ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

« Clustering algorithm for data network in planning Smart Grid »

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Ελευθεριάδου Χριστίνας

Επιβλέπων: ***Βέργαδος Δημήτριος***
Επίκουρος Καθηγητής

Καστοριά, 03 / 202

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

« Clustering algorithm for data network in planning Smart Grid »

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Ελευθεριάδου Χριστίνας

Επιβλέπων: ***Βέργαδος Δημήτριος***
Επίκουρος Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 21/3/2023

.....	.....	.....
Δημήτριος Βέργαδος	*Σπυρίδων Νικολάου*	*Ιωάννης Βαρδάκας*
Επίκουρος Καθηγητής	*Λέκτορας*	*Αναπληρωτής Καθηγητής*

Καστοριά, 03 / 2023

Copyright © Ελευθεριάδου Χριστίνα, 2023.
Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου Δημήτριο Βέργαδο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας.
Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους δικούς μου ανθρώπους οι οποίοι ήταν δίπλα μου σε κάθε δύσκολη στιγμή.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στην Μηχανική Πληροφορικής στο ΤΕΙ Καστοριάς και επικεντρώνεται στην επείγουσα ανάγκη για τον εκσυγχρονισμό του δικτύου ενέργειας με την ενεργή συμμετοχή διαφόρων εταιρειών. Η διατριβή εξετάζει διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα έξυπνα δίκτυα και αναλύει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Στόχος της διατριβής είναι η ανάπτυξη ενός εικονικού δικτύου ενέργειας, που θα αποτελείται από μια πηγή ενέργειας και μια μπαταρία. Η πηγή ενέργειας φορτίζει την μπαταρία, η οποία, στη συνέχεια, τροφοδοτεί το εικονικό δίκτυο. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι επιτρέπει την αποτελεσματική διανομή ενέργειας σε όλο το δίκτυο, με αποτέλεσμα πιο αξιόπιστη και σταθερή παροχή ενέργειας.

Η ανάπτυξη του κώδικα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Python. Ο κώδικας διαβάζει δύο λίστες τιμών, μια που αφορά την κατανάλωση των χρηστών και μια άλλη που αφορά την παραγωγή ενέργειας. Με βάση αυτές τις τιμές, ο κώδικας υπολογίζει τη διαθεσιμότητα του κυκλώματος για μια περίοδο 24 ωρών. Οι τελικοί χρήστες ενημερώνονται για τη διαθεσιμότητα του κυκλώματος μέσω εξαγωγής διαγραμμάτων.

Συνολικά, η διατριβή παρέχει αξιόλογες πληροφορίες για την ανάπτυξη σύγχρονων δικτύων ενέργειας και υπογραμμίζει τα πλεονεκτήματα των εικονικών δικτύων ενέργειας στη διασφάλιση της αποτελεσματικής διανομής ενέργειας. Επισημαίνει τη σημασία της συνεργασίας διαφόρων εταιρειών για την επίτευξη αυτού του στόχου και θέτει τις βάσεις για μελλοντικές έρευνες σε αυτό το πεδίο.

Λέξεις Κλειδιά:
Έξυπνο δίκτυο, Python

Abstract

This thesis represents the culmination of my studies in Computer Engineering at the TEI Kastoria, and it focuses on the pressing need to modernize the energy grid with the active participation of various companies. The thesis examines various technologies used in smart grids and analyzes their benefits and limitations.

The primary objective of the thesis is to develop a virtual energy network consisting of a source of energy and a battery. The energy source charges the battery, which, in turn, powers the virtual network. The main benefit of this approach is that it allows for the efficient distribution of energy throughout the network, resulting in more reliable and stable energy supply.

The development of the code involved the use of the Python programming language. The code reads two lists of values, one pertaining to user consumption and the other related to energy production. Based on these values, the code calculates the circuit's availability for a 24-hour period. This information is then used to notify end-users of circuit availability through diagram exports.

Overall, the thesis provides valuable insights into the development of modern energy networks and highlights the benefits of virtual energy networks in ensuring efficient energy distribution. It underscores the importance of collaboration among various companies to achieve this goal and lays the groundwork for future research in this field.

Key words:
Smart Grid, Python

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων 8
Λίστα εικόνων....11
Εισαγωγή 12
1 Κεφαλαίο: Ιστορική Αναδρομή 13
1.1 Οι αρχές και ο σχεδιασμός του δικτύου ενέργειας. 13
1.2 Smart grid or Smarter Grid.... 13
1.3 Σύγκριση του παραδοσιακού δικτύου με το έξυπνο δίκτυο.... 15
1.5 Χρησιμότητα.... 16
1.6 Δραστηριότητες επίδειξης κυβερνητικού εργαστηρίου.... 16
1.7 Κέντρο Έρευνας Μηχανικής Ηλεκτρονικών Συστημάτων (PRERC) 16
1.8 Ινστιτούτο ερευνάς ηλεκτρικής ενέργειας (EPRI) 16
1.9 Ορισμός και χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου.... 17
1.10 Λειτουργίες του έξυπνου δικτύου 18
1.10.1 Διεπαφές των έξυπνων συσκευών.... 19
2 Κεφάλαιο: Επικοινωνία έξυπνων δικτύων και τεχνολογία μέτρησης 21
2.1 Επικοινωνία και μέτρηση 21
2.2 Παρακολούθηση, Μονάδες Μέτρησης Φασοθετών (PMU), Έξυπνοι μετρητές και Τεχνολογίες μέτρησης 23
2.2.1 Σύστημα Παρακολούθησης Ευρείας Περιοχής (WAMS) 24
2.2.2 Μονάδες Μέτρησης Φασοθετών (PMU).... 24
2.2.3 Έξυπνοι Μετρητές 24
2.2.4 Έξυπνες συσκευές.... 25
2.2.5 Υποδομή Προηγμένης Μέτρησης (ΥΠΜ) Advanced Metering Infrastructure (AMI) 25
2.3 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS AND GOOGLE MAPPING TOOLS)... 26
2.4 Σύστημα Πολλαπλών Πρακτόρων (ΠΠΣ).... 26
2.4.1 Πολυπρακτορικό Σύστημα για την υλοποίηση του έξυπνου δικτύου.... 27
2.4.2 Προδιαγραφές Πολυπρακτορικού Συστήματος 28
2.4.3 Μέθοδοι Πολυπρακτορικού Συστήματος 28
2.5 Σύγκριση μικροδικτύου (Micro grid)και έξυπνου δικτύου.... 29
2.6 Μικροδίκτυα (Micro grid) 29
2.6.1 Πλεονεκτήματα των μικροδικτύων 29

2.6.2 Μειονεκτήματα των μικροδικτύων. 30
2.6.3 Πως λειτουργεί ένα Μικροδίκτυο; 30
2.6.4 Έλεγχοι Μικροδικτύων 31
2.7 Ο ρόλος του Διαδικτύου των πραγμάτων (Internet Of Things) και του Έξυπνου Δικτύου για την ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης. 31
2.7.1 Ταξινόμηση πλατφόρμας IoT σε επίπεδο εφαρμογής 31
2.7.2 Ηλεκτρονική διακυβέρνηση με βάση το IoT 31
2.7.3 Βασική παραγωγή και υπηρεσίες IoT 32
2.7.4 Επιχειρηματικές υπηρεσίες IoT 32
2.7.5 Σύστημα Συμμετοχικής Ανίχνευσης (IMS) 32
2.7.6 Σύστημα παρακολούθησης άρδευσης κήπου 32
2.7.7 Υποστηρικτικές συσκευές για άτομα με αναπηρία 32
2.7.8 Υπηρεσίες IoT για έξυπνες πόλεις 33
3 Κεφάλαιο: Ανάπτυξη κώδικα 34
3.1 Α' Επιστημονικό Έγγραφο Περίληψη 34
3.2 Β' Επιστημονικό Έγγραφο Περίληψη 34
3.3 Τα Διάγραμμα ροής (flow diagrams) 35
3.4 Οι Υπολογισμοί μου σύμφωνα με το Α' Επιστημονικό άρθρο. 37
3.5 Επεξήγηση Παραμέτρων 39
3.6 Ορισμός του συντελεστή ισχύος 40
3.7 Μειονεκτήματα χαμηλού συντελεστή ισχύος 41
3.8 Αιτίες χαμηλού συντελεστή ισχύος 41
4 Κεφάλαιο: Python 42
4.1 Η ιστορία της γλώσσας προγραμματισμού Python 42
4.2 Τι είναι η Python 42
4.3 Αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά της Python 42
4.4 Βασικά γνωρίσματα προγραμματισμού της Python 43
4.5 Γιατί χρησιμοποίησα την Python για την ανάπτυξη του κώδικα μου 43
4.6 Ποιες βιβλιοθήκες χρησιμοποίησα για την ανάπτυξη του κώδικα μου 44
4.6.1 Pandas: Python Data Analysis Library 44
4.6.2 Τι είναι η βιβλιοθήκη Matplotlib στην Python 45
4.6.3 Τι είναι η βιβλιοθήκη Openpyxl στην Python 46
5 Κεφάλαιο: Πρακτικό υπόβαθρο 47
5.1 Ο στόχος του κώδικα 47
5.1.1 Επεξήγηση και ανάλυση του κώδικα 47
5.1.2 Προσομοιώσεις του εικονικού δικτύου ενέργειας 52

