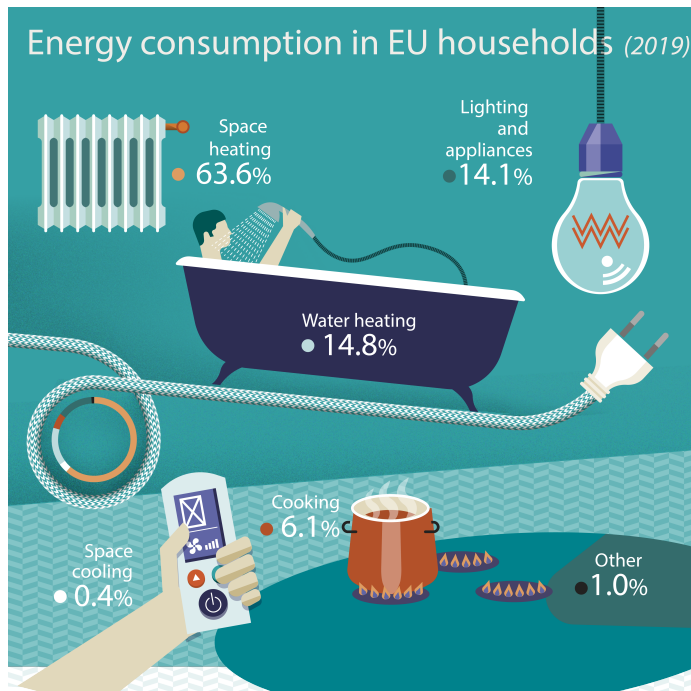
Τον τελευταίο αιώνα παρατηρείται ιδιαίτερη ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα των εφαρμογών-εφευρέσεων που ανεβάζουν το ανθρώπινο βιοτικό επίπεδο και ταυτόχρονα αυξάνουν τη κατανάλωση και ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνεχή αύξηση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται στο γράφημα της παραπάνω εικόνας. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας παράγεται από ορυκτά καύσιμα τα οποία παρουσιάζουν αρκετά περιβαλλοντικά ζητήματα κατά την εξόρυξη και εκμετάλλευση τους ενώ ταυτόχρονα πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές. Αυτό το φαινόμενο οδηγεί στην εμφάνιση της ενεργειακής κρίσης και τις αυξανόμενες τιμές κόστους της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας. Ως αποτέλεσμα πολλές χώρες στράφηκαν στη αναζήτηση τρόπων διαχείρισης ενέργειας. Ιδιαίτερη ανάπτυξη παρουσίασαν τα φωτοβολταϊκά και μετέπειτα τα αιολικά πάρκα. Συστήματα τα οποία στηρίζονται στη χρήση μικροεπεξεργαστών και την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης ενέργειας έπαιξε η

¹ Βλ. [1]

ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα των υπολογιστών οι οποίοι συντέλεσαν στην ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων. Τα έξυπνα δίκτυα διαθέτουν τη λειτουργία του αμφίδρομου καναλιού. Συγκεκριμένα τα έξυπνα δίκτυα διαθέτουν τις δυνατότητες παρακολούθησης, ανάλυσης, ελέγχου της κατανάλωσης ενέργειας σε συνεχή επικοινωνία με τον πάροχο ενέργειας. Δίνοντας τη δυνατότητα της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης ενέργειας με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, κόστους και συντελώντας στη ρύθμιση της ζήτησης αιχμής ισχύος.

1.2 Κατανάλωση Ενέργειας σε οικιακές εγκαταστάσεις

Οι οικίες αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας. Συνεπώς μπορούν να συμβάλουν στην μείωση κατανάλωσης ενέργειας και στην απορρόφηση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Μερικοί από τους σημαντικότερους παράγοντες που παίζουν ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας στις οικίες αποτελούν το εισόδημα των ενοίκων της οικίας, οι τιμές ενέργειας, οι ψυχολογικές & κλιματικές συνθήκες και τέλος και οι κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες γύρω από τη κάθε μελέτη περίπτωση. Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και αερίου στην Ε.Ε. είναι ρυθμιζόμενες και η τελική διαμόρφωση τους επηρεάζεται και από τους εκάστοτε φόρους και λοιπές χρεώσεις. Οι κυβερνήσεις κάθε χώρας επηρεάζουν τις τελικές τιμές που φτάνουν στους καταναλωτές επιπλέον μέσω των εκάστοτε ενεργειακών πολιτικών που εφαρμόζουν. Η ηλεκτρική ενέργεια στις οικίες καταναλώνεται με διάφορους τρόπους. Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται η κατανομή κατανάλωσης ενέργειας μιας μέσης κατοικίας στην Ευρώπη με βάση στατιστική έρευνα της Eurostat. Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας οικιακής χρήσης οφείλεται στην θέρμανση χώρων (καλοριφέρ) με ποσοστό 63,3%. Επιπλέον η θέρμανση νερού (θερμοσίφωνα) συμβάλει σημαντικά στη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών με ποσοστό 14,8 %. Ο φωτισμός κατέχει το τρίτο μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό 14,1%. Επίσης το μαγείρεμα και κατά συνέπεια οι συσκευές που συσχετίζονται μαζί του (κουζίνα, φούρνος, φούρνος μικροκυμάτων, ψυγείο, καταψύκτης κ.τ.λ.) φτάνουν το 6,1%, η ψύξη χώρων το 0,4% και στο υπόλοιπο 1,0% κατανάλωσης συμβάλουν διάφορα άλλα (συσκευές ψυχαγωγίας και άλλες μικροσυσκευές με μόνιμα ή μη φορτία).



Εικόνα 2: Ενεργειακή κατανάλωση σε Ευρωπαϊκά νοικοκυριά (2019) (Πηγή: Eurostat²)

Τα οικιακά φορτία διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα μη κρίσιμα/ελεγχόμενα φορτία και τα κρίσιμα φορτία. Τα φορτία τα οποία θεωρούνται απαραίτητα για τις καθημερινές δραστηριότητες των καταναλωτών, όπως το μαγείρεμα, η ψύξη και ο φωτισμός, ορίζονται ως κρίσιμα φορτία. Ενώ τα ελεγχόμενα ή μη κρίσιμα φορτία έντασης ισχύος δεν επηρεάζουν την καθημερινότητα του καταναλωτή. Η μονάδα κλιματισμού (AC), ο θερμοσίφοντας, το στεγνωτήριο ρούχων και το ηλεκτρικό όχημα είναι κάποια από τα μη κρίσιμα οικιακά φορτία.

1.3 Επιβάρυνση Περιβάλλοντος, Απαιτήσεις και Προκλήσεις

Σχεδόν όλες οι μορφές παραγωγής ενέργειας μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον και το μέγεθος αυτών των επιπτώσεων θα εξαρτηθεί από το πώς και πού παράγεται και παραδίδεται η ηλεκτρική ενέργεια. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις³ συνήθως περιλαμβάνουν εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων, ιδιαίτερα από την καύση καυσίμων. Με την πιο διαδεδομένη επίπτωση να είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πρόκειται για ένα φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο συγκρατείται θερμότητα στην ατμόσφαιρα του πλανήτη με αποτέλεσμα να συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνειά του πλανήτη. Αυτό το φυσικό φαινόμενο επηρεάζεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα καθώς τα αέρια του θερμοκηπίου πολλαπλασιάζονται πολλαπλασιάζοντας παράλληλα και την θερμότητα που

² Βλ. [2]

³ Βλ. [3]

εγκλωβίζεται. Με μεγαλύτερο αίτιο της αύξησης παραγωγής αερίων θερμοκηπίου να προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Άλλες λιγότερο διαδεδομένες επιπτώσεις είναι η όξυνση των ωκεανών όπου πρόκειται για τη μείωση της τιμής του pH του νερού στους ωκεανούς και είναι αποτέλεσμα της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου. Ο ευτροφισμός λόγω την μόλυνσης του κύκλου νερού κατά τον οποίο διαταράσσεται το οικοσύστημα των λιμνών και άλλων κλειστών ρηχών κόλπων. Όπου η αύξηση των θρεπτικών στοιχείων οδηγεί στο πολλαπλασιασμό των υδρόβιων φυτών και κατά συνέπεια τη μείωση οξυγόνου για τους υπολοίπους οργανισμούς και την παραγωγή τοξικών ουσιών. Η λειψυδρία λόγω της αύξησης θερμοκρασίας του πλανήτη. Η αύξηση κίνδυνου μόλυνσεων στον άνθρωπο από την αύξηση χημικών που υπάρχουν στο περιβάλλον καθώς και η κλιματική αλλαγή του πλανήτη.

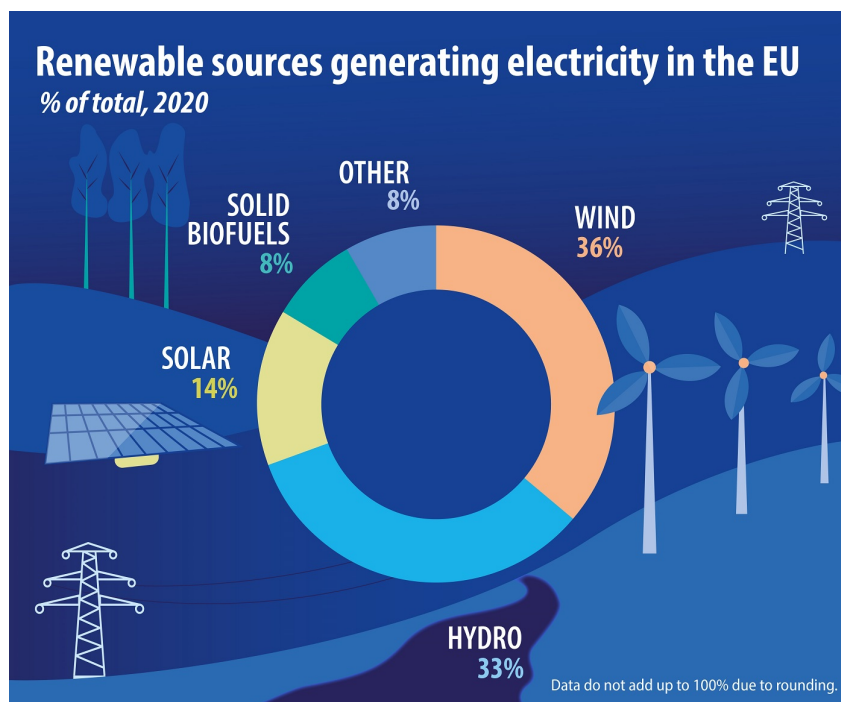
Λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων συνεχώς αναζητούνται τρόποι μείωσης παραγωγής περιβαλλοντικών ρύπων, εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και εναλλακτικοί μέθοδοι παραγωγής ενέργειας. Τέτοιες εναλλακτικές μέθοδοι οι οποίες έχουν ιδιαίτερη ανάπτυξη τη τελευταία δεκαετία είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα και αυτές οι μέθοδοι παρουσιάζουν επιπτώσεις καθώς η κατασκευή των μέσων αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενεργειών απαιτεί τη χρήση μη ανανεώσιμων πόρων. Πρόκειται κυρίως για ορυκτούς πόρους και ιδιαίτερα για μεγάλες ποσότητες χαλκού οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρασκευή κυκλωμάτων παραγωγής - αξιοποίησης ενέργειας ανανεώσιμων πηγών και μη⁴.

1.4 Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας

Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται η αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια από τους ωκεανούς, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα και βιοκαύσιμα. Πρόκειται για εναλλακτικές λύσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αντί των ορυκτών καυσίμων και συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων. Αν και η παραγωγή των μέσων αξιοποίησης αυτών των μορφών ενέργειας παράγουν περιβαλλοντικούς ρύπους. Η Ευρώπη σε αναγνώριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων από τη χρήση ορυκτών καυσίμων, του γεγονότος ότι πρόκειται για πόρους που δεν μπορούν να ανανεωθούν με την ίδια ταχύτητα που καταναλώνονται και τις οικονομικές παραμέτρους άρχισε να επιβάλλει συνεχείς πολιτικές για την αύξηση παραγωγής ενέργειας και ιδιαίτερα ενέργειας από ΑΠΕ. Αυτές οι πολιτικές έχουν ως στόχο τις μηδενικές καθαρές εκπομπές έως το 2050 (ουδετερότητα άνθρακα) καθώς και την οικονομική και ενεργειακή ανεξαρτησία της από άλλες χώρες. Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται τα ποσοστά παραγωγής ηλεκτρικής

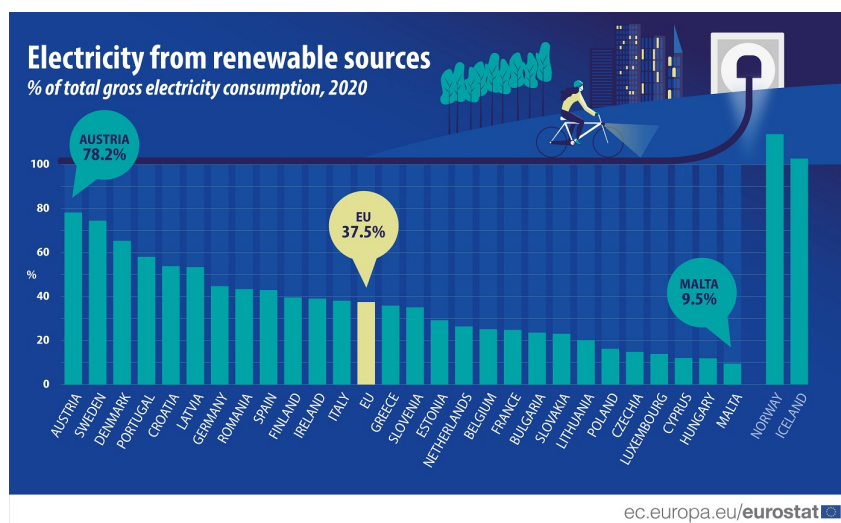
⁴Βλ. [4]

ενέργειας ανάλογα με τη μορφή ανανεώσιμης πηγής για την Ευρωπαϊκή Ένωση το 2020. Ενώ στην εικόνα 4 παρουσιάζεται το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ από τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού ανα χώρα Ευρωπαϊκής Χώρας για το 2020.



ec.europa.eu/eurostat

Εικόνα 3: Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (2020) (Πηγή: Eurostat⁵)



Εικόνα 4: Ηλεκτρική Ενέργεια από ΑΠΕ % από τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού (2020) (Πηγή: Eurostat⁶)

Από την εικόνα 4 μπορούμε να διαπιστώσουμε η εφαρμογή αυτών των πολιτικών δεν κατάφεραν να εφαρμοστούν σε όλες τις χώρες με το ίδιο ποσοστό επιτυχίας καθώς τα

⁵ Βλ. [5]

⁶ Βλ. [5]

ποσοστά κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ από τη συνολική χρήση ηλεκτρισμού ανά χώρα Ευρωπαϊκής Χώρας διαφέρουν από χώρα σε χώρα παρουσιάζοντας πολλές φορές πολύ μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Οι σημαντικότεροι είναι οικονομικής φύσεως καθώς δεν έχουν όλες οι χώρες το ίδιο οικονομικό επίπεδο, υπόβαθρο ακόμα και χρηματοδότηση από προγράμματα. Μεγάλο ρόλο στην παγκόσμια οικονομία έπαιξαν και οι κρίσεις όπως η πανδημία του COVID-19 καθώς και ο πόλεμος μεταξύ της Ρωσίας – Ουκρανίας, επιφέροντας αλλαγή του οικονομικού – ενεργειακού τοπίου που υπήρχε έως τώρα. Με την Ευρώπη να πρέπει να ξανασχεδιάσει την ενεργειακή πολιτική της καθώς και να πάρει αποφάσεις ανάλογα με τις τρέχοντες εξελίξεις καθώς χρειάστηκαν αλλαγές των ισχυόντων συμφωνιών αγοράς ενέργειας πριν την λήξη τους. Άλλοι παράγοντες είναι οι υλικοτεχνικές υποδομές, η τεχνολογία και τεχνογνωσία που διαθέτει κάθε χώρα για την εφαρμογή αυτών των πολιτικών ακόμα και πολιτικοί και γεωγραφικοί παράγοντες. Καθώς δεν μπορούν όλες οι χώρες να παράγουν με την ίδια ευκολία ενέργεια από όλα τα είδη ΑΠΕ. Για παράδειγμα δεν έχουν όλες οι χώρες δυνατότητα να εκμεταλλευτούν ενέργεια από τους ανέμους ή τα κύματα των θαλασσών ή ακόμα πολλά ποτάμια δεν δύνανται για τη δημιουργία υδροηλεκτρικών σταθμών. Τέλος δεν έχουν όλες οι χώρες τη δυνατότητα υποδομές για να αποθηκεύουν την ενέργεια που είναι παραγόμενη από ΑΠΕ.

Τα πιο διαδεδομένα μέσα εκμετάλλευσης ΑΠΕ είναι εκείνα που παράγουν ενέργεια από τον ήλιο και τον άνεμο καθώς είναι ευκολότερη η εφαρμογή τους παγκοσμίως ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης. Ταυτόχρονα τα τελευταία χρόνια το κόστος τους συνεχώς μειώνεται καθιστώντας τα σε κάποια μέρη φθηνότερα από τα ορυκτά καύσιμα και άρα ελκυστικότερα στη χρήση τους. Παρόλα αυτά χρειάζονται εκτενής μελέτες για την κατάλληλη αγορά και εφαρμογή αυτών των μέσων ανάλογα με το χρόνο λειτουργίας που θέλουμε. Τι βέλτιστο στόχο παραγωγής ενέργειας έχουμε αλλά και τι κεφάλαιο και τι χρηματοδότηση διαθέτουμε είτε σαν ιδιωτικό έργο είτε σαν κροατικό ή ακόμα και εταιρικό. Κάτι το οποίο ισχύει για την εκμετάλλευση όλων των ΑΠΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΟΙΚΙΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται κάποιες εισαγωγικές πληροφορίες για τη διαχείριση ενέργειας και τις αιτίες απωλειών στις κατοικίες.

2.1 Η έννοια της διαχείρισης της ενέργειας.

Η συνεχή αύξηση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί στη συνεχή αύξηση ζήτησης αιχμής ισχύος. Κάτι που προκαλεί συνεχώς δυσμενείς επιπτώσεις στην αξιοπιστία και τη σταθερότητα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας τις τελευταίες δεκαετίες. Με αποτέλεσμα τον κίνδυνο διακοπών (blackout) λόγω του κινδύνου διακοπών από την συνεχή αύξηση της ζήτησης αιχμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς αναζητούμε συνεχώς τρόπους - συστήματα για την καλύτερη διαχείριση ενέργειας. Κάτι στο οποίο οδηγεί στη μείωση ζήτησης αιχμής λόγω της δυνατότητας της ευελιξίας των φορτίων και στην εξοικονόμηση κόστους.

Η συμμετοχή όλων των τομέων στα προγράμματα διαχείρισης ενέργειας είναι απαραίτητη, καθώς όλοι οι καταναλωτές (από οικιακούς έως βιομηχανικούς κατασκευαστές) χρhζουν σωστή διαχείριση της ζήτησης αιχμής. Με το επίπεδο διαχείρισης ενέργειας του οικιακού τομέα να είναι ιδιαίτερα μη ικανοποιητικό. Ως εκ τούτου, σε αυτή την εργασία δίνεται έμφαση στη διαχείριση φορτίου αιχμής στον οικιακό τομέα.

Κατά το παρελθόν έχουν αναπτυχθεί πολλά και διάφορα συστήματα ειδικά για τον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα. Η ζήτηση αιχμής σε αυτούς τους τομείς εφαρμόζει κυρίως τεχνικές με βάση τιμές (έμμεσος έλεγχος φορτίου) είτε με βάση κινήτρων (άμεσος έλεγχος φορτίου). Σε αυτά τα συστήματα, οι συμμετέχοντες βασίζονται συνήθως σε στρατηγικές χειροκίνητης απόκρισης αντί αυτοματισμών, παρόλο που οι τεχνολογίες αυτοματοποιημένης απόκρισης γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλής, κυρίως σε βιομηχανικά και εμπορικά κτίρια. Το ποσοστό ενεργειακής ζήτησης στον οικιακό τομέα αντιπροσωπεύει μεγάλο μέρος της συνολικής ενεργειακής ζήτησης, παρόλα αυτά πολύ λίγα συστήματα διαχείρισης ενέργειας χρησιμοποιούνται στον οικιακό τομέα.

2.2 Διαδικασίες για την ενεργειακή διαχείριση

Η Ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου αποτελείται από ένα σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών ενέργειες με στόχο την εξασφάλιση της ευχάριστης παραμονής των ενοίκων με την ελάχιστη δυνατή ενεργειακή κατανάλωση.

Μια ευρέως διαδεδομένη κίνηση για την ενεργειακή εξοικονόμηση είναι ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων ή η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Όπου με κατάλληλες δράσεις συμβάλουμε στην μείωση ενεργειακών απωλειών και άρα τη μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ιδιοκατανάλωση (net metering) και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο μόνο για κάλυψη αναγκών που υπερβαίνουν την ενέργεια που παράχθηκε από τις ΑΠΕ.

Γενικότερα, αρχικά γίνονται μετρήσεις για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τις απώλειες ενέργειας. Ενώ μετέπειτα αφού αναλυθούν τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν αναζητούνται τρόποι και μέσα για την μείωση -εξοικονόμηση της κατανάλωσης ενέργειας.

2.3 Αιτίες πρόκλησης ενεργειακών απωλειών στις οικίες

Γενικότερα οι σημαντικότερες απώλειες στις οικίες είναι οι εξής:

- Θερμικές απώλειες το χειμώνα λόγω του κτιριακού κελύφους και τις θερμογέφυρες που δημιουργούνται σε όλα τα ανοίγματα του κτιρίου.
- Ανεπαρκείς διατάξεις ελέγχου των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού
- Λαμπτήρες παλαιάς τεχνολογίας - πυρακτώσεως σε όλους τους χώρους
- Χρήση συμβατικού θερμοσίφωνα για την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης, χωρίς τη βοηθητική χρήση ηλιακού συλλέκτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια μικρή αναφορά στις πιο διαδεδομένες λύσεις ενεργειακής εξοικονόμησης.

3.1 Κέλυφος

Μεγάλη σημασία αποτελεί η θερμική προστασία του κελύφους που περιβάλλει το κτίριο για την ενεργειακή εξοικονόμηση καθώς χωρίς επαρκή μόνωση το κτίριο παρουσιάζει σημαντικές θερμικές απώλειες: το καλοκαίρι η δροσιά στο εσωτερικό φεύγει προς τα έξω, ενώ τον χειμώνα, η ζέστη στο εσωτερικό, φεύγει προς το περιβάλλον. Αυτό συμβάλει στην ενεργειακή σπατάλη στην προσπάθεια επαναφοράς της επιθυμητής θερμοκρασίας. Αυτή η μεταβολή θερμοκρασίας συμβαίνει διότι ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίας, υπάρχει μια συνεχής ροή - ανταλλαγή θερμότητας από το πιο θερμό στο πιο ψυχρό. Αυτή η ροή μπορεί μόνο να περιοριστεί ή να επιβραδυνθεί η ταχύτητά της, περιορίζοντας τις θερμικές μεταβολές στο εσωτερικό των κτιρίων με την εφαρμογή διαφόρων τρόπων όπως η εφαρμογή πρόσθετης μόνωσης κελύφους.