5.1.2.1 1η Αποτυχημένη προσομοίωση 52
5.1.2.2 2η Αποτυχημένη προσομοίωση 53
5.1.2.3 3η Αποτυχημένη προσομοίωση 54
5.1.2.4 4η Επιτυχημένη προσομοίωση 56
6 Κεφάλαιο: Συμπέρασμα και Μελλοντική πρόταση 57
6.1 Συμπέρασμα 57
6.2 Μελλοντική πρόταση 58
Βιβλιογραφία.....59

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1:Traditional grids vs. Smart Grids *15*
Εικόνα 3:Smart Grid Functions Πηγή:(https://www.researchgate.net/figure/Main-functions-of-a-smart-grid_fig2_353667007) *19*
Εικόνα 4: Phasor Measuring System (https://www.researchgate.net/figure/2-Conceptual-Diagram-of-a-Synchronized-Phasor-Measuring-System_fig2_2891721) *24*
Εικόνα 5: ΠΠΣ Αρχιτεκτονική *27*
Εικόνα 6:Πίνακας δεδομένων *38*
Εικόνα 7: Συντελεστής Ισχύος Σχήμα *40*
Εικόνα 8:Συντελεστής Ισχύος- Εξίσωση *40*
Εικόνα 9: Συντελεστής Ισχύος - Εξίσωση 1 ..... *40*
Εικόνα 10:Βιβλιοθήκη Pandas *44*
Εικόνα 11:Βιβλιοθήκη Matplot *45*
Εικόνα 13: Βιβλιοθήκη Openpyxl *46*

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται ο σχεδιασμός του πρώτου δικτύου ενέργειας στην Ελλάδα και πως εξελίχθηκε μέσα στις δεκαετίες. Στην συνέχεια, αναλύεται ο εκσυγχρονισμός του τωρινού ηλεκτρικού δικτύου, όπως και η επιτακτική ανάγκη για την ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων στο υπάρχον κύκλωμα, με την αρωγή των εταιρειών που σχεδίασαν δίκτυα πρώτης γενιάς.
Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η μετάδοση των δεδομένων και τα υφιστάμενα πρωτόκολλα επικοινωνίας που μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα έξυπνο δίκτυο. Έπειτα, επισημαίνονται οι τεχνολογίες μέτρησης που είναι υπεύθυνες για την ορθή λειτουργία ενός έξυπνου δικτύου μέσω γεωγραφικών συστημάτων και του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων (Multi-agent Systems) ΠΠΣ, οι οποίοι διευκολύνουν την διαδικασία παρακολούθησης του δικτύου. Επιπροσθέτως, γίνεται μία σύντομη αναφορά για τον ορισμό των μικροδικτύων, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προκύπτουν κατά την χρήση τους. Επίσης, παρουσιάζεται ο ρόλος του δικτύου των πραγμάτων (Internet Of Things) σε συνδυασμό με τα έξυπνα δίκτυα που έχει ως στόχο την καλύτερη οικονομική ανάπτυξη και βελτίωση της ποιότητα του τρόπου ζωής. Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο γίνεται επεξήγηση και η ανάπτυξη του κώδικα μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Python. Στο πέμπτο κεφάλαιο εμπεριέχονται οι προσομοιώσεις ενός εικονικού δικτύου με βάση τον προαναφερόμενο κώδικα. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο, προκύπτει το τελικό συμπέρασμα σύμφωνα με τον κώδικα και τις προσομοιώσεις. Επιπλέον γίνεται πρόταση για μελλοντική βελτίωση του υπάρχοντος εικονικού δικτύου.

1 Κεφαλαίο: Ιστορική Αναδρομή

1.1 Οι αρχές και ο σχεδιασμός του δικτύου ενέργειας.

Κατά τον 19ο αιώνα, η παραγωγή ενέργειας έφθασε στην Ευρώπη και στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η εισαγωγή του ηλεκτρισμού, του ατμού, της υδραυλικής ενέργειας και, ιδιαίτερα, του ανθρακαερίου, συνέβαλαν σημαντικά στην αλλαγή της ενεργειακής τοποθέτησης της εποχής. Ωστόσο, η πιο διαδεδομένη μορφή ηλεκτρισμού ήταν η φωτιστική. Στις πόλεις, χρησιμοποιούσαν δίκτυο αγωγών αερίων για να φωτίζουν τους δρόμους και τα σπίτια. Οι λάμπες διέθεταν αμυδρό φως, το οποίο, λόγω υπερφόρτωσης στην παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα, καταργήθηκε σταδιακά.

Στη δεκαετία του 1880 ο ηλεκτρισμός στέφθηκε νικητής έναντι των άλλων μορφών παραγωγής ενέργειας οι οποίες εξαιτίας των μειονεκτημάτων τους, απορρίφθηκαν. Στον ελλαδικό χώρο ο ηλεκτρισμός «έφτασε» το 1889 σύμφωνα με τα ιστορικά γεγονότα της ΔΕΗ ΑΕ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού), η «Γενική Εταιρεία Εργοληψίας » κατασκευάστηκε στην Αθήνα, στην οδό Αριστείδου την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .Το πρώτο κτήριο που φωτίστηκε ήταν τα Ανάκτορα κι έπειτα εξαπλώθηκε στο σημερινό ιστορικό κέντρο της πόλης. Το ίδιο χρονικό διάστημα η Θεσσαλονίκη ηλεκτροδοτείται, οι οποία βρίσκεται υπό οθωμανική κατοχή. Τον φωτισμό και την τροχοδρόμηση της πόλης αναλαμβάνει η «Βέλγικη εταιρεία» από τις τούρκικες αρχές όπου πραγματοποιήθηκε η κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, μετά από δέκα χρόνια εμφανίστηκαν, οι πολυεθνικές εταιρείες ηλεκτρισμού. Η Αμερικάνικη εταιρεία Thomson Huston με την συμμετοχή της εθνικής τράπεζας ιδρύουν την «Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία» που αναλαμβάνει την ηλεκτροδότηση μεγάλων πόλεων.

Ένα δίκτυο ηλεκτρισμού αποτελείται από τρία κύρια χαρακτηριστικά:

- Παραγωγή
- Διανομή
- Κατανάλωση

Το ηλεκτρικό δίκτυο αποτελείται από κεντρικούς σταθμούς οι οποίοι διασυνδέονται με υποσταθμούς μέσης τάσης, για τελικούς καταναλωτές. Η παραγωγή, η διανομή και η μεταφορά της ενέργειας γίνεται κατά κύριο λόγο μονοπωλιακά από δημόσιους φορείς οι οποίοι παρέχουν ισχύ και ο έλεγχος γίνεται μέσω από τις εγκαταστάσεις τους. Οι καταναλωτές δεν συμμετάσχουν καθ΄ όλη την διαδικασία ηλεκτροδότησης.

1.2 Smart grid or Smarter Grid

Τα τελευταία χρόνια, ο όρος Smart grid έχει καθιερωθεί στον κλάδο της ενέργειας και έχει γίνει ευρέως γνωστός στο ευρύ κοινό. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές αμφισημίες γύρω από την ονομασία αυτή, καθώς πολλοί θεωρούν ότι είναι κλισέ και πως τα περισσότερα ηλεκτρικά δίκτυα σήμερα έχουν στοιχεία έξυπνης λειτουργίας. Προκειμένου να αποφευχθεί η σύγχυση, η πρωταρχική ονομασία της τεχνολογίας ήταν "Intelligent Grid", η οποία χρησιμοποιήθηκε στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του κλάδου. Γενικά, η έννοια του έξυπνου δικτύου έχει πολλαπλούς ορισμούς και ερμηνείες, οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα και την περιοχή, καθώς και τους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τη βιομηχανία της ενέργειας. Ωστόσο, συνολικά, ένα έξυπνο δίκτυο αποτελείται από μια σειρά τεχνολογιών και διαδικασιών που επιτρέπουν στα ηλεκτρικά δίκτυα να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των καταναλωτών και των παραγωγών.

Σε κάθε περίπτωση, τα Smart grid επιδιώκουν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία για να βελτιώσουν τη λειτουργία του δικτύου ενέργειας, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, το κόστος και την ανάγκη για νέα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία των Smart grid

περιλαμβάνει συσκευές παραγωγής, αποθήκευσης, κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και αισθητήρες και συστήματα ελέγχου που συνδέονται μεταξύ τους μέσω δικτύων επικοινωνίας.

Τα Smart grid επιτρέπουν την αυτόματη ανταπόκριση στις μεταβαλλόμενες ανάγκες του δικτύου, δίνοντας τη δυνατότητα στους παραγωγούς να ρυθμίσουν την παραγωγή ενέργειας σύμφωνα με τη ζήτηση, ενώ παράλληλα επιτρέπουν την αποθήκευση και την ανάκτηση ενέργειας για χρήση στο μέλλον.

Τέλος, τα Smart grid παρέχουν στους καταναλωτές μεγαλύτερη ευελιξία και έλεγχο στην κατανάλωση ενέργειας, καθώς μπορούν να ελέγχουν την κατανάλωσή τους και να την προσαρμόζουν ανάλογα.

Είναι προφανές πως τα Smart grid αντικατοπτρίζουν ουσιώδη αλλαγή με τον τρόπο που σκέφτονται οι άνθρωποι την παραγωγή, την διανομή που χρησιμοποιούμε την ηλεκτρική ενέργεια και την ασφάλεια. Ενώ το ηλεκτρικό δίκτυο είναι θαυμάσιο σε τεχνικό σχέδιο μπορεί να είναι μια από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις, χρειάζεται να μετατραπεί σε ένα μοντέρνο δίκτυο. Η προσπάθεια των Smart grid έχει δρόμο να διανύσει και θα συνεχίσει την εξέλιξη που υπόσχεται, οδοιπόρος τους η οικονομία.
Ποιος ξέρει ποια θα είναι η τελική κατάσταση αυτών των προσπαθειών, αλλά φαίνεται να έχει έπαρση δυναμική για να επιφέρει σημαντική πρόοδο στην τεχνολογία και στον κλάδο στο σύνολό του.

Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι το ηλεκτρικό δίκτυο δεν είναι πραγματικά 'χαζό'. Το τρέχον ηλεκτρικό δίκτυο λειτουργεί με σύνθετα προγράμματα λογισμικού και ρουτίνες αυτοματισμού, προστατεύεται από το ρελέ με μικροεπεξεργαστή. Αν και αληθινό σε ορισμένα μέρη του κόσμου, η εξέλιξη της ηλεκτρικής υποδομής ήταν αργή, παρακωλύεται από την οικονομία, τα δημοσιογραφικά στοιχεία, την ρύθμιση και από πλήθος άλλων παραγόντων. Τι είναι παρόμοιο σε ολόκληρο τον πλανήτη, είναι οι προκλήσεις της λειτουργίας ηλεκτρικών συστημάτων για την παροχή ενέργειας με ασφάλεια και οικονομικά αποδοτική στους καταναλωτές. Οι άνθρωποι συγκρίνουν την υποδομή του ηλεκτρισμού με τον τομέα των τηλεπικοινωνίων χρησιμοποιώντας ως γνώση την αντιστοιχία: ''Ο Graham Bell δεν θα αναγνώριζε τα κινητά αν ήταν ζωντανός σήμερα, αλλά ο Thomas Edison ακόμα θα ήταν σε θέση να αναγνωρίσει την χρησιμότητα του ηλεκτρικού συστήματος εάν ήταν εν ζωή'' .Υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτήν την διαφορά, αλλά μόνο μια έχει ξεχωρίσει, διότι η υποδομή ηλεκτρισμού είναι τεράστια και δαπανηρή, η αντικατάσταση της δεν είναι τόσο γρήγορη όσο η υποδομή των τηλεπικοινωνίων. Η υποδομή ηλεκτρικής ενέργειας είναι απλώς περισσότερο εντατική.

Ο δεύτερος λόγος είναι ότι οι τηλεπικοινωνίες εξελίσσονται σε γρήγορο ρυθμό έναντι της ηλεκτρικής βιομηχανίας. Μπορεί κάνεις να υποστηρίξει ότι η σύγκριση της ηλεκτρικής ενέργειας με τις προσωπικές επικοινωνίες με γνώμονα τον καταναλωτή δεν είναι ιδίες. Συνήθως, οι καταναλωτές επιθυμούν επιπλέον χρεώσεις στο λογαριασμό τους για περισσότερες υπηρεσίες τηλεφωνίας ενώ για την ηλεκτρική ενέργεια ίσως θεωρούν τις επιπλέον χρεώσεις άσκοπες. Αυτό υποδεικνύει που βρίσκεται το SG. Χρειάζεται να επικεντρωθεί στους καταναλωτές όχι μόνο για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και την παροχή άλλων υπηρεσιών που είναι πιθανό να κεντρίσει το ενδιαφέρον του πελάτη. Σε μερικές περιοχές επικεντρώνονται στην προώθηση αξιόπιστων υπηρεσιών ή την παραγωγή ηλεκτρισμού που θα είναι διαθέσιμη σε περισσότερους ανθρώπους.

Η βιομηχανία ηλεκτρισμού ίσως δεν έχει αντιληφθεί ή εμπιστευθεί τα οφέλη που παρέχουν τα SG. Ο ηλεκτρολογικός κλάδος είναι ικανός να πραγματοποιήσει σημαντικά οφέλη μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνολογιών SG. Επομένως, η σκέψη μας πρέπει να είναι περισσότερο σύμφωνη με ένα πιο έξυπνο πλέγμα, όχι για να κάνουμε τα πράγματα πολύ διαφορετικά από την τρέχουσα πρακτική μας, αλλά για να τα κάνουμε πιο έξυπνα αναπτύσσοντας προηγμένες δυνατότητες. Αυτό υποδηλώνει ότι μοιραζόμαστε τις υποδομές επικοινωνιών, καλύπτουν τα κενά των προϊόντων και αξιοποιούν τις υπάρχουσες τεχνολογίες σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό, ενώ οδηγούν προς ένα υψηλότερο επίπεδο ολοκλήρωσης που θα πέτυχει συνεργασίες σε όλες τις εφαρμογές των επιχειρήσεων.

Οι πρωτοβουλίες για το δίκτυο SG αξιοποιούνται οδηγώντας στην ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών που επιταχύνουν τον ρυθμό τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να είναι διαδεδομένες και να βασίζονται στις πολύ αναγκαίες πλατφόρμες για λύσεις υψηλής απόδοσης για επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που έχουν στοιχηματίσει ισχυρισμούς ότι είναι οι πρώτοι με ένα έξυπνο δίκτυο. Ενώ οι ισχυρισμοί αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν έξυπνες τεχνολογίες, οι περισσότερες λύσεις

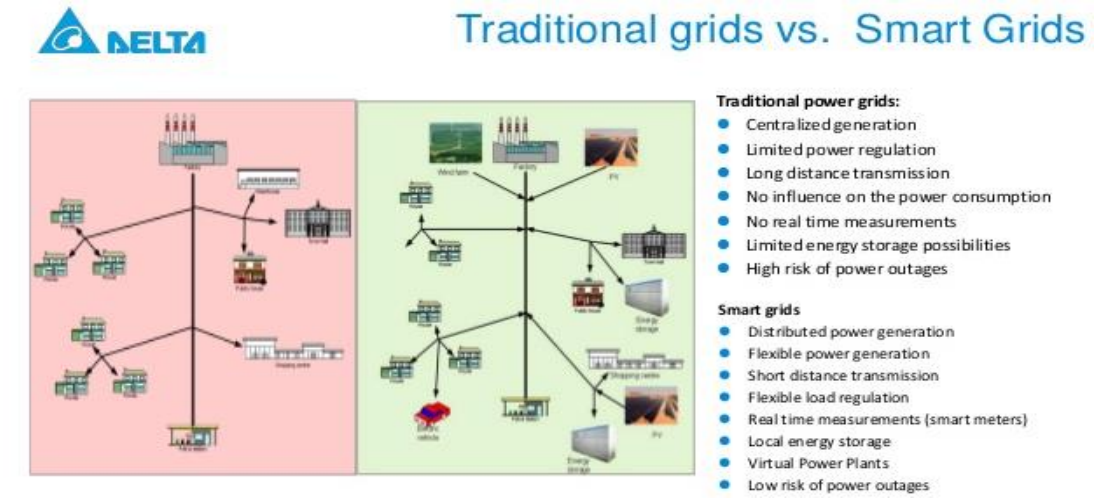
έξυπνων δικτύων επικεντρώνονται σήμερα στις απαιτήσεις μέτρησης και χρησιμοποιούν ένα πιλοτικό πρόγραμμα για να παρουσιάσουν μια τεχνολογία κάτω από το ευφυές πλέγμα το οποίο δεν είναι ένα προϊόν που εγκαθιστάτε και ενεργοποιείται την επόμενη μέρα.

Αντίθετα πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο σύνολό τεχνολογιών που καθιστούν εφικτή την καθαρή εξοικονόμηση κεφαλαίου, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Το έξυπνο δίκτυο είναι η ενσωμάτωση των υποδομών ηλεκτρικής ενέργειας και επικοινωνιών με προηγμένες τεχνολογίες αυτοματισμού και τεχνολογίας πληροφοριών στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο.

Το SG αντιπροσωπεύει μια πλήρη αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο οι εταιρείας κοινής ωφέλειας, οι πωλητές, οι πελάτες και άλλοι συμμετέχοντες στην βιομηχανία σκέφτονται την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και τις συναφείς υπηρεσίες. Αυτή η νέα διαδικασία σκέψης πιθανό θα οδηγήσει σε διαφορετικές τεχνολογίες και λύσεις SG, αλλά θα επωφεληθεί από μεγαλύτερη ολοκλήρωση του μηχανισμού και τις λειτουργίες και τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα.

Η επίτευξη των οφελών που προσφέρουν τα Smart Grids ενδέχεται να μην είναι εύκολη για όλες τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και τους καταναλωτές τους, καθώς απαιτούνται νέες λύσεις που θα επιτευχθούν μόνο εάν εφαρμοστούν νέες επιχειρησιακές στρατηγικές. Η παγκόσμια τοπική εθνική οικονομία θα χρησιμεύσουν ως ακρογωνιαίοι λίθοι οι επενδύσεις σε υποδομές SG και σε μεγαλύτερη χρήση ολοκληρωμένων επικοινωνιών και τεχνολογιών πληροφόρησης. Οι οδηγοί θα περιλαμβάνουν εθνικές και κρατικές πολιτικές κυβερνητικές οδηγίες και κίνητρα για να επιτρέψουν ενεργειακό συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης και ανάπτυξη έξυπνων υποδομών. Η χρηματοδότηση των κίνητρων και οι πρωτοβουλίες των χωρών έχουν έρθει και φύγει, τα επόμενα χρονιά θα δείξουν ποσό από τη σημερινή οργή και διαφημιστική εκστρατεία έχουν επηρεάσει τις επενδύσεις, την καινοτομία και τα εφικτά οφέλη από ένα “πιο έξυπνο δίκτυο΄.”