Για τους παραπάνω λόγους το κτιριακό κέλυφος πρέπει να τηρεί κάποιες αρχικές προϋποθέσεις κατά το σχεδιασμό και κατασκευή του κτιρίου. Συγκεκριμένα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κατάλληλη χωροθέτηση, ο προσανατολισμός του κτίσματος του μαζί με τη ταυτόχρονη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του τοπικού μικροκλίματος. Ταυτόχρονα στην καλύτερη εκμετάλλευση του μικροκλίματος παίζει ρόλο η σωστή χωροθέτηση και προσανατολισμός στην τοποθέτηση ανοιγμάτων, τοποθέτηση και σύνδεση των χώρων - λειτουργιών. Η χρήση παθητικών συστημάτων ενέργειας, ηλιοπροστασία του κτιρίου και η βέλτιστη εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού. Αυτές είναι οι ελάχιστες προϋποθέσεις που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό του κτιρίου και επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα του κτιριακού κελύφους. Επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν το κέλυφος του κτιρίου είναι το είδος χρήσης, η λειτουργία του κτιρίου, η μορφή των εσωτερικών χώρων του, η θερμική θωράκιση του, η εφαρμογή ή μη παθητικών συστημάτων αερισμού και σκίασης.

Με βάση τα παραπάνω ένας μελετητής μπορεί να εξετάσει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου και να μελετήσει λύσεις για τη βελτίωση του όπου είναι δυνατό. Συγκεκριμένα για το

κτηριακό κέλυφος εξετάζεται ο δείκτης θερμοπερατότητας των στοιχείων ενός κτιρίου, δηλαδή αφορά την ευκολία με την οποία η θερμότητα διαπερνά ένα υλικό και άρα την δυνατότητα απώλειας θερμότητας. Άλλοι συντελεστές που συνυπολογίζονται στην ενεργειακή απόδοση του κελύφους είναι ο συντελεστής απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας και ο συντελεστής εκπομπής στη θερμική ακτινοβολία δηλαδή μέσω αυτών των συντελεστών κατά πόσο εκμεταλλευόμαστε τη θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία. Μια άλλη κατηγορία συντελεστών επίσης είναι οι συντελεστές σκίασης. Ενώ ο παράγοντας του φυσικού αερισμού μπορεί να εξεταστεί μόνο στον οικιακό τομέα και εξαρτάται από τα ανοίγματα τα και το είδος κουφωμάτων του κτιρίου. Κατόπιν συγκρίνοντας τις υπάρχοντες μετρήσεις με τις επιθυμητές θα επιλέξει τον τρόπο βελτίωσης του κελύφους. Δηλαδή όταν αναφερόμαστε σε ενεργειακή εξοικονόμηση υπάρχοντος κελύφους θα προσθέσει περιμετρικά νέα εξωτερική μόνωση κελύφους - θερμοπρόσοψη όπου θα επιλέξει το υλικό και πάχος του με βάση το αποτέλεσμα που θέλει να επιτύχει.

3.2 Θέρμανση- Ψύξη- Ζεστό Νερό Χρήσης

Η καταλληλότερη επιλογή των συστημάτων θέρμανσης ψύξης και ζεστού νερού χρήσης εξαρτώνται από κάποιους παράγοντες. Αυτοί είναι το είδος χρήσης, η λειτουργία του κτιρίου, τους εσωτερικούς χώρους του, τη θέση του κτιρίου, τη δυνατότητα εφαρμογής συστημάτων αξιοποίησης ΑΠΕ, την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, τα διαθέσιμα συστήματα θέρμανσης-ψύξης με υψηλό βαθμό απόδοσης καθώς και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

3.2.1 Θέρμανση

Τις τελευταίες δεκαετίες ο συνηθέστερος τρόπος θέρμανσης κτιρίων ήταν οι λέβητες πετρελαίου. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεταστροφή σε νέους τρόπους θέρμανσης όπου δεν χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα και είναι οικονομικότεροι. Και ιδιαίτερη έμφαση στη διάδοση τους δίδεται στους τρόπους όπου χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως τηλεθέρμανση με βιομάζα, τηλεθέρμανση με ηλιακό συλλέκτη, θέρμανση με γεωθερμία, αντλία θερμότητας κτλ. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν και τα παθητικά συστήματα όπως η χρήση, ηλιακών χώρων, ο κατάλληλος σχεδιασμός του κτιρίου ως προς τη θέση του, τη θέση

των χώρων του και τη θέση, μήκος και αριθμό ανοιγμάτων για τη λιγότερο δυνατή θερμική απώλεια με την καλύτερη εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού και αερισμού.

Ειδικότερα σχετικά με την αντλία θερμότητας εξετάζουμε το συντελεστή απόδοσης ή τον εποχιακό συντελεστή απόδοση όπου αφορά μόνο τη λειτουργία θερμότητας. Η απόδοση μιας αντλίας θερμότητας εξαρτάται από το είδος πηγής θερμότητας που εκμεταλλεύεται και τη λειτουργία της. Ο συντελεστής θερμότητας επηρεάζεται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται σε:

α) Αντλίες θερμότητας αέρος – νερού

β) Αντλίες θερμότητας αέρος – αέρος

γ) Αντλίες θερμότητας νερού - νερού με γεωθερμική αντλία είτε κλειστού είτε ανοικτού κυκλώματος

Με τις αντλίες θερμότητας αέρος – νερού και αέρος – αέρος να εφαρμόζονται συνήθως κατά την εφαρμογή ενεργειών ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων καθώς οι αντλίες θερμότητας νερού - νερού με γεωθερμική αντλία είτε κλειστού είτε ανοικτού κυκλώματος απαιτούν εκσκαφές ή γεωτρήσεις για την εφαρμογή τους. Κάτι το οποίο επιλέγεται σπανιότερα και κυρίως με σχεδιασμό από την αρχή κατασκευής του κτιρίου.

Οι αντλίες θερμότητας (αέρος – νερού) διαχωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες όπου είναι οι αυτές οι οποίες ολόκληρος ο εξοπλισμός τους είναι ενσωματωμένος σε μία συσκευή (monoblock ή compact) με μόνο εξωτερική εγκατάσταση και εκείνες όπου είναι διαιρούμενου τύπου (split), και εφαρμόζονται δυο συσκευές εσωτερικά και εξωτερικά. Και τέλος μια άλλη κατηγοριοποίηση είναι με βάση την τεχνολογία τους σε αντλίες με τεχνολογία inverter (αυτόματη προσαρμογή) ή on/off (λειτουργία μόνο στο μέγιστο).

Ο τύπος αντλίας θερμότητας επιλέγεται τελικά από τη λειτουργία, απόδοση και το κόστος της.

3.2.2 Ψύξη

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος ψύξης χώρων κτιρίων είναι η χρήση μονάδων κλιματισμού-αερισμού. Η τεχνολογία αυτή συνεχώς εξελίσσεται προσπαθώντας να επιτύχει καλύτερη απόδοση με λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο σχεδιασμός για την τοποθέτηση του συστήματος ψύξης πρέπει να λαμβάνει υπόψιν ορισμένα δεδομένα όπως το γεγονός ότι η κατά τη περίοδο ψύξης η εξωτερική θερμοκρασία μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια όλου του εικοσιτετράωρου μιας ημέρας μεταβάλλοντας έτσι την απόδοση του συστήματος ψύξης. Ταυτόχρονα ο σχεδιασμός -

επιλογή του κατάλληλου συστήματος εξαρτάται από τη χρήση, λειτουργία του κτιρίου και την αυξομείωση των αναγκών ψυκτικού φορτίου κάθε χώρου. Μια καλύτερη διαχείριση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και απόδοσης μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πολλαπλών διαφορετικής ισχύος συστημάτων ψύξης ή με τη χρήση συστημάτων μεταβλητής ψυκτικής ικανότητας. Τα συστήματα κλιματισμού αναφέρονται συνήθως στα απλά κλιματιστικά τα οποία είναι είδη αντλίας θερμότητας όπου χρησιμοποιούνται για ψύξη αντί για θέρμανση. Διαχωρίζονται σε κατηγορίες όπως και οι αντλίες θερμότητες όπου χρησιμοποιούνται για θέρμανση και ουσιαστικά έχουν αντίστροφη λειτουργία. Δηλαδή μια αντλία θερμότητας μπορεί να λειτουργήσει ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα HVAC δηλαδή Θέρμανσης (Heat), εξαερισμού (Ventilation), και κλιματισμού (Air Conditioning). Έτσι ένα τέτοιο σύστημα είναι αποτελεσματικότερο σε σύγκριση με ένα σύστημα μόνο ψύξης. Καθώς ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να προσφέρει και ζεστό νερό χρήσης αλλά και να συνδυαστεί με άλλο σύστημα ΑΠΕ. Επίσης οι ανεμιστήρες οροφής μπορούν να συμβάλουν στο αίσθημα ψύξης ενός χώρου. Στο σχεδιασμό και την επιλογή του συστήματος ψύξης ή HVAC σημαντικό ρόλο παίζει το δίκτυο διανομής και οι απώλειες του. Συγκεκριμένα οι απώλειες του δικτύου εξαρτώνται από τη θερμομόνωση του, το μήκος και τη διατομή του, τη θερμοκρασία του μέσου χρήσης του δικτύου, το χώρο διέλευσης και την παλαιότητα, τις φθορές της μόνωσης που εμφανίζει το δίκτυο.

3.2.3 Ζεστό Νερό Χρήσης

Το ζεστό νερό χρήσης έχει παραμέτρους σαν τη θέρμανση. Το ZNX συνήθως εξαρτάται και από το σύστημα θέρμανσης το οποίο έχει εγκατασταθεί καθώς συνδυάζονται. Η ζήτηση του ZNX μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η χρήση θερμοσίφωνα για τη παραγωγή του είναι ευρεία διαδεδομένη κάτι το οποίο όμως έχει μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και εκπομπές ρύπων. Με τη χρήση εγκατάστασης ηλιακού συλλέκτη για την παραγωγή ZNX να είναι ο συνηθέστερος τρόπος εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια.

Επειδή το ZNX συνδυάζεται με το σύστημα θέρμανσης εξετάζεται συνήθως η απόδοση του για τη παραγωγή του ZNX. Ενώ σε ένα σύστημα διανομής ZNX πρέπει να εξετάζονται και οι απώλειες του. Συγκεκριμένα ερευνώνται το μήκος του δικτύου διανομής, το μήκος του δικτύου ανά κυκλοφορία Z.N.X. (όταν υπάρχει), τη θερμική ισχύ που μεταφέρει, το είδος μόνωσης του δικτύου και τους χώρους από τους οποίους διέρχεται.