1.3 Σύγκριση του παραδοσιακού δικτύου με το έξυπνο δίκτυο



Εικόνα 1:Traditional grids vs. Smart Grids
Πηγή: (http://blog.zaremba.ch/2017/04/26/smart_grid_the_solar_power.html)

1.5 Χρησιμότητα

Η South California Edison (SCE) και άλλες εταιρείες κοινής ωφέλειας ανέλαβαν να επαναφέρουν τους μετρητές ηλεκτρονικής κατανάλωσης. Οι πωλητές το μετέφεραν σε ένα ανοικτό πρότυπο προηγμένης υποδομής μέτρησης. Η εν λόγω συνεισφορά οδήγησε στην τακτική βελτίωση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων όπως η εξυπηρέτηση του πελάτη, εξοικονόμηση ενέργειας και η οικονομική αποδοτικότητα. Η PEPCO Holdings εργάζεται σε προηγμένες υποδομές μέτρησης (AMI). Η τεχνολογία αυτή είναι αναπόσπαστο στοιχείο των smart grid. Τα χαρακτηριστικά που προτείνονται, εμπεριέχουν επενδύσεις και εφαρμογές καινοτόμων τεχνολογιών και πρωτοβουλιών για αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας, αυξημένες επιλογές τιμολόγησης και ανταπόκριση στην ζήτηση, μείωση του συνολικού ενεργειακού κόστους και κατανάλωσης, μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. [1]

1.6 Δραστηριότητες επίδειξης κυβερνητικού εργαστηρίου

Ένα μεγάλο μέρος της θεμελιώδους σκέψης πίσω από την έννοια του έξυπνου δικτύου προέκυψε από την Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) του DOE (Department of Energy) πριν από 20 χρόνια.

Στα μέσα της δεκαετίας του 80’, οι ερευνητές της PNNL σχεδίαζαν ήδη συστήματα συλλογής δεδομένων πρώτης γενιάς που εγκαταστάθηκαν σε περισσότερα από 1000 κτήρια για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Η PNNL ανέπτυξε μια ευρεία γκάμα αναλυτικών εργαλείων και τεχνολογιών που οδήγησαν σε καλύτερους αισθητήρες, βελτιωμένους διαγνωστικούς ελέγχους και βελτιωμένο σχεδιασμό, λειτουργία εξοπλισμού, από τη μέτρηση και τον έλεγχο των φασόρων στα επίπεδο μετάδοσης σε συσκευές ηλεκτρισμού. Τον Ιανουάριο του 2006, η PNNL ανακοίνωσε την πρωτοβουλία της GridWise, στόχος της οποίας ήταν η δοκιμή νέων τεχνολογιών ηλεκτρικού δικτύου. Αυτό το έργο επίδειξης περιλαμβάνει 300 ιδιοκτήτες σπιτιού στην Ουάσιγκτον και το Όρεγκον. Η GridWise Alliance διαχειρίζεται το πρόγραμμα GridWise στο Τμήμα Ηλεκτρισμού και Ενέργειας της DOE. Τα μέλη περιλαμβάνουν: Arena, GE (General Electric), IBM (International Business Machines), Schneider Electric, American Electric Power, Bonneville Power Administration, ConEd (Consolidated Edison), the PJM Interconnection, Battelle, SAIC, NexGen and Rockport Capital Partners. Το συμβούλιο αρχιτεκτονικής GridWise, ο πρωταρχικός υποστηρικτής του έξυπνου δικτύου, προωθεί τα πλεονεκτήματα της βελτίωσης της διαλειτουργικότητας μεταξύ των συστημάτων αυτοματισμού που απαιτούνται για την ενεργοποίηση εφαρμογών έξυπνων δικτύων. [1]

1.7 Κέντρο Έρευνας Μηχανικής Ηλεκτρονικών Συστημάτων (PRERC)

Το κέντρο έρευνας μηχανικών ηλεκτρικών συστημάτων (PRERC) αποτελείται από 13 πανεπιστήμια και βιομηχανικούς συνεργάτες που ασχολούνται με την έρευνα με σκοπό την επίλυση προβλημάτων δικτύου με την χρήση κρατικής τεχνολογίας. Η κατεύθυνση του PRERC είναι η ανάπτυξη νέων στρατηγικών και υπολογιστικών εργαλείων για πρακτικές λειτουργίας και σχεδιασμού που θα υποστηρίζουν ένα προσαρμοστικό, αξιόπιστο και σταθερό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.[1]

1.8 Ινστιτούτο ερευνάς ηλεκτρικής ενέργειας (EPRI)

Το ινστιτούτο έρευνας ηλεκτρικής ενέργειας (EPRI) και οι πανεπιστημιακές κοινοπραξίες έχουν αναπτύξει αρχιτεκτονική λογισμικού για την ανάπτυξη έξυπνων δικτύων. Τα εργαλεία αυτά εστιάζουν στην ανάπτυξη του τεχνικού πλαισίου του δικτύου μέσω της ενσωμάτωσης των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, των επικοινωνιών και των ηλεκτρικών συστημάτων ελέγχου. Το ευφυές λογισμικό της EPRI είναι ανοικτού τύπου, βασισμένη σε απαιτήσεις προσέγγισης για την ενσωμάτωση δικτύων δεδομένων

και εξοπλισμού, επιτρέπεται και την διαλειτουργικότητα μεταξύ προϊόντων και συστημάτων. Παρέχει μεθοδολογία, εργαλεία και συστάσεις για πρότυπα και τεχνολογίες για την χρησιμότητά κατά τον σχεδιασμό, τον προορισμό και την προμήθεια συστημάτων IT.[1]

Εταιρείες τεχνολογίας, πωλητές και κατασκευαστές

Η IBM είναι σημαντικός παράγοντας στην παροχή εξοπλισμού πληροφορικής (IT) για το έξυπνο δίκτυο σε παγκόσμιο επίπεδο. Το 2008, η IBM επιλέχθηκε για να υποστηρίξει την IT και υπηρεσίες για προγράμματα ενεργειακής απόδοσης ευφυούς δικτύου από την American Electric Power, Michigan Gas και Electric Consumer Energy. Η IBM λειτουργεί ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα για τα προγράμματα του Smart Grid, τα οποία αποσκοπούν στην αποδοτική χρήση ενέργειας. Τα έξυπνα ενεργειακά δίκτυα χαρακτηρίζονται από αυξημένη δυνατότητα παρακολούθησης, χρησιμοποιώντας σύγχρονη ολοκλήρωση δεδομένων και αναλυτικά στοιχεία. Αυτό τους δίνει τη δυνατότητα να υποστηρίξουν προηγμένη λειτουργία και έλεγχο του πλέγματος, της αλυσίδας παράδοσης ισχύος και λειτουργίες στρατηγικού σχεδιασμού υψηλής χρησιμότητας. Μερικά βασικά χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου είναι:

- Ο εξοπλισμός πλέγματος και τα περιουσιακά στοιχεία που περιέχουν ή παρακολουθούνται από έξυπνες IP συσκευές (ψηφιακοί επεξεργαστές).
- Τα ψηφιακά δίκτυα επικοινωνίας επιτρέπουν στις έξυπνες συσκευές να επικοινωνούν με ασφάλεια με την επιχείρηση κοινής ωφέλειας.
- Τα δεδομένα από τις έξυπνές συσκευές και πολλές άλλες πηγές είναι εδραιωμένες για την υποστήριξη της μετατροπής ανεπεξέργαστων δεδομένων σε χρήσιμες πληροφορίες μέσω προηγμένων αναλύσεων.
- Τα εργαλεία επιχειρηματικής ευφυίας και βελτιστοποίησης παρέχουν προηγμένη υποστήριξη, αποφάσεων τόσο στο αυτόματο όσο και στο ανθρώπινο εποπτικό πεδίο.[1]

1.9 Ορισμός και χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου

Ένας ορισμός πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Πίνακα αξιολόγησης της υγείας του δικτύου σε πραγματικό χρόνο.
- Πρόβλεψη συμπεριφοράς του δικτύου
- Προσαρμογή σε νέα περιβάλλοντα όπως κατανεμημένη πόροι και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Αντιμετώπιση τυχαίων ζητημάτων και η απόκριση στις έξυπνες συσκευές.
- Παρέχεται αυτοδιόρθωση, ανασύσταση και αποκατάσταση .
- Χειρισμός των απρόβλεπτων φορτίων και των συμμετεχόντων στην αγορά σε πραγματικό χρόνο.
- Δημιουργία πιο περίπλοκης διαδραστικής συμπεριφοράς με έξυπνες συσκευές.
- Πρωτόκολλά επικοινωνίας, τυποποιημένοι έξυπνοι αλγόριθμοι για την βελτίωση της επικοινωνίας και των συστημάτων μεταφοράς.

Σε αυτό το περιβάλλον, οι έξυπνες στρατηγικές ελέγχου θα αντιμετωπίζουν την συμφόρηση, την αστάθεια ή τα προβλήματα αξιοπιστίας. Το έξυπνο δίκτυο θα είναι ασφαλές στον κυβερνοχώρο ανθεκτικό και ικανό να διαχειριστεί δυσκολίες για όσο αφορά την ασφάλιση της αντοχής και αξιοπιστίας. Επιπλέον περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις για την ολοκλήρωση ανανεώσιμων πηγών, πόρων διανομής, απόκτηση πληροφοριών προς και από τις ανανεώσιμες πηγές και συνδεδεμένα (plug in) υβριδικά οχήματα.