3.3 Φωτισμός

Οι λάμπες πυρακτώσεως, παλιάς τεχνολογίας οδηγούσαν σε σπατάλη ενέργειας. Για αυτό το λόγο οδηγηθήκαμε στη ανάπτυξη νέων τύπων λαμπτήρων όπου καταναλώνουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια με ίδια και καλύτερη απόδοση. Με ιδιαίτερο εκπρόσωπο αυτής της τεχνολογίας τους λαμπτήρες led. Μεγάλη έμφαση και ρόλο εξακολουθεί να παίζει ο σχεδιασμός του κατάλληλου φυσικού φωτισμού των χώρων κατά τη διάρκεια της ημέρας για τη μείωση χρήσης ηλεκτρικού φωτισμού. Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να επιτευχθεί είτε με κατακόρυφα ανοίγματα είτε με ανοίγματα οροφής. Ενώ στα συστήματα φωτισμού μπορεί να βοηθήσει αρκετά και η χρήση συστημάτων φωτισμού με λειτουργία ρύθμισης φωτισμού dimming, αυτόματης διάταξης ελέγχου του φυσικού φωτισμού καθώς και ο συνδυασμός τους με χρήση φωτοβολταϊκά πάνελ. Τέλος τα χρώματα του περιβάλλοντος χώρου σε ένα φωτιζόμενο χώρο διαθέτουν διαφορετικούς δείκτες φωτεινότητας και ανάκλασης της φωτεινότητας επηρεάζοντας τις ανάγκες έντασης φωτισμού και άρα την επιλογή του κατάλληλου συστήματος φωτισμού.

3.4 Εναλλακτικός τύπος δράσεων

Άλλοι χαρακτηριστικοί τρόποι εξοικονόμησης είναι η χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων για ιδιοκατανάλωση κατόπιν κατάλληλης μελέτης για την εφαρμογή τους με το βέλτιστο ποσοστό απόδοσης ανάλογα με τη θέση εγκατάστασης τους, την επιφάνεια που δύναται να καλύψουν και τις απώλειες που θα παρουσιάσει το σύστημα. Η αντικατάσταση παλαιών ηλεκτρικών οικιακών συσκευών με άλλες νέας τεχνολογίας και υψηλότερη ένδειξη στην ετικέτα με την κλίμακα ενεργειακής απόδοσης με προτίμηση από B και πάνω. Χρήση μικρής ιδιωτικής ανεμογεννήτριας. Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων. Ενώ τα τελευταία χρόνια προωθείται και η χρήση συστημάτων οικιακού αυτοματισμού. Με το KNX να είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και χαρακτηριστικά συστήματα οικιακού αυτοματισμού όπου όλα τα παραπάνω μπορούν να συνδυαστούν και να ρυθμιστούν με δυνατότητα ανά πάσα στιγμή εκ νέου προγραμματισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΞΥΠΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Καθοριστικό ρόλο για την οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας παίζει η ενέργεια. Με αποτέλεσμα να απαιτείται μια αξιόπιστη πηγή ενέργειας οδηγώντας στην ανάπτυξη μιας νέας ενεργειακής υποδομής που ονομάζεται «Έξυπνο Δίκτυο». Αυτό βοηθά στη διαχείριση της παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με αποτελεσματικό τρόπο.

Συγκεκριμένα η αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια και η εμφάνιση έξυπνων δικτύων έχουν παρουσιάσει νέες ευκαιρίες για ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας στο σπίτι (HEMS – Home Energy Management System) που μπορεί να μειώσει τη χρήση ενέργειας. Το HEMS ενσωματώνει ένα εργαλείο απόκρισης ζήτησης (DR – Demand Response) που μετατοπίζει και περιορίζει τη ζήτηση για τη βελτίωση της κατανάλωσης ενέργειας στο σπίτι. Αυτό το σύστημα δημιουργεί συνήθως βέλτιστα χρονοδιαγράμματα κατανάλωσης λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως το κόστος ενέργειας, τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, τα προφίλ φορτίου και την άνεση των καταναλωτών. Με την ανάπτυξη έξυπνων μετρητών, κατέστη δυνατή η εκτέλεση ελέγχου φορτίου με χρήση του HEMS με συσκευές με δυνατότητα DR.

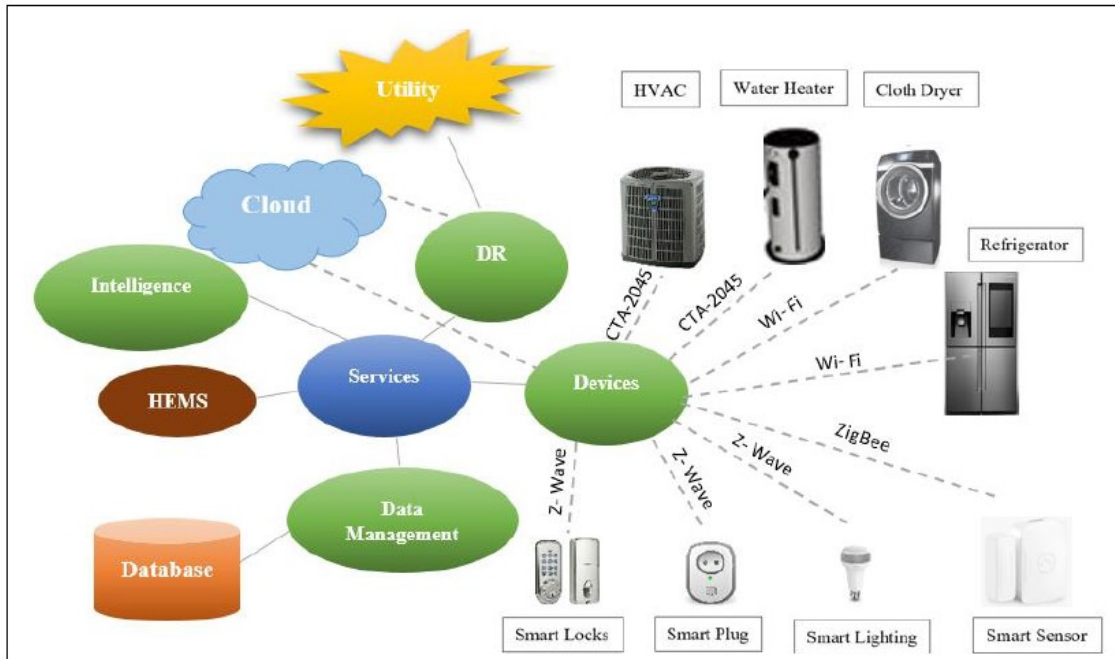
4.1 Έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας.

Κύριος στόχος του HEMS είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε κατοικίες και κτίρια. Οι πρόσθετοι στόχοι μπορεί να περιλαμβάνουν οφέλη ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ο έλεγχος της χρήσης ενέργειας για τη μείωση της ζήτησης αιχμής και η υποστήριξη της μετατόπισης φορτίου. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, το HEMS πρέπει να υποστηρίζει συγκεκριμένες δυνατότητες και χαρακτηριστικά⁷:

1. Παρακολούθηση και έλεγχος συσκευής: Το HEMS πρέπει να μπορεί να επικοινωνεί και να εποπτεύει πολλές και διαφορετικές συσκευές σε ένα κτίριο. Οι πληροφορίες που συλλέγει το σύστημα μπορούν να είναι προσβάσιμες στον χρήστη μέσω μιας διεπαφής ιστού ή μέσω μιας εφαρμογής τηλεφώνου/tablet ή χειροκίνητα. Εάν το σύστημα διαχείρισης συνδυάζεται με έξυπνο προγραμματισμό, ο έλεγχος μπορεί να γίνεται αυτόματα. Τέλος ο έλεγχος μπορεί να είναι απομακρυσμένος ή τοπικός.

⁷ Βλ. [6]

-
2. Συνεχής επικοινωνία μεταξύ των συσκευών του συστήματος: Το HEMS συνδυάζει διαφορετικές συσκευές. Κάθε συσκευή μπορεί να λειτουργεί με διαφορετική τεχνολογία επικοινωνίας, όπως Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, CTA-2045 και άλλες. Το σύστημα πρέπει να είναι σχεδιασμένο ώστε να επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συσκευών ανεξάρτητα από το πρωτόκολλο επικοινωνίας τους.
 3. Απάντηση ζήτησης: Η βασική προϋπόθεση ενός συστήματος απόκρισης ζήτησης είναι η δυνατότητα λήψης τέτοιων σημάτων από ένα βοηθητικό πρόγραμμα. Για καλύτερη εφαρμογή, πρέπει να λαμβάνονται διαθέσιμες πληροφορίες από πολλά κτίρια σε μια κοινότητα. Ενώ το σύστημα πρέπει να διαθέτει λειτουργία για τη καλύτερη κατανομή πόρων στα σπίτια αποτελεσματικότερα.
 4. Ευφυΐα: Η πλειοψηφία των νοικοκύρηδων δεν έχουν καμία άμεση γνώση της κατανάλωσης ενέργειας τους, επομένως συνήθως δεν μπορούν να αναλάβουν τις απαραίτητες ενέργειες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Θα ήταν ιδανικό για το σύστημα να παρέχει ανατροφοδότηση στον χρήστη και δυνατότητα αυτόματων προσαρμογών με την έγκριση του χρήστη με την ενσωμάτωση έξυπνων αλγόριθμων.
 5. Διαχείριση δεδομένων: Λόγω των έξυπνων δικτύων, οι πληροφορίες για τη κατανάλωση ενέργειας μπορούν να είναι προσβάσιμες από πολλές και διάφορες συσκευών. Το σύστημα θα πρέπει να επεξεργάζεται αποτελεσματικά πολλά δεδομένα.
 6. Ασφάλεια και απόρρητο: Το σύστημα περιέχει πληροφορίες σχετικά με τη καθημερινή κατανάλωση του χρήστη και άρα την καθημερινότητα του εμπύπτοντας στην κατηγορία των προσωπικών δεδομένων καθιστώντας απαραίτητο τα δεδομένα αυτά να είναι κρυπτογραφημένα και ασφαλή, όπως και η σύνδεση μεταξύ των διαφόρων συσκευών και του συστήματος διαχείρισης ενέργειας.



Εικόνα 5: Σύστημα HEMS (Πηγή: Home Energy Management Systems An Overview ⁸)

Η γενική αρχιτεκτονική ενός HEMS⁹, αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

(α) Συσκευές ανίχνευσης και μέτρησης: Οι οποίες καταγράφουν μετρήσεις φυσικών μεγεθών, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ηλιοφάνεια, ανίχνευση κίνησης, φυσική παρουσία και άλλα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη καταγραφή κατανάλωσης ενέργειας συσκευών που θέλουμε να εξετάσουμε ιδιαίτερα και για τη καταγραφή δεδομένων σχετικά με ανθρώπινες δραστηριότητες. Επιπλέον βοηθούν στην αμφίδρομη επικοινωνία HEMS με το βοηθητικό πρόγραμμα

(β) Έξυπνες συσκευές: Πρόκειται για τυπικές οικιακές συσκευές (όπως πλυντήριο, ψυγεία ή κτλ.), με πρόσθετες υπολογιστικές και επικοινωνιακές δυνατότητες. Συμπεριλαμβάνονται και οι συσκευές παραγωγής ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά πάνελ (PV). Η λειτουργία τους ρυθμίζεται μέσω μιας κεντρικής πλατφόρμας, η οποία επικοινωνεί με όλες τις συσκευές, συλλέγει και διαχειρίζεται όλα τα δεδομένα.

(γ) Διεπαφή χρήστη: Αφορά μια συσκευή η οποία επιτρέπει στον χρήστη να αλληλοεπιδρά με το σύστημα HEMS. Μπορεί να αναπαραστήσει γραφικά τις πληροφορίες - δεδομένα, όπως την τρέχουσα κατανάλωση και να εμφανίσει τις προτιμήσεις του χρήστη, όπως η προτεραιότητα των συσκευών, των παραμέτρων επιθυμητών θερμοκρασιών και άλλα. Σύνηθες για τη χρήση τους είναι ο συνδυασμός τους με οθόνη αφής ή εφαρμογές για smartphone/tablet ή συνδυάζονται με άλλες εφαρμογές δύσχρηστες και λιγότερο δημοφιλή.