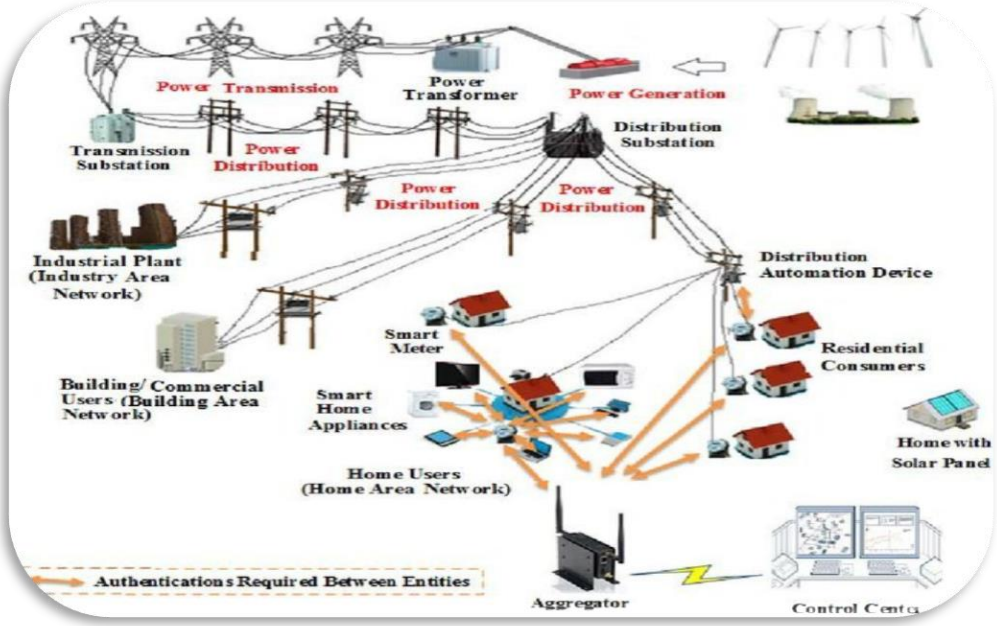
Οι νέες τεχνολογίες διασύνδεσης παρέχουν τα πρότυπα ροής δεδομένων και τις πληροφορίες σε επενδυτές και επιχειρηματίες που ενδιαφέρονται στην δημιουργία αγαθών και υπηρεσιών.
Έτσι ο ορισμός εργασίας γίνεται:

Το έξυπνο δίκτυο είναι ένα προηγμένο ψηφιακό αμφίδρομο σύστημα ισχύος, ικανό για αυτοθεραπεία και προσαρμοστική ανθεκτική, βιώσιμη, με προοπτική πρόβλεψης διαφορετικών

αβεβαιοτήτων, είναι εξοπλισμένο για διαλειτουργικότητα με σημερινά και μελλοντικά πρότυπα συστημάτων που είναι ασφαλή στον κυβερνοχώρο έναντι κακόβουλης επίθεσης.[1]

Τύποι αρχιτεκτονικής του έξυπνου δικτύου

Διάφοροι τύποι αρχιτεκτονικής έχουν προταθεί από τους διάφορους φορείς που εμπλέκονται στην ανάπτυξη του έξυπνου δικτύου 5G.



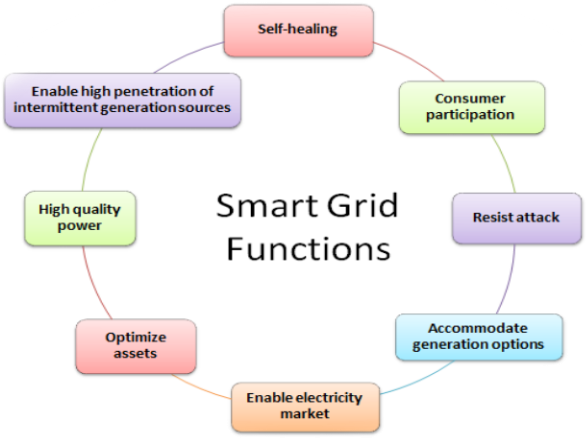
Εικόνα 2:Δυο τύποι αρχιτεκτονικής Smart grid
Πηγή:
(https://www.researchgate.net/profile/Wael_Labidi2/publication/332186713/figure/fig1/AS:743821067436034@1554352170944/Smart-grid-architecture.jpg)

Παρουσιάζονται δύο: Το ένα από αυτά είναι το DOE που απεικονίζεται στο σχήμα, το οποίο δείχνει πως το προτεινόμενο έξυπνο δίκτυο του DOE χωρίζεται σε εννέα τομείς:
Μετάδοση αυτοματισμού, αξιολόγησης κατάστασης συντονισμού συστήματος, λειτουργία συστήματος, διανομή αυτοματισμού, ανανεώσιμη ολοκλήρωση, ενεργειακή απόδοση, Η κατανεμημένη παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας απαιτούν δείκτες συμμετοχής, έξυπνες συσκευές PHEV και αποθήκευση.

Το σχήμα δείχνει το δεύτερο αρχιτεκτονικό πλαίσιο που χωρίζεται σε υποσυστήματα με επίπεδα ευφυίας και τεχνολογίας, νέα εργαλεία και καινοτομίες. Περιλαμβάνει μαζική παραγωγή ενέργειας, μετάδοση, διανομή και επίπεδο τελικού χρήστη στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

1.10 Λειτουργίες του έξυπνου δικτύου

Για το επίπεδο παραγωγής του συστήματος ισχύος οι έξυπνες βελτιώσεις θα επεκταθούν από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, για την βελτίωση της σταθερότητας και της αξιοπιστίας της γενιάς σε έξυπνους ελέγχους και το πλήθος παραγωγής που θα αποτελείτε από ανανεώσιμους πόρους. [1]



Εικόνα 2:Smart Grid Functions
Πηγή:(https://www.researchgate.net/figure/Main-functions-of-a-smart-grid_fig2_353667007)

1.10.1 Διεπαφές των έξυπνων συσκευών

Οι έξυπνες συσκευές παρακολούθησης και ελέγχου αποτελούν μέρος του πραγματικού κατασκευαστικού στοιχείου. Αυτοί οι πόροι πρέπει να ενσωματωθούν απρόσκοπτα στην λειτουργία τόσο κεντρικά κατανεμημένων όσο και περιφερειακών ενεργειακών συστημάτων. [1]

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας

Λόγω της μεταβλητότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και του διαχωρισμού της μέγιστης κατανάλωσης, είναι σημαντικό να βρεθούν τρόποι αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας για μεταγενέστερη χρήση. Οι επιλογές για τις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνουν αντλίες υδροηλεκτρικού ρεύματος, ροές μπαταριών, πεπιεσμένου αέρα, υπερ-αγώγιμη μαγνητική αποθήκευση ενέργειας, σούπερ πυκνωτές και ανεμογεννήτριες. Συσχετισμένοι μηχανισμοί αγοράς για το χειρισμό ανανεώσιμων πηγών, ενεργειακοί πόροι, κατανεμημένη παραγωγή, περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ρύπανση είναι απαραίτητα συστατικά σε επίπεδο παραγωγής.[1]

Στοιχεία μετάδοσης του υποσυστήματος

Το σύστημα μετάδοσης που συνδέει όλα τα μεγάλα κέντρα υποσταθμών και φορτίων αποτελεί τη ραχοκοκαλιά ενός ολοκληρωμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία σε προσιτό κόστος συνεχίζουν να είναι οι βασικοί στόχοι των σχεδιαστών και των διαχειριστών μετάδοσης. Οι γραμμές μετάδοσης πρέπει να αντέχουν δυναμικές αλλαγές στο φορτίο και στις επιπλοκές χωρίς διακοπές υπηρεσίας. Για να διασφαλιστεί η απόδοση, η αξιοπιστία και η ποιότητα των προτύπων παροχής, προτιμώνται μετά από επιπλοκές. Οι στρατηγικές για την επίτευξη απόδοσης έξυπνου δικτύου στο επίπεδο της μετάδοσης περιλαμβάνουν το σχεδιασμό αναλυτικών εργαλείων και προηγμένης τεχνολογίας με ευφυΐα για την ανάλυση της απόδοσης, όπως η δυναμική βέλτιστη ροή ισχύος, η εκτίμηση ισχυρής κατάστασης, η αξιολόγηση σταθερότητας σε πραγματικό χρόνο και τα εργαλεία προσομοίωσης [1]

Σύστημα διανομής του έξυπνου δικτύου

Το σύστημα διανομής είναι το τελικό στάδιο της μετάδοσης ισχύος στους τελικούς χρήστες. Οι πρωτογενείς τροφοδότες σε αυτό το επίπεδο τάσης, παρέχουν μικρούς βιομηχανικούς πελάτες και

δευτερεύοντες οι τροφοδότες διανομείς που προμηθεύουν οικιακούς και εμπορικούς πελάτες. Κατά το επίπεδο διανομής, τα έξυπνα συστήματα υποστήριξης θα έχουν δυνατότητες παρακολούθησης για αυτοματοποίηση, χρησιμοποιώντας έξυπνους μετρητές, συνδυασμούς επικοινωνίας μεταξύ καταναλωτών και ελέγχου, χρησιμοποιώντας διαχείριση ενέργειας και AMI. Η λειτουργία αυτοματισμού θα είναι εξοπλισμένη με ικανότητα αυτομάθησης, συμπεριλαμβανομένων των ενοτήτων για την ανίχνευση σφαλμάτων, την βελτιστοποίηση τάσης και μεταφοράς φορτίου, αυτόματη χρέωση, αποκατάσταση και επαναπροσδιορισμός τροφοδότη, τιμολόγηση πραγματικού χρόνου. [1]