⁸ Βλ. [6]

⁹ Βλ. [7]

(δ) Κεντρική πλατφόρμα Διαχειρίζεται και βελτιώνει τη χρήση ενέργειας. Λαμβάνει δεδομένα από τους έξυπνους μετρητές και προγραμματίζει τις ενέργειες των συνδεδεμένων συσκευών με βάση τους στόχους που έχουν τεθεί, προγραμματιστεί. Ο λογαριασμός ρεύματος είναι μια δημοφιλής παράμετρος - στόχος, μαζί με την άνεση, τη μείωση κατανάλωσης σε περιόδους αιχμής και αλλά.

Σε ένα HEMS, οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις συσκευές και τη χρήση τους. Έπειτα τα δεδομένα μεταφέρονται στην κεντρική πλατφόρμα, όπου αποθηκεύονται και επεξεργάζονται. Κάποια από αυτά τα δεδομένα μπορούν με ανατροφοδότηση να συμβάλουν στη βελτίωση του σχεδιασμού HEMS. Μετέπειτα, ρυθμίζονται οι χρόνοι λειτουργίας των συσκευών ανάλογα με τις προτίμησής του χρήστη και τους στόχους που έχει θέσει.

Τα οικιακά σύστημα διαχείρισης ενέργειας¹⁰ μπορούν να διαχωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες¹¹:

Open-Source HEMS

Πρόκειται για συστήματα με προγράμματα ανοικτού κώδικα. Τα οποία διαθέτουν μικρή έως μηδενική συνδρομή για τη χρήση τους. Με τη δυνατότητα διαφορετικών διαχειριστών να αναπτύξουν το λογισμικό των συσκευών που συνδέονται στο σύστημα. Ταυτόχρονα άλλοι μπορούν να προσθέσουν διαφορετικές λειτουργίες στο σύστημα. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι η ανάπτυξη και χρήση αυτού του είδους απαιτεί τεχνικές γνώσεις από το χρήστη. Παρακάτω ακολουθούν κάποια από τα πιο γνωστά συστήματα HEMS ανοικτού κώδικα.

Building Energy Management Open-Source Software (BEMOSS)

Αφορά συστήματα ανοικτού κώδικα για μικρά και μεσαία εμπορικά κτίρια. Βασισμένο πάνω στη βοηθητική εργαλειοθήκη εντοπισμού σφαλμάτων διεπαφών χρήστη Volttron η οποία χρησιμοποιεί τη γλώσσα πραγματισμού PYTHON. Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο ανιχνεύει συσκευές, αφού εντοπίσει νέα συσκευή, την ελέγχει και εκκινεί έλεγχο και αισθητήρες και κάνοντας χρήση cloud επικοινωνεί με το δίκτυο.

WattDepot

Πλαίσιο ανοικτού κώδικα με εφαρμογές βασισμένες στη χρήση γλώσσας προγραμματισμού java. Συλλέγει δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση – χρήση ενέργειας, αποθήκευση ανάλυση και εμφάνιση με κάποια γραφική αναπαράσταση των δεδομένων στο χρήστη. Συνδέει αισθητήρες, διακομιστές και χρήστες όπου οι αισθητήρες ως μικρό λογισμικό

¹⁰ Βλ. [8]

¹¹ Βλ. [6]

επικοινωνούν με τις συσκευές και μεταφέρει τα δεδομένα σε ένα Server μέσω του RESTful WattDepot API μέσω HTTP. Είναι σχεδιασμένο συλλέγει δεδομένα μέσω ίντερνετ.

Home Assistant

Αφορά πλατφόρμα αυτοματισμού ανοικτού κώδικα για κατοικίες η οποία παρακολουθεί και ελέγχει τις συνδεδεμένες συσκευές. Ταυτόχρονα έχει τη δυνατότητα εφαρμογής κάποιων αυτοματισμών με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη.

Honda's Smart Home

Αυτό το σύστημα διαχείρισης είναι ανοικτού κώδικα και η εγκατάσταση του εφαρμόζεται μόνο σε κατοικίες η οποίες κατασκευάζονται από την αρχή ως έξυπνα σπίτια αντί για ένα υπάρχον συμβατικό σπίτι το οποίο αναβαθμίστηκε. Παρακολουθεί, ελέγχει και βελτιώνει την κατανάλωση - παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς τα εργαλεία του είναι πλήρη ενσωματωμένα με το έξυπνο δίκτυο.

Neurio Home Energy Monitor

Ανοικτή πλατφόρμα για την παρακολούθηση της κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάνελ. Καθώς και μπορεί να αναγνωρίσει αν οι συσκευές είναι σε κατάσταση αναμονής, ανοικτές ή κλειστές.

Wink Hub 2

Διαδικτυακή πλατφόρμα ανοικτού κώδικα η οποία ελέγχει και παρακολουθεί έξυπνες συσκευές. Με μεγάλη ασφάλεια καθώς κάθε διεπαφή απαιτεί ειδική έγκριση.

EmonCMS

Διαδικτυακή ελεύθερη εφαρμογή ανοικτού κώδικα η οποία καταγράφει, επεξεργάζεται αναπαριστά γραφικά την κατανάλωση και παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά και τα μετεωρολογικά δεδομένα συνολικά.

Open (Gateway) Energy Management (OGEMA)

Πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για παρακολούθηση και έλεγχο έξυπνων συσκευών. Με εφαρμογή στο ίντερνετ με ευκολία χρήσης από το χρήστη καθώς και γραφική αναπαράσταση της κατανάλωσης ενέργειας

Open Energy Monitor

Λογισμικό ανοικτού κώδικα που αναπαριστά γραφικά την κατανάλωση και την ενέργεια παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά.

Άλλες πλατφόρμες ανοικτού κώδικα για την εφαρμογή συστημάτων αυτοματισμού κατοικιών :

Open remote

Πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα επικοινωνίας συσκευών διαφόρων τύπων - τεχνολογιών. Με δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου συσκευών μέσω smartphone ή tablet.

OpenHAB

Λογισμικό ανοιχτού κώδικα για αυτοματισμό, για συσκευές JVM (με γλώσσα Java). Με δυνατότητα επικοινωνίας διαφορετικών τεχνολογιών αυτοματισμών. Παρακολουθεί και ελέγχει διαφορετικές συσκευές και προβάλλει γράφημα με το ιστορικό της ενεργειακής κατανάλωσης. Με το OpenHAB-designer, προγραμματίζονται οι διεπαφές χρήστη.

Freedomotic

Πλαίσιο ανάπτυξης ανοιχτού κώδικα για τη δημιουργία έξυπνων χώρων όπου συνδυάζεται με αρκετές διαδομένες τεχνολογίες αυτοματισμών.

Power Matcher Suit

Πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα με χρήση γλώσσας προγραμματισμού Java. Διαχωρίζεται σε δύο πλατφόρμες: (1) Πλατφόρμα & Διασύνδεση Ευελιξίας Ενέργειας: λειτουργικό σύστημα για την επικοινωνία των έξυπνων συσκευών μεταξύ τους και με το έξυπνο δίκτυο. (2)PowerMatcher: μηχανισμός συντονισμού του έξυπνου δικτύου που βοηθά στην δυνατότητα επέκτασης και αναβάθμισης του έξυπνου δικτύου

Ιδιόκτητο HEMS (Proprietary HEMS)

Άλλα συστήματα διαχείρισης ενέργειας διαθέσιμα στην αγορά ή αναπτυγμένα από ερευνητές.

Pervasive Service Oriented Networks (PERSON)

Σύστημα διαχείρισης ενέργειας χαμηλής κατανάλωσης και κόστους. Ως πρωτόκολλο επικοινωνίας εφαρμόζει το ZigBee και συσκευές με τεχνολογία ZigBee. Συλλεγεί, αποθηκεύει και μεταδίδει τα δεδομένα στο δίκτυο καθώς και παρακολουθεί, ελέγχει και βοηθά στην εφαρμογή έξυπνων αποφάσεων - σεναρίων. Είναι δομημένο σε τρία επίπεδα. Διαθέτει δύο είδη υπηρεσιών: μια σχετικά με τη δημιουργία υπηρεσιών και την απόφαση προσφοράς υπηρεσιών και μια άλλη για την εύρεση των διαθέσιμων υπηρεσιών στο δίκτυο ανάλογα με το πάροχο υπηρεσιών. Ενώ με τη βοήθεια ενός αλγορίθμου υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου και βελτίωσης της απόδοσης του συστήματος.

EnergySniffer

Πλαίσιο πολλαπλών ανιχνευτών για την εκτίμηση κατανάλωσης ενέργειας των συσκευών. Δημιουργεί προφίλ της κατανάλωσης κάθε συσκευής σε ένα smartphone μέσω αισθητήρων και ενός αλγορίθμου ο οποίος διαβάζει τα χαρακτηριστικά κάθε συσκευής. Με την εφαρμογή να μπορεί να αναβαθμιστεί μέσω ενημερώσεων.

VirifiScope

Σύστημα παρακολούθησης κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο μέσω αισθητήρων και αλγόριθμου που κατατάσσει τους αισθητήρες ανάλογα με την κατανάλωση ενέργειας των συσκευών.

Handy Feedback

Εφαρμογή κινητών τηλεφώνων που μετρά και παρακολουθεί τη κατανάλωση ενέργειας των συνδεδεμένων έξυπνων συσκευών. Κατεβαίνει από το ίντερνετ. Καταγράφει τη κατανάλωση ενέργειας, το ιστορικό και απεικονίζει γραφικά τη κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Ελέγχεται και εξ αποστάσεως.

NOBEL

Ευρωπαϊκό project για ενεργειακή παρακολούθηση, τιμολόγηση, ειδοποιήσεις, υπηρεσίες πληροφοριών και την καλύτερη αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Προσβάσιμο μέσω κινητού.

Adaptive Living Interface System (ALIS)

Σύστημα διεπαφών με δυνατότητα γραφικών αναπαραστάσεων των πληροφοριών και συμβουλών στους χρήστες σχετικά με τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας τους.

Παρουσιάζει την οικιακή κατανάλωση ενέργειας, συγκρίνει την κατανάλωση και την εξοικονόμηση ενέργειας με άλλους χρήστες στην ίδια περιοχή και παρουσιάζει και τα αντίστοιχα οικονομικά στοιχεία. Αναπτύχθηκε για τη μελέτη της κατανάλωσης και παραγωγή ενέργειας σε κατοικίες μηδενικής κατανάλωσης με φωτοβολταϊκά.