Διαχείριση Ζήτησης

Επιλογές διαχείρισης από πλευράς ζήτησης και επιλογές ενεργειακής απόδοσης που αναπτύχθηκαν για αποτελεσματικά μέσα τροποποίησης της ζήτησης των καταναλωτών, για μείωση των λειτουργικών εξόδων από ακριβές γεννήτριες και προσθήκη χωρητικότητας. Οι επιλογές DSM παρέχουν μειωμένες εκπομπές στην παραγωγή καυσίμων, χαμηλότερο κόστος και συμβάλλουν στην αξιοπιστία της παραγωγής. Αυτές οι επιλογές έχουν συνολικό αντίκτυπο στη καμπύλη φορτίου. Ένα τυπικό πρωτόκολλο για παράδοση με αμφίδρομες πληροφορίες τεχνολογίας όπου απαιτείται. Επίσης, θα είναι δυνατή η σύνδεση και άμεση λειτουργία (Plug&play) σε πελάτες, κτίρια με έξυπνα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, ενεργειακά σπίτια, απαιτήσεις καθαρού αέρα και διεπαφές πελατών για καλύτερη ενεργειακή απόδοση . [1]

2 Κεφάλαιο: Επικοινωνία έξυπνων δικτύων και τεχνολογία μέτρησης

2.1 Επικοινωνία και μέτρηση

Επειδή μεγάλο μέρος των υφισταμένων συστημάτων και διανομής στις Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιεί παλαιότερη τεχνολογία ψηφιακής επικοινωνίας και ελέγχου, προηγμένα συστήματα επικοινωνίας για αυτοματισμό διανομής, όπως τα remote Terminal Unit (RTU) και SCADA, είναι υπο ανάπτυξη καθώς και τα καινοτόμα εργαλεία που θα είναι υπεύθυνα για την επικοινωνία των συσκευών στο σπίτι. Τέλος, τεχνολογίες υψηλής ταχύτητας, πλήρους ενσωματωμένη, αμφίδρομες τεχνολογίες επικοινωνίας θα επιτρέπουν στο έξυπνο δίκτυο να είναι δυναμικό, διαδραστικό και με δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.

Η τεχνολογία υπάρχει για την μέτρηση την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο στο έξυπνο δίκτυο και αυτή η τεχνολογία παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία των SG. Θέματα προτύπων υπηρεσίας ασφάλειας και διαλειτουργικότητας που αντιμετωπίζονται επηρεάζουν οπωσδήποτε την επικοινωνία. Υπάρχει ανάγκη για την τυποποίηση των προτύπων και των πρωτοκόλλων που θα επιβληθούν για την ασφάλεια της μετάδοσης κρίσιμων και εξαιρετικά ευαίσθητων πληροφοριών σύμφωνα με το επικοινωνιακό σχέδιο.

Επιπλέον, το περιβάλλον (plug & play) σύνδεσης και άμεσης λειτουργίας θα παρέχει ασφάλεια δικτύου με έξυπνους αισθητήρες, συσκευές ελέγχου και κέντρα ελέγχου προστασίας. Πιθανό να μπορούν να συμπεριληφθούν ασύρματες και ενσύρματες επικοινωνιακές τεχνολογιές όπως:

- Η Εναλλαγή Ετικετών Πολλαπλών Πρωτοκόλλων (MPLS): Προσφέρει υψηλή απόδοση στο δίκτυο τηλεπικοινωνιών για μετάδοση δεδομένων μεταξύ των κόμβων του δικτύου.
- Παγκόσμια διαλειτουργικότητα για πρόσβαση σε μικροκύματα (WiMax): Ασύρματες τηλεπικοινωνίες τεχνολογίας για μετάδοση δεδομένων από ένα σημείο σε πολλαπλά σημεία χρησιμοποιώντας την τεχνολογία δικτύου.
- Ευρυζωνική σύνδεση μέσω γραμμών ισχύος Broadband Over Power Lines(BPL): Μετάδοση δεδομένων μέσω των γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας.
- Wi-Fi: Συνήθως χρησιμοποιείτε από τοπικό ασύρματο δίκτυο.
- Πρόσθετες τεχνολογίες περιλαμβάνουν οπτικές ίνες, πλέγμα και φάσμα διασποράς πολλαπλών σημείων.

Τα πέντε χαρακτηριστικά έξυπνων δικτύων επικοινωνίας είναι:

- Υψηλό εύρος ζώνης.
- IP –ενεργή ψηφιακή επικοινωνία (IPV6 υποστήριξη).
- Κρυπτογράφηση.
- Υπηρεσία ασφάλειας.
- Υποστήριξη και ποιότητα υπηρεσιών Voice Over IP (VoIP).

Για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη επικοινωνία των υλικών και του λογισμικού, απαιτείται η διαμόρφωση πολλών τύπων τεχνολογιών και δικτύων. Ένα τοπικό δίκτυο LAN αποτελείται από δύο ή περισσότερα στοιχεία και έχει υψηλή χωρητικότητα αποθήκευσης δικτύου (File Server), το οποίο επιτρέπει σε κάθε υπολογιστή του δικτύου να έχει πρόσβαση στους κοινούς κανόνες.

Τα LAN με παρόμοιες αρχιτεκτονικές είναι οι γέφυρες που λειτουργούν ως σημεία μεταφοράς, ενώ τα LAN με διαφορετικές αρχιτεκτονικές είναι οι πύλες που μετατρέπουν δεδομένα καθώς περνούν μεταξύ συστημάτων.

Το LAN είναι μια τεχνολογία κοινής πρόσβασης, που σημαίνει ότι μοιράζονται όλες οι συνδεδεμένες συσκευές ένα κοινό μέσω επικοινωνίας, όπως ομοαξονικό καλώδιο, συνεστραμμένα ζεύγη ή καλώδιο οπτικών ινών. Μια συσκευή φυσικής σύνδεσης, η κάρτα διασύνδεσης δικτύου (Network Interface Card) διασυνδέεται με το δίκτυο. Το λογισμικό δικτύου διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών στο σύστημα. Τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα του LAN περιλαμβάνουν:

- Επιτρέπει στις έξυπνες συσκευές όπως συσκευές αποθήκευσης προγράμματος και αρχεία δεδομένων την κοινή χρήση πόρων, δηλαδή οι χρήστες LAN μπορούν να χρησιμοποιούν τον ίδιο εκτυπωτή που βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο. Οι βάσεις δεδομένων και το λογισμικό δεδομένων μπορούν να διαμοιραστούν σε πολλούς χρήστες.
- Το LAN περιορίζεται συνήθως σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή για παράδειγμα σε κτίρια γραφείων, πανεπιστημιουπόλεις κλπ.
- Κόστος και διαθεσιμότητα: Το λογισμικό εφαρμογών και οι συσκευές διασύνδεσης είναι προσιτές.
- Υψηλή ταχύτητα: Δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων με ρυθμούς εκατομμυρίων bits ανά δευτερόλεπτο.
- Ευελιξία: Ανάπτυξη/επέκταση σε χαμηλή πιθανότητα σφάλματος, ευκολία στη λειτουργία και την συντήρηση.

Το LAN έχει τρεις κατηγορίες για την μετάδοση των δεδομένων:

- Unicast transmission: Ένα μεμονωμένο πακέτο δεδομένων αποστέλλεται από την πηγή στον προορισμό του δικτύου.
- Multicast transmission: Μετάδοση πολλαπλής διανομής ενός πακέτου δεδομένων που αντιγράφεται και αποστέλλεται σε συγκεκριμένους κόμβους στο δίκτυο, στα πακέτα αναγράφεται η πηγή και χρησιμοποιεί τις διευθύνσεις πολλαπλής διανομής.
- Broadcast transmission: Ένα μεμονωμένο πακέτο δεδομένων αντιγράφεται και αποστέλλεται σε όλους τους κόμβους του δικτύου.

Οι τοπολογίες LAN καθορίζουν τον τρόπο οργάνωσης των συσκευών στο δίκτυο. Η αναφορά των πιο κοινών αρχιτεκτονικών δομών είναι:

- Bus topology
- Ring topology
- Star topology
- Tree topology

Οι συσκευές και το λογισμικό που χρησιμοποιούνται σε ένα τοπικό πρωτόκολλο είναι Ethernet /IEEE 802.3, Token Ring /IEEE 802.5 ή 880.2. Το δίκτυο πρόσβασης στο σπίτι HAN είναι ένα LAN που περιορίζεται σε ένα μεμονωμένο σπίτι. Επιτρέπει απομακρυσμένο έλεγχο από ψηφιακές συσκευές σε όλο το σπίτι. Έξυπνοι μετρητές, έξυπνες οικιακές συσκευές και παρακολούθηση μέσω δικτύου μπορούν να ενσωματωθούν σε αυτό το επίπεδο.

Το Neighborhood Area Network (NAN) είναι μια ασύρματη κοινότητα, κυρίως χρησιμοποιείται από τοπικές εφαρμογές διανομής. Στην ιδανική περίπτωση, θα καλύπτει μια περιοχή μεγαλύτερη από ένα LAN. Ορισμένες αρχιτεκτονικές δομές θα εστιάσουν στην ολοκλήρωση και διαλειτουργικότητα από τους διάφορους τομείς εντός του έξυπνου δικτύου.