Τα διαθέσιμα συστήματα διαχείρισης ενέργειας σε οικιακές εγκαταστάσεις στην παγκόσμια αγορά είναι τα Google Home, Google PowerMeter (γραφική αναπαράσταση δεδομένων, δυνατότητα διαμοιρασμού πληροφοριών και παροχής συμβουλών εξοικονόμησης ενέργειας), DreamWatts (εφαρμογή μέσω ίντερνετ, εύχρηστη), iHome ή Apple HomeKit, Insteon HomeKit, Home Smart Kit, TED Pro Home Energy Monitor, Rainforest EMU-r Energy Monitoring Unit, το SmartThings Hub της Samsung, Amazon Echo and Control 4 ALEXA, Nest, οι έξυπνοι θερμοστάτες Wiser Air και Savant (Γραφικό περιβάλλον χρήστη μέσω του οποίου ρυθμίζεται και ελέγχεται η χρήση ενέργειας), DigitalSTORM (χρησιμοποιεί υπάρχουσες γραμμές ενέργειας, συμπεριλαμβάνει σύστημα ελέγχου & έξυπνους μετρητές) , e-GOTHAM (ανοικτού κώδικα, διαχείριση \ μικροδικτύων σε συνεργασία με το ολικό δίκτυο), Energy Team (περιλαμβάνει web server, διαδικτυακή πύλη και αναπαριστά γραφικά τα δεδομένα), SMARTHEMS (σύστημα της Panasonic με τεχνητή νοημοσύνη και έξυπνους μετρητές), CISCO (έμφαση στη μείωση κόστους με τη μέγιστη ενέργεια) και The Energy Navigator Platform (πλατφόρμα ίντερνετ με αυτόματες αναφορές της κατάστασης τους

συστήματος και των πιθανών προβλημάτων απόδοσης). Άλλα συστήματα οικιακών αυτοματισμών: British Gas Smarter living & Energy saving—Smart meters (Βρετανικό αέριο για έλεγχο των λογαριασμών), Control4Home Automation (επιτρέπει στις υπάρχουσες συσκευές να λειτουργούν μαζί), Creston Home Automation & Entertainment (πλήρης έλεγχος συσκευών), General Electric Brillion Technology (ρύθμιση έξυπνων συσκευών μέσω smartphone), HomeSeer HS3 (απαιτεί χρόνο για να αποκτήσει ευχέρεια ο χρήστης), Honda Smart Home US (hardware, software & μικροδίκτυο), Iris (απλή εφαρμογή), KNX (δυνατότητα συνδυασμού τεχνολογιών και συστημάτων), LG Smart Thing™, LonWorks, Nexia (ενσωματώνει και δίκτυο ασφαλείας όπως κάμερες και κλειδαριές), Panasonic smart Appliance, Staples Connect, UPnP, Vera smarter home Control, WeBee, Whirlpool Smart Appliances.

Και μικροϋπολογιστές για συστήματα οικιακών αυτοματισμών για έξυπνα σπίτια είναι: Arduino (ανοικτού κώδικα), Banana Pi (πλακέτα υπολογιστή, πλατφόρμα για άλλες εφαρμογές), BeagleBone Black, Raspberry Pi, Libelium Waspmote. Κάποια από αυτά τα συστήματα δεν είναι διαθέσιμα σε όλα τα κράτη. Διαθέτουν την ικανότητα παρακολούθησης και ελέγχου των συμβατών έξυπνων συσκευών. Τα περισσότερα διαθέτουν εφαρμογές εύκολες στη χρήση με εύκολο προγραμματισμό. Κάποια συστήματα διαθέτουν κάποιους έτοιμους αυτοματισμούς ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Μερικά μπορούν να παρουσιάσουν χρονοδιαγράμματα με τη κατανάλωση ενέργειας. Κάποια προτείνουν ενέργειες για την ορθότερη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και αλλά μπορούν να εντοπίσουν συσκευές που σπαταλάν ενέργεια.

Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες πρωτοκόλλου επικοινωνίας είναι το Wi-Fi, ZigBee και Z-wave. Τα περισσότερα συστήματα δεν διαθέτουν επαρκή κυβερνοασφάλεια. Ελάχιστα συστήματα υποστηρίζουν δυνατότητα απόκρισης ζήτησης συνεπώς αδυνατούν να συμβάλουν στη μείωση της ζήτησης αιχμής. Η πλειοψηφία δεν διαθέτουν τη δυνατότητα δημιουργίας οικιακών αυτοματισμών ή αυτοματισμών για την εξοικονόμηση ενέργειας με βάση τις ανάγκες του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα:

Τα συστήματα ανοικτού κώδικα συνήθως απαιτούν τεχνικές γνώσης για τη χρήση τους. Επιπλέον αρκετά χρειάζονται επιπλέον υλικά - πλακέτες για τον προγραμματισμό τους, τα οποία μπορεί η χρήση τους να είναι άγνωστη στη πλειοψηφία των χρηστών. Ταυτόχρονα στα HEMS ανοικτού κώδικα άλλοι πωλητές, ερευνητές και προγραμματιστές μπορούν να προσθέσουν δυνατότητα σύνδεσης για νέες έξυπνες συσκευές που αρχικά δεν ήταν συμβατές και νέες δυνατότητες.

Τα ιδιόκτητα HEMS διαθέτουν ευκολία χρήσης και βασική κυβερνοασφάλεια . Η πλειοψηφία τους αδυνατεί να συμβάλει στη μείωση της ζήτησης αιχμής, ελάχιστα διαθέτουν δυνατότητα για απλούς αυτοματισμούς. Μπορεί να έχουν υψηλό κόστος και να απαιτούν εκτενή εγκατάσταση. Συνδέονται με συγκεκριμένες συσκευές και η αναβάθμιση τους εξαρτάται απολυτά από τον προμηθευτή.

Όπως διαπιστώσαμε και από τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης ενέργειας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο η ενσωμάτωση προγράμματος - εργαλείου απόκρισης ζήτησης (DR – Demand Response) στην ανάπτυξη τους. Στο πρόγραμμα DR¹², η ανταπόκριση του πελάτη μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις επιλογές, καθεμία από τις οποίες λαμβάνει υπόψη το κόστος και τα μέτρα που λαμβάνονται από τον πελάτη. Στην πρώτη επιλογή, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις περιόδους αιχμής όπου το κόστος είναι υψηλότερο. Αυτή η επιλογή επηρεάζει αμυδρά την άνεση του χρήστη. Στη δεύτερη επιλογή, οι χρήστες μπορούν μερικώς να μετατοπίζουν τη λειτουργία οικιακών συσκευών σε χρονικές περιόδους εκτός περιόδων αιχμής. Στην τρίτη επιλογή, γίνεται απευθείας ιδιοκατανάλωση από παραγόμενη ενέργεια από τον ίδιο των χρήστη συνήθως μέσω ΑΠΕ. Τα προγράμματα DR μπορούν να μειώσουν το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας σε περιόδους αιχμής.

1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ DR ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΑ ΚΙΝΗΤΡΑ

Ένα πρόγραμμα DR που στηρίζεται στην παροχή οικονομικών κινήτρων στους συμμετέχοντες, που αποσκοπούν στη μείωση μέσω μετατόπισης την κατανάλωσή τους για τη μείωση της ζήτησης τους κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής. Σε αυτούς τους πελάτες παρέχεται μείωση λόγω της συμμετοχής τους στο πρόγραμμα ή πίστωση στο λογαριασμό. Περιλαμβάνουν απευθείας προγράμματα φορτίων, διακοπής/περικοπής και υποβολής προσφορών ζήτησης. Τα προγράμματα άμεσων φορτίων ελέγχουν εξ αποστάσεως συσκευές με μετάδοση σημάτων που τις ενεργοποιούν/απενεργοποιούν. Τέτοιες συσκευές είναι θερμοσίφωνες, κλιματισμός, και δημόσιος φωτισμός.

Στο πρόγραμμα διακοπής/περικοπής φορτίου, ρεύματος οι τιμές συμφωνούνται μεταξύ του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας και της μεγάλης βιομηχανίας ή τους οικιακούς πελάτες, που περικόπτουν ή αλλάζουν φορτίο σε περιόδους εκτός αιχμής κατά τη διάρκεια έκτακτης ανάγκης. Η μείωση επιτυγχάνεται με τη ειδοποίηση περιορισμού της ζήτησης από τον πάροχο, ο οποίος ωφελεί τους πελάτες μέσω οικονομικών κινήτρων. Αυτό το πρόγραμμα συμβάλει στη σταθεροποίηση του δικτύου όταν προκύπτει έκτακτη ανάγκη. Το πρόγραμμα υποβολής προσφορών ζήτησης, βασίζεται στις προσφορές των πελατών. Οι καταναλωτές

¹² Βλ. [9]

υποβάλλουν προσφορά για συγκεκριμένη μείωση φορτίου στη χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία συνήθως διεξάγεται με πλειστηριασμό τη προηγούμενη μέρα. Οι πελάτες είναι ελεύθεροι να επιλέξουν μια τιμή προσφοράς όσον αφορά το ποσό της μείωσης της ενέργειας, και ανταμείβονται εάν η πραγματική ποσότητα εξοικονόμησης ενέργειας ανταπεξέρχεται σε ότι δηλώθηκε ως προσφορά. Επιπλέον, δεν επιβάλλεται χρηματική ποινή εάν ο πελάτης δεν μειώσει την κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την δηλωμένη προσφορά.

2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ DR ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΤΙΣ ΤΙΜΕΣ

Τα προγράμματα με βάση τις τιμές περιλαμβάνουν όλα τα προγράμματα τιμολογίων, όπου οι πελάτες λαμβάνουν οικονομικά οφέλη ή εκπτώσεις σε αντάλλαγμα για τη μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε καθορισμένους χρόνους. Τα προγράμματα με βάση τις τιμές παρέχουν διαφορετικές τιμές τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιούν ένα σήμα για να βοηθήσουν τους καταναλωτές να αποκτήσουν βελτιωμένη ισχύ. Οι καταναλωτές τροποποιούν εθελοντικά την κατανάλωση ρεύματος στα σπίτια τους με βάση την ηλεκτρική ενέργεια βάσει χρόνου και ακολουθούν το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας προγράμματα τιμολογίων, όπως τιμολόγηση χρόνου χρήσης (TOU – Time Of Use), τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (RTP – Real Time Pricing) ή κρίσιμη τιμή αιχμής (CPP -Critical Peak Pricing). Αυτά τα προγράμματα προσφέρουν διαφορετικές τιμές σε διάφορες ώρες της ημέρας σε περιόδους εκτός και σε περιόδους αιχμής για να υποδείξουν την ικανότητα της εταιρείας κοινής ωφέλειας να παράγει την απαιτούμενη ενέργεια.

Το TOU είναι το πιο κοινό τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας για οικίες και επί του παρόντος χρησιμοποιείται ή εξετάζεται για χρήση σε πολλούς παρόχους παγκοσμίως. Στην τιμολόγηση TOU, οι διαφορετικές τιμές των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας χωρίζονται σε χρονοθυρίδες και διάφορες εποχές του έτους ή ώρες της ημέρας. Οι παρόχοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν προγράμματα TOU ορίζοντας τις τιμές σύμφωνα με χρονικές χρονοθυρίδες εκτός αιχμής και εντός αιχμής. Σε αυτήν την περίπτωση, οι τιμές των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλές κατά τις ώρες αιχμής και χαμηλές κατά τις ώρες εκτός αιχμής για να ενθαρρύνουν τους καταναλωτές να μετατοπίζουν τα φορτία τους ανάλογα με την αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Το RTP ονομάζεται συχνά δυναμική τιμολόγηση, στην οποία κάθε ώρα του έτους παρουσιάζει διαφορετική τιμή, αυτή η τιμή κυμαίνεται ανά ώρα για κάθε χρονοθυρίδα. Μια τέτοια περίπτωση αποτυπώνει την πραγματική κατάσταση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας .

Πολλοί πάροχοι πιστεύουν ότι τα προγράμματα RTP, είναι τα πιο αποτελεσματικά προγράμματα DR, είναι ευέλικτα και με μεγάλη δυνατότητα εφαρμογής στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Το CPP έχει σχεδιαστεί για να επιβραβεύει τους τελικούς χρήστες που

οικειοθελώς ελέγχουν τη κατανάλωση ρεύματος και για να μειώσει τη χρήση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ή την αλλαγή της χρήσης των συσκευών σε ώρες εκτός αιχμής. Το CPP εφαρμόζεται μερικές φορές κατά τη διάρκεια του έτους, ιδιαίτερα το καλοκαίρι όταν η ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται σημαντικά. Οι συμμετέχοντες πελάτες ειδοποιούνται για τις αυξημένες τιμές. Αρκετοί πωλητές λιανικής της ηλεκτρικής ενέργειας υποστηρίζουν το CPP για να ωφεληθεί από σημαντικές μειώσεις φορτίου κατά τις κρίσιμες περιόδους φορτίου το δίκτυο. Η τιμολόγηση με έκπτωση χρόνου αιχμής είναι ένα πρόγραμμα με βάση τις τιμές, στο οποίο οι καταναλωτές λαμβάνουν έκπτωση που αντιστοιχεί στο ποσό μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας τους.