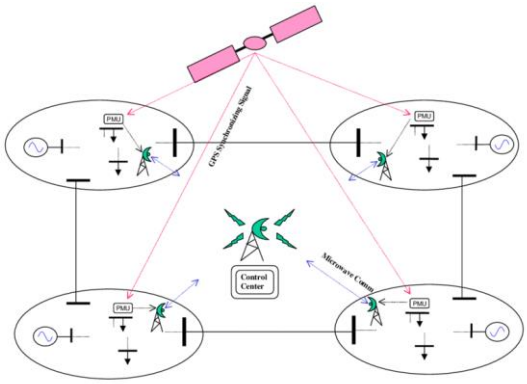
Οι τομείς αποτελούνται από ομάδες κτηρίων, συστήματα, άτομα ή συσκευές που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά επικοινωνίας:

- Η Bulk Generation (Μαζική Παραγωγή) περιλαμβάνει τη διεπαφή των υπηρεσιών της αγοράς, το σύστημα ελέγχου εγκαταστάσεων και τις γεννήτριες, αυτό το πεδίο αλληλεπιδρά με τους τομείς των λειτουργιών αγοράς και μετάδοσης μέσω ευρείας ζώνης δικτύων (WANs), υποσταθμών LAN και του διαδικτύου.
- Η Μετάδοση περιλαμβάνει τις συσκευές και τους ελεγκτές του υποσταθμού, τους συλλέκτες δεδομένων και την ηλεκτρική αποθήκευση. Αυτό το πεδίο αλληλεπιδρά με τη Μαζική Παραγωγή και τις λειτουργίες μέσω των WAN και των υποσταθμών LAN, ενώ ενσωματώνεται με τον τομέα της διανομής.
- Η Διανομή αλληλεπιδρά με τις λειτουργίες και τους πελάτες μέσω των Δικτύων Πεδίου (FANs).
- Ο Πελάτης περιλαμβάνει, τον εξοπλισμό του πελάτη, τη μέτρηση, τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS), την ηλεκτρική αποθήκευση, τις συσκευές κλιματισμού, τα PHEVs και άλλα παρελκόμενα.
- Οι Πάροχοι Υπηρεσιών περιλαμβάνουν τη δημόσια υπηρεσία και τους τρίτους παρόχους που αναλαμβάνουν την χρέωση, τις υπηρεσίες πελατών και άλλα παρελκόμενα, αυτό το πεδίο αλληλεπιδρά κυρίως με τις λειτουργίες και τους πελάτες μέσω του διαδικτύου.
- Οι Λειτουργίες περιλαμβάνουν τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS), το Σύστημα Διαχείρισης Πρόσβασης Web (WAMS) και το S DMU αισθητήρες SCADA, αυτό το πεδίο μπορεί να χωριστεί σε ISO/RTO, μετάδοση και διανομή.
- Η Αγορά περιλαμβάνει τους Φορείς Λεfιτουργίας Αγοράς (ISOs/RTOs), τους συσσωρευτές και άλλους συμμετέχοντες στην αγορά. [1]

2.2 Παρακολούθηση, Μονάδες Μέτρησης Φασοθετών (PMU), Έξυπνοι μετρητές και Τεχνολογίες μέτρησης

Τα έξυπνα δίκτυα απαιτούν αναβάθμιση των εργαλείων τους για την ανίχνευση των μετρήσεων για όλα τα επίπεδα του έξυπνου δικτύου. Αυτά τα στοιχεία είναι απαραίτητα για την παροχή ανίχνευσης διακοπής λειτουργίας και απόκρισης. Αξιολογεί την υγεία του εξοπλισμού και την ακεραιότητα του δικτύου, παρέχει προστασία ενέργειας, επιτρέπει την παρέμβαση των καταναλωτών (DSM) και διάφορες παρακολουθήσεις δικτύου.

Όσον αφορά τα μέτρα και τις διαστάσεις, οι νέες τεχνολογίες χρησιμοποιούν αμφίδρομη επικοινωνία, ένα σύνολο καταχωρήσεων (σήματα τιμολόγησης, τιμολόγια ημέρας, περικοπές για τον μετριασμό της συμφόρησης, οργάνωση της περιφερειακής μετάδοσης (RTO), ένα σύνολο αποτελεσμάτων (δεδομένα κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο, ποιότητα ισχύος), δυνατότητα σύνδεσης και αποσύνδεσης, διεπαφές με γεννήτριες, χειριστές δικτύου για βελτίωση της μέτρησης ισχύος. Αυτό διευκολύνει την αυξημένη χρήση των ψηφιακών συσκευών για τα μέτρα και τις διαστάσεις του δικτύου, προώθηση του ηλεκτρονικού μετρητή στο επίπεδο πελατών και εγκατάσταση του συστήματος παρακολούθησης ευρείας περιοχής (WAM's) για βελτιωμένη χρησιμότητα και προστασία. [1]



Εικόνα 3: Phasor Measuring System
Πηγή:(https://www.researchgate.net/figure/2-Conceptual-Diagram-of-a-Synchronized-Phasor-Measuring-System_fig2_2891721)

2.2.1 Σύστημα Παρακολούθησης Ευρείας Περιοχής (WAMS)

Τα WAMS έχουν σχεδιαστεί για την χρήση προγραμμάτων για βέλτιστη χωρητικότητα του δικτύου μετάδοσης για να αποφευχθεί η εξάπλωση των διαταραχών. Παρέχοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη σταθερότητα και τα λειτουργικά περιθώρια ασφάλειας, το WAMS ενημερώνουν έγκαιρα για πιθανές διαταραχές του σε ολόκληρο το σύστημα και την γρήγορη αποκατάστασή του. Τα WAMS χρησιμοποιούν αισθητήρες που διανέμονται σε όλο το δίκτυο σε συνδυασμό με δορυφορική πλοήγηση για ακριβή χρονική σήμανση μετρήσεων στο σύστημα μετάδοσης. Οι αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι θα διασυνδεθούν με το δίκτυο επικοινωνίας. Η μέτρηση φασοθετών είναι μια τρέχουσα τεχνολογία που είναι ένα δομικό στοιχείο των περισσότερων σχεδίων του Έξυπνου δικτύου. [1]

2.2.2 Μονάδες Μέτρησης Φασοθετών (PMU)

Οι μονάδες μέτρησης φασοθετών δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την πορεία του συστήματος ισχύος. Οι μετρήσεις που παρέχει είναι εξαιρετικής ακρίβειας από διαφορετικά σημεία του συστήματος ισχύος, ταυτόχρονα επιτρέπει σε έναν χειριστή να απεικονίσει την ακριβή γωνιακή διαφορά μεταξύ διαφορετικών τοποθεσιών. Επίσης, διαθέτουν και ρελέ προστασίας για καταγραφές βλαβών διαταραχής (Disturbance Fault Recorders (DFRs)). Τα PMU διασφαλίζουν τάση και ρεύμα με υψηλή ακρίβεια με ρυθμό 2,88 KHz. Μπορεί να υπολογίσει πραγματική ισχύ, άεργη ισχύ, συχνότητα και γωνία φάσης 12 φορές ανά 60 κύκλους hertz. Ο πραγματικός ρυθμός δειγματοληψίας που χρησιμοποιείται για την επίτευξη αυτής της εξόδου είναι 1,4 MHz. Οι τάσεις απαιτούν τώρα γρήγορους ελέγχους και διαδικτυακές εφαρμογές για τον περιορισμό της τάσης κατάρρευσης του συντομότερου χρόνου ελάχιστου κόστους. Με τα χρόνια, ερευνητές και μηχανικοί βρήκαν ότι τα PMU είναι κατάλληλα για παρακολούθηση και έλεγχο των PMU (σταθερότητας τάσης).[1]

2.2.3 Έξυπνοι Μετρητές

Οι έξυπνοι μετρητές έχουν δύο λειτουργίες: Παροχή δεδομένων σχετικά με τη χρήση ενέργειας στους πελάτες για τον έλεγχο του κόστους και της κατανάλωσης. Αποστολή δεδομένων στο βοηθητικό πρόγραμμα για την παραγωγή φορτίου ενέργειας, απαιτήσεις υψηλού φορτίου (Peak-loads) και ανάπτυξη στρατηγικών τιμολόγησης σχετικά με τις πληροφορίες κατανάλωσης και ούτω καθεξής. Η αυτόματη ανάγνωση δεδομένων είναι επιπλέον τόσο των έξυπνων μετρητών όσο και της αμφίδρομης επικοινωνίας

μεταξύ των πελατών και υπηρεσιών. Η ανάπτυξη των έξυπνων μετρητών έχει προγραμματιστεί για κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, νερού και φυσικού αερίου. Οι έξυπνοι μετρητές παρέχουν στους πελάτες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το πόσο πληρώνουν ανά κιλοβατώρα ανάλογα πως και πότε την χρησιμοποιούν την ενέργεια. Αυτό οδηγεί σε πιο ακριβή υπολογισμό και την εξασφάλιση ταχύτερης ανίχνευσης διακοπής ενέργειας με σκοπό την γρήγορη αποκατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου.

Πρόσθετες δυνατότητες όπως, αξιολόγηση ζήτησης–απόκρισης, φόρος πίστωσης, επιλογές τιμολογίων και συμμετοχή σε προγράμματα εθελοντικής φύσης με στόχο την μείωση της κατανάλωσης. Ακόμα, άλλες λειτουργίες περιλαμβάνουν απομακρυσμένη σύνδεση/αποσύνδεση χρηστών, συσκευή ελέγχου και παρακολούθησης, έξυπνος θερμοστάτης, βελτιωμένη παρακολούθηση δικτύου, εναλλαγή και προπληρωμένη μέτρηση.