3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ DR

Η κατανάλωση ενέργειας των πελατών που συμμετέχουν στο DR μπορεί να αλλάξει με τις ακόλουθες μεθόδους: κινούμενη κατανάλωση ενέργειας σε διάφορες χρονικές περιόδους, χρησιμοποιώντας μια επιτόπου γεννήτρια σε αναμονή για ασφάλεια σε περίπτωση ανάγκης μείωσης της εξάρτησης από το δίκτυο του παρόχου και χρησιμοποιώντας στρατηγικές περικοπής φορτίου για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο, οι πελάτες αποθαρρύνονται από τη συμμετοχή σε πρόγραμμα DR λόγω των αβεβαιοτήτων που σχετίζονται με το πρόγραμμα, απροσδιόριστη ποσότητα του φορτίου που απαιτούν οι εταιρείες κοινής ωφέλειας για τη μείωση σε DR όταν απαιτείται, δυσκολία στην ικανοποίηση των επιπέδων άνεσης στους τελικούς χρήστες και την οικονομική δυνατότητα της συμμετοχής σε τέτοιο πρόγραμμα.

Με παρόμοια λογική αναπτύσσονται και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας για έξυπνα σπίτια¹³. Πιο συγκεκριμένα σε ένα έξυπνο σπίτι το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Smart HomeEnergy Management System-SHEMS) προϋποθέτει την ανάπτυξη ενός δικτύου το οποίο διαχειρίζεται τις ενεργειακές ανάγκες, απαιτήσεις και πόρους με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης χωρίς να επηρεάζει την άνεση του χρήστη. Οφείλει να έχει τη δυνατότητα να λάβει αποφάσεις χωρίς επέμβαση από το χρήστη. Θέτονται παράμετροι στο σύστημα σε σχέση με τη παραγωγή ενέργειας και αποτέλεσμα συνήθως θεωρείται το κόστος ενέργειας. Κάποιες από τις παραμέτρους εισόδου μπορεί να είναι τιμολόγια, πρόβλεψη φορτίου κ.λ.π. Μετά τον αρχικό προγραμματισμό βάση κάποιας από τις διάφορες υπάρχουσες τεχνικές, εξετάζεται εάν έχουμε το βέλτιστο σενάριο σε σχέση με τις αρχικές παραμέτρους και τους στόχους που τέθηκαν. Οι συνήθης διαδικασία λειτουργίας είναι: συλλογή δεδομένων μέσω παρακολούθησης, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων, πρόβλεψη/εκτίμηση όταν απαιτείται, βελτιστοποίηση και εκτέλεση. Καθώς και ανταλλαγή δεδομένων με άλλα δίκτυα ή

¹³ Βλ. [10]

συστήματα. Ταυτόχρονα ελέγχει και αποθηκεύει την παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας συνδράμει στη κατανόηση της κατανάλωσης ενέργειας ποσοτικά και από ποιες συσκευές ώστε μέσω προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης (DR) να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και να αποφεύγονται κατά το δυνατό οι ώρες αιχμής. Η παρακολούθηση φορτίου μπορεί να διακριθεί σε δυο κύριες κατηγορίες την παρεμβατική παρακολούθηση φορτίου και την παρακολούθηση μη παρεμβατικού φορτίου. Στην πρώτη κατηγορία παρακολουθείται η κατανάλωση φορτίου άμεσα μέσω αισθητήρων στις συσκευές ανάλογα με το αν είναι ενεργές ή όχι και αρά εξετάζει πολλαπλά σημεία. Στη δεύτερη κατηγορία εξετάζεται το ολικό φορτίο ενέργειας που καταναλώνεται μέσω διαφόρων τεχνικών εκτίμησης της κατανάλωσης ενέργειας των συσκευών σε συγκεκριμένη στιγμή. Για τον προγραμματισμό του συστήματος και την επίτευξη των στόχων χρησιμοποιούνται διάφοροι αλγόριθμοι καθιστώντας σημαντική την σωστή ρύθμιση των απαραίτητων παραμέτρων καθώς μπορεί να απαιτούνται κάποιες προβλέψεις σχετικά με την κατανάλωση και παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ. Επιπρόσθετα η συμπερίληψη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας βοηθά στην παροχή ενέργειας να μετακυλίσει τις χρήσεις συσκευών σε άλλη χρονική στιγμή και ταυτόχρονα συμβάλλουν στη μείωση του κόστους της ενέργειας που καταναλώθηκε. Συνήθη συστήματα αποθήκευσης ενέργειας που ενσωματώνονται είναι: μπαταρίες, αποθήκευση θερμικής ενέργειας και ηλεκτρικά οχήματα.

4.2 Αλγόριθμοι διαχείρισης ενεργείας με τη συμμετοχή φωτοβολταϊκών συστημάτων

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται συνεχώς, με τις ορυκτές πηγές να μειώνονται συνεχώς με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό από την ανανέωση τους και την παρενέργεια της υπερθέρμανση του πλανήτη λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής έχει γίνει στροφή όλο και περισσότερο στη παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έναντι των μη ανανεώσιμων πηγών. Κατά συνέπεια απαιτείται μια διαφορετική αρχιτεκτονική στο σύστημα τροφοδοσίας ενέργειας, το οποίο μεταβάλλεται από μια κεντρική σε μια αποκεντρωμένη παραγωγή για την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών. Η πιο δημοφιλείς και υποσχόμενη είναι η παραγωγή ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ (PV) λόγω των τα φιλικών προς το περιβάλλον χαρακτηριστικών, το χαμηλό κόστος συντήρησης και διότι είναι παγκοσμίως η πιο προσβάσιμη ανανεώσιμη πηγή. Παρόλα αυτά πρόκειται για μια πηγή ενέργειας οπου η

παραγωγή είναι μη συνεχόμενη. Δια αυτό το λόγο η διαχείριση ενέργειας πρέπει στο σχεδιασμό της να συνδυάζει την παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά, την αποθήκευση της σε μπαταρίες, την ιδιοκατανάλωση με την κατανάλωση από το δίκτυο. Αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι η παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι αποδοτικότερα σε τροπικές και ηλιόλουστες περιοχές με αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα τη θερινή περίοδο καθώς υπάρχει αυξημένη ζήτηση ενέργειας για κλιματισμό. Η παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών μπορεί να προβλεφθεί σε μελέτες με βάση της ετήσιες εποχιακές και ημερήσιες μετρήσεις. Αρκετά συστήματα διαχείρισης μπορούν να εξεταστούν εφόσον υπάρχουν κάποιες παραδοχές με προσομοίωση με τη χρήση προγραμμάτων όπως το MATLAB-SIMULINK.¹⁴ Για τη βελτίωση της απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε κατοικία, πρέπει να εφαρμοστεί ένας αλγόριθμος διαχείρισης ενέργειας οποίος θα στοχεύει: στη μέγιστη παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, στη προστασία του συστήματος μπαταριών – αποθήκευση από υπερφόρτιση και πλήρη αποφόρτιση, στη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του χρήστη χωρίς έλλειψη ενέργειας, και στην διοχέτευση της παραπάνω ενέργειας στο δίκτυο.

Η ηλεκτρική παραγόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά έχει προτεραιότητα στη τροφοδότηση των ηλεκτρικών συσκευών του δικτύου. Ο αλγόριθμος για τα φωτοβολταϊκά προγραμματίζεται να επιτυγχάνει τους στόχους του συστήματος διαχείρισης ενέργειας με βάση τη κατάσταση λειτουργίας του συστήματος των φωτοβολταϊκών.¹⁵

A) Αν τα Φ/Β παράγουν αρκετή ενέργεια για τη λειτουργία των συσκευών και για να φορτίσουν τις μπαταρίες.

B) Αν η ενέργεια από τα Φ/Β καλύπτει όλες τη ανάγκες και περισσεύει για να τροφοδοτήσει το δίκτυο

Γ) Και τέλος αν η παραγόμενη ενέργεια από τα Φ/Β είναι ανεπαρκής, οι μπαταρίες είναι αποφορτισμένες και η κατανάλωση ενέργειας γίνεται απευθείας από το δίκτυο

Οι τεχνικές βελτιστοποίησης με ευρετικούς αλγόριθμους¹⁶ εξυπηρετούν καλύτερα τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και ιδιαίτερα όταν περιλαμβάνουν εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά ευρετικών αλγορίθμων τέτοιων εφαρμογών:

¹⁴ Βλ. [11]

¹⁵ Βλ. [11]

¹⁶ Βλ. [12]

1) Είναι ανεξάρτητες από τη φύση του στόχου, δηλαδή, λύνουν σύνθετα προβλήματα γραμμικού, μη γραμμικού, συνεχούς και διακριτού χρόνου, σε αντίθεση με τις συμβατικές τεχνικές.

2) Είναι εμπνευσμένες από τη φύση και αξιοποιούν και ερευνούν αποτελεσματικά τον χώρο αναζήτησης.

3) Συντονίζονται για καλύτερη απόδοση και μπορούν να συνδυαστούν με άλλους αλγόριθμους για το σχεδιασμό περίπλοκων συστημάτων.

4) Έχουν γρήγορους ρυθμούς. Οδηγώντας στο αποτέλεσμα - λύση γρηγορότερα από ότι στις συμβατικές τεχνικές βελτιστοποίησης. Επίσης, αυτοί οι αλγόριθμοι μένουν σε ένα τοπικό βέλτιστο και δεν μπορούν να υποστηρίξουν μια ολοκληρωμένη βέλτιστη λύση. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί με: (i) την πολλαπλή επανάληψη του αλγορίθμου και επιλογή της βέλτιστης λύσης και (ii) μια νέα καλύτερη ρύθμιση των παραμέτρων του αλγορίθμου. Ακολουθεί μια περίληψη αυτών των αλγορίθμων.

Γενετικός αλγόριθμος (GA)

Το GA στηρίζεται στη θεωρία του Δαρβίνου για την «επιβίωση του ισχυρότερου» και πιο συγκεκριμένα στο φαινόμενο της γενετικής μετάλλαξης. Ένα GA εξετάζει πολλαπλές πιθανές λύσεις σε κάθε επανάληψη σε αντίθεση με τις συμβατικές τεχνικές όπου ερευνούν μια και μόνη λύση. Έτσι μπορεί να επεξεργαστεί πολύπλοκα προβλήματα με αποτελεσματικό τρόπο. Διαχωρίζεται σε τρία βήματα, τον ορισμό του πλήθους, την αξιολόγηση και τη δημιουργία νέου πλήθους. Αυτά είναι τα τρία κύρια βήματα για την επίτευξη της καλύτερης λύσης σε αυτόν τον αλγόριθμο.

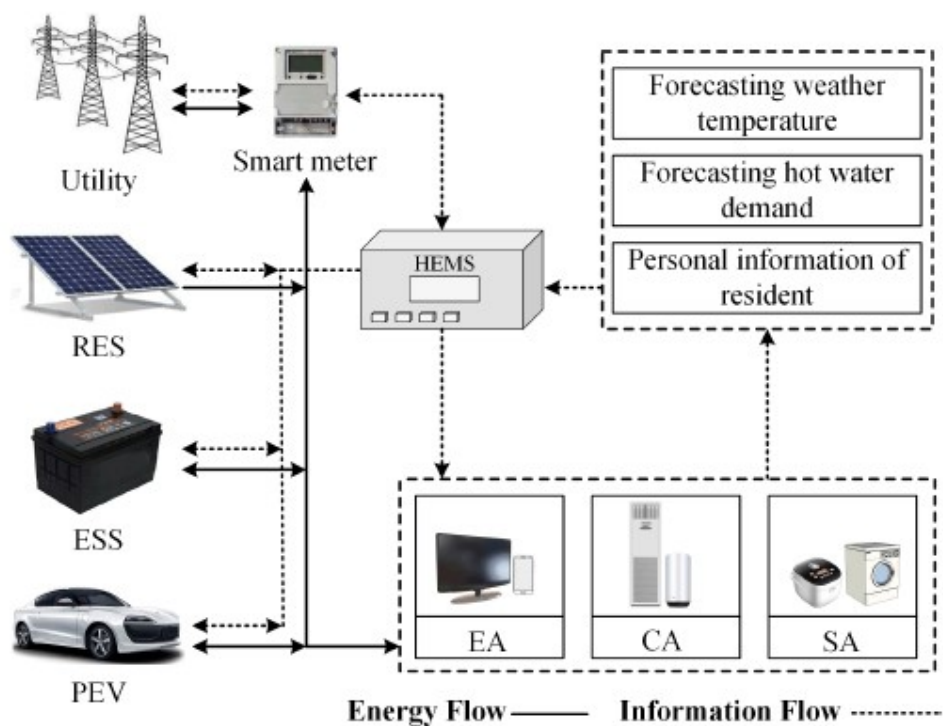
Βελτιστοποίηση Γκρι Λύκου (GWO)

Πρόκειται για μια τεχνική βελτιστοποίησης νοημοσύνης σμήνους που βασίζεται στην κυνηγετική συμπεριφορά και ιεραρχία των λύκων. Συγκεκριμένα, οι λύκοι χωρίζονται σε τέσσερις τάξεις: άλφα (α), βήτα (β), γάμα (γ) και δέλτα (δ). Οι α είναι ηγέτες, οι β & δ είναι υπαρχηγοί ενώ οι γ είναι οι πιο αδύναμοι χωρίς δικαιώματα ηγεσίας. Στα HEMS, η κατηγορία α συμβάλει στη μείωση κόστους, με τη μικρότερη δυνατή τιμή να είναι η λύση του α . Τα κύρια βήματα είναι ο ορισμός του πλήθους, η αναζήτηση εξερεύνηση, η εκμετάλλευση και το κυνήγι.

Υβρίδιο Γενετικού Αλγορίθμου και βελτιστοποίηση Γκρι Λύκου (HGWGA)

Το HGWGA συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των GWO και GA. Αρχικά πραγματοποιείται το GWO και μετέπειτα εκτελείται το GA. Ο συνδυασμός εφαρμογής των δυο αλγορίθμων έχει ως αποτέλεσμα την εύρεση καλύτερων λύσεων.

Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά ένα μοντέλο ενός έξυπνου σπιτιού¹⁷.



Εικόνα 6.: Η δομή της ροής ενέργειας ενός έξυπνου σπιτιού. (Πηγή: Smart Home Energy Management Optimization Method Considering Energy Storage and Electric Vehicle¹⁸)

Το σύστημα περιλαμβάνει, (ESS) σύστημα αποθήκευσης, (PEV) ηλεκτρικό όχημα με δυνατότητα φόρτισης, οικιακά συστήματα ESS-to-Home (ESS2H) και Vehicle-to-Home (V2H), αντίστοιχα. Για τον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό οι διάφορες οικιακές συσκευές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι οι συσκευές ψυχαγωγίας (EA), όπως smartphone, τηλεόραση και υπολογιστής. Τα φορτία EA μπορούν να λάβουν επαρκή ενέργεια σε κάθε χρονοθυρίδα λόγω των αναγκών ψυχαγωγίας του χρήστη. Δεύτερη είναι οι περιορισμένες συσκευές (CA), οι οποίες μπορούν να προγραμματιστούν υπό την προϋπόθεση της ικανοποίησης των απαιτήσεων άνεσης του χρήστη, όπως κλιματισμός και ηλεκτρικός θερμοσίφωνας. Και τρίτη είναι οι προγραμματισμένες συσκευές (SA), όπως το πλυντήριο ρούχων και το πλυντήριο πιάτων. Με βάση την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας και τους απαραίτητους περιορισμούς, το HEMS θα βρει το βέλτιστο σχέδιο λειτουργίας για τα φορτία SA.

Στη συνέχεια, διαμορφώνονται αντίστοιχα συσκευές στη δομή ροής ενέργειας του έξυπνου σπιτιού.

¹⁷ Βλ. [13]

¹⁸ Βλ. [13]

1) ΦΟΡΤΙΑ CA

Τα φορτία CA σχετίζονται στενά με τις απαιτήσεις θερμοκρασίας άνεσης του κατοίκου - χρήστη. Οι θερμοκρασίες που λαμβάνονται κυρίως υπόψη είναι η εσωτερική θερμοκρασία και το ζεστό νερό μέσω κάποιων μαθηματικών τύπων.

2) ΦΟΡΤΙΑ SA

Σε όλα τα φορτία SA, προστίθεται περιορισμός για την εγγύηση του χρόνου ζωής της λειτουργίας τους. Ο περιορισμός τίθεται μέσω μαθηματικών μοντέλων σε φορτία SA, όπως πλυντήριο και πλυντήριο πιάτων, για να διατηρήσουν τη συνέχεια λειτουργίας τους

3) ESS

Η φόρτιση και αποφόρτιση του ESS μπορεί να είναι συνδυασμένο με το πλεόνασμα ενέργειας ή ανεπάρκειά, προσφέροντας ευελιξία στο HEMS. Οι λειτουργικοί περιορισμοί του ESS είναι οι ανώτεροι και κατώτερα όρια χωρητικότητας και μέγιστης ισχύος φόρτισης και αποφόρτισης.

4) PEV

Το PEV χρησιμοποιείται ως ένας φθηνός τρόπος αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας

5) ΔΙΚΤΥΟ

Το HEMS διαχειρίζεται την ανταλλαγή ενέργειας με το δίκτυο κοινής ωφέλειας - πάροχο. Το HEMS έχει τη δυνατότητα μετατόπισης των φορτίων σε χρονική περίοδο εκτός της περιόδου αιχμής για την αποφυγή της πιθανότητας υπερφόρτωσης και βλαβών σε τοπικές γραμμές διανομής καθώς και της μείωσης κόστους

ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΤΟΧΟΥ

Είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους και η μείωση κατανάλωσης ενέργειας με τη χρήση μιας συνάρτησης.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

Με τις παραπάνω παραμέτρους προγραμματίζονται τα βήματα του αλγορίθμου του HEMS συνδυάζοντας σύστημα φωτοβολταϊκών, αποθήκευσης ενέργειας και ηλεκτρικού αυτοκίνητου.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Έπειτα ακολουθεί μεθοδολογία βελτιστοποίησης του συστήματος. Μια απλουστευμένη μορφή αυτής της μεθοδολογίας είναι: α) εκκίνηση του αλγορίθμου, β) εισαγωγή των αρχικών δεδομένων, γ) προσθήκη παραμέτρων – περιορισμών, δ) βελτιστοποίηση των φορτίων περιορισμένων συσκευών (CA), ε) υπολογισμός κόστους συνδυάζοντας την συνάρτηση στόχου, τους περιορισμούς και τη στρατηγική ζ) εύρεση της βέλτιστης λύσης η) εκ νέου

προγραμματισμός της παραγωγής και κατανάλωσης της ενέργειας με βάση τη βέλτιστη λύση
θ) τερματισμός του αλγορίθμου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Κατανάλωση Ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Στατιστικό Άρθρο, 2019, Eurostat, διαθέσιμο από:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview

[2] Κατανάλωση Ενέργειας σε Νοικοκυρία, Στατιστικό Άρθρο, 2019, Eurostat, διαθέσιμο από:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households#Energy_consumption_in_households_by_type_of_end-use

[3] Juan José Cartelle Barros, Fernando de Llano Paz, Manuel Lara Coira, María Pilar de la Cruz López, Alfredo del Caño Gochi, Isabel Soares, New approach for assessing and optimising the environmental performance of multinational electricity sectors: A European case study, Τόμος 268, 2022, Energy Conversion and Management, διαθέσιμο από:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890422008159>

[4] Jiaming Zhang, Xu Tian, Wei Chen, Yong Geng, Jeffrey Wilson, Measuring environmental impacts from primary and secondary copper production under the upgraded technologies in key Chinese enterprises, Επιστημονικό Άρθρο, Τόμος 96, 2022, Environmental Impact Assessment Review, διαθέσιμο από:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925522001214>

[5] Renewable energy on the rise: 37% of EU's electricity, Άρθρο, 2022, Eurostat, διαθέσιμο από:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220126-1>

[6] Helia Zandi, Teja Kuruganti, Edward A Vineyard, David Fugate, Energy Management Systems An Overview, Συνέδριο, 2019, Oak Ridge National Laboratory, διαθέσιμο από:

<https://www.osti.gov/servlets/purl/1423114>

[7] Joaquim Leitão, Paulo Gil, Bernardete Ribeiro, Alberto Cardoso, A Survey on Home Energy Management, IEEE Access, Τόμος 8, σ. 5699 – 5722, 2020, διαθέσιμο από:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8948036>

[8] Gabriele Lobaccaro, Salvatore Carlucci, Erica Löfström, A Review of Systems and Technologies for Smart Homes and Smart Grids, 2016, Energy Efficient Building Design 2016, διαθέσιμο από:

<https://www.mdpi.com/1996-1073/9/5/348>

[9] Hussain Shareef, Maythsm S. Ahmed, Azah Mohamed, Eslam Al Hassan, Review on Home Energy Management System Considering Demand Responses Smart Technologies and Intelligent Controllers, IEEE Access, Επιστημονικό Άρθρο, 2018, Τεύχος 6, σ. 24498 – 24509, διαθέσιμο από:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8352822>

[10] Altaf Q. H. Badar, Amjad Anvari-Moghaddam, Smart home energy management system – a review, Τόμος 16, Τεύχος 1, 2022, Advances in Building Energy Research, διαθέσιμο από:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17512549.2020.1806925>

[11] Fathia Chekired, Zoubeyr Smara, Achour Mahrane, Madjid Chikh, Smail Berkane, An energy flow management algorithm for a photovoltaic solar Home, Τόμος 111, σ. 934-943, 2017, Energy Procedia, διαθέσιμο από:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217302898>

[12] Muhammad Muzaffar Iqbal, Malik Intisar Ali Sajjad, Salman Amin, Shaikh Saaqib Haroon, Rehan Liaqat, Muhammad Faisal Nadeem Khan, Muhammad Waseem, Muhammad Athar Shah, Optimal Scheduling of Residential Home Appliances by Considering Energy Storage and Stochastically Modelled Photovoltaics in a Grid Exchange Environment Using Hybrid Grey Wolf Genetic Algorithm Optimizer, applied sciences MDPI, 2019, διαθέσιμο από:

<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/23/5226/htm>

[13] Xuan Hou, Jun Wang, Tao Huang, Tao Wang, Peng Wang, Smart Home Energy Management Optimization Method Considering Energy Storage and Electric Vehicle, Άρθρο, Τόμος 7, σ. 144010 - 144020, 2019, IEEE Access, διαθέσιμο από:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8854204>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΤΙΤΛΟΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