Με κυβερνητική βοήθεια, έχει ξεκινήσει μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη έξυπνων μετρητών σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες. Ακαδημαϊκή συμμετοχή στην έρευνα και ανάπτυξη εργαλείων μέτρησης και τεχνικών για βελτίωσή της ανάλυσης δικτύου και τη χρήση του έξυπνου δικτύου. Έχουν πραγματοποιηθεί εξαγωγές αποτελεσμάτων από τους έξυπνους μετρητές για σταθερότητα τάσης, αξιολόγηση και βελτίωση της ασφάλειας.[1]

2.2.4 Έξυπνες συσκευές

Οι έξυπνες συσκευές ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται ως απόκριση σε σήματα που στέλνονται από το βοηθητικό πρόγραμμα. Οι συσκευές επιτρέπουν στους πελάτες να συμμετέχουν σε πρόγραμμα εθελοντικής απόκρισης, που παρέχει πιστώσεις για περιορισμένη χρήση ενέργειας σε περιόδους υψηλής ζήτησης ή όταν το πλέγμα είναι σε φόρτο. Μια λειτουργία υπερκάλυψης επιτρέπει στους πελάτες να ελέγχουν τις συσκευές τους μέσω του διαδικτύου.

Κλιματιστικά, θερμοσίφωνες, θερμοπομποί, ψυγεία, πλυντήρια και στεγνωτήρια καταναλώνουν το 20% της συνολικής ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Οι έξυπνες συσκευές έχουν ενσωματωμένο ένα τσιπ υπολογιστή που μπορεί να ανιχνεύσει διαταραχές στη συχνότητα ισχύος του δικτύου και να βγάλει τη συσκευή εκτός λειτουργίας σε ώρα αιχμής, μέχρι το δίκτυο να σταθεροποιηθεί.[1]

2.2.5 Υποδομή Προηγμένης Μέτρησης (ΥΠΜ) Advanced Metering Infrastructure (AMI)

Η ΥΠΜ είναι το σημείο ένωσης με το δίκτυο, της επικοινωνιακής υποδομής και της υποδομής υποστήριξης πληροφοριών. Το κεντρικό δίκτυο ΥΠΜ σε συνδυασμό με την έλλειψη σύνθετων απαιτήσεων ασφάλειας μεταξύ βιομηχανικών ΥΠΜ και την καθοδήγηση υλοποίησης, είναι το κύριο κίνητρο για την ανάπτυξη του. Τα πεδία προβλημμάτων που αφορούν μέσω ΥΠΜ είναι σχετικά νέα για την βιομηχανία κοινής ωφέλειας. Ωστόσο, υπάρχει προτεραιότητα για την εφαρμογή λύσεων μεγάλης κλίμακας, με επίκεντρο το δίκτυο με υψηλές απαιτήσεις διασφάλισης πληροφοριών. Οι βιομηχανίες καλωδίων και τηλεπικοινωνιών προσφέρουν πολλά παραδείγματα απαιτήσεων, προτύπων και βέλτιστων πρακτικών που είναι άμεσα εφαρμόσιμη για εφαρμογές ΥΠΜ.

Οι λειτουργίες της ΥΠΜ μπορούν να υποδιαιρεθούν σε τρείς σημαντικές κατηγορίες:

- **Market applications**: Εξυπηρετούν για την μείωση/εξάλειψη της εργασίας, των μεταφορών και των υποδομών κόστους που σχετίζεται με την ανάγνωση και τη συντήρηση του μετρητή, αυξάνει την ακρίβεια της χρέωσης, διευκολύνει ενημερωμένη συμμετοχή πελατών για την διαχείριση ενέργειας.
- **Customer applications**: Χρησιμεύει στην επίγνωση των πελατών για την μείωση του φορτίου, τα επιβλαβή οφέλη και βελτίωση των ταμειακών ροών. Όταν μια εφαρμογή είναι εύκολη στην χρήση και οι πελάτες μένουν ευχαριστημένοι τότε υπάρχει απόκριση στην ζήτηση και βελτίωση της απόδοσης του δικτύου.
- **Distribution Operations**: Σε περιπτώσεις ανάγκης περιορίζει το φορτίο του πελάτη όταν είναι επιτρεπτό, για την διαχείριση του δικτύου όταν συλλέγει δεδομένα, μειώνει τις απώλειες ενέργειας, βελτιώνει την απόδοση σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας με μειωμένη διάρκεια

διακοπής και βελτιστοποίηση του συστήματος διανομής και της διαχείρισης κατανεμημένης παραγωγής, παρέχει απόκριση έκτακτης ανάγκης.
Μια επέκταση του AMI θα είναι έξυπνοι μετρητές που χειρίζονται τη χρήση αερίου και νερού των πελατών.[1]

2.3 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS AND GOOGLE MAPPING TOOLS)

Το GIS είναι για τον έλεγχο της κοινότυπης ηλεκτρικής μετάδοσης - διανομής και των δικτύων τηλεπικοινωνίας. Διαθέτει διαχείριση πληροφοριών σχετικά με τα βοηθητικά στοιχεία για την συλλογή δεδομένων και συντήρηση.

Η εφαρμογή Google Earth με δυνατότητα λήψης από την Google προσφέρει στο χρήστη μια πλατφόρμα εύκολη στην χρήση, διευκολύνει τη μελέτη βάση έρευνας και ανάλυσης. Οι πελάτες θα είναι σε θέση να δημιουργήσουν και να μοιραστούν δυναμικά ενημερωμένα δεδομένα στο διαδίκτυο. Η γλώσσα Keyhole Markup Language (KML) έχει την δυνατότητα διαχείρισης διαφόρων τύπων δεδομένων όπως εικόνες, δεδομένα σημείου, διανύσματα και πολύγωνα. Μέσα από τις χαρτογραφικές εικόνες μας δίνεται η δυνατότητα εξέτασης της συνδεσμολογίας του δικτύου. Η ενσωμάτωση του GIS στο Google Earth ή αλλά εργαλεία χαρτογράφησής θα βοηθήσουν στη σχέση του δικτύου με τα περίχωρά του, προσδιορίζοντας την βέλτιστη σωστή τοποθεσία των αισθητήρων και ούτω καθεξής. Η τεχνολογία GIS θα παρέχει μερικά πλαίσια για χειριστές και σχεδιαστές, για παράδειγμα αισθητήρες πραγματικού χρόνου που συλλέγουν δεδομένα τα οποία χρειάζονται αναδιαμόρφωση από πλευράς του δικτύου, για την μείωση των διακοπών και των βλαβών του εξοπλισμού.

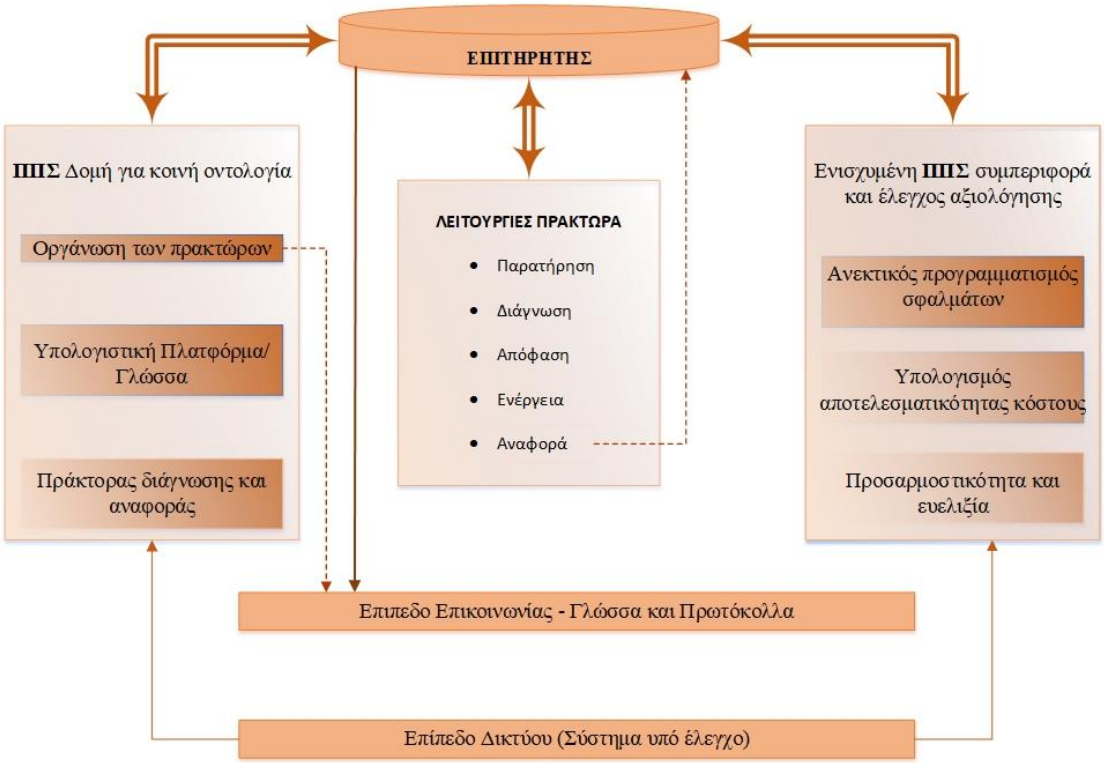
Οι τάσεις στην ανάπτυξη του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και η προσδοκία του για την μελλοντική ζήτηση προτείνει τις ακόλουθες ανάγκες:

- Μείωση του χρόνου διακοπής.
- Αποτροπή κλοπής ηλεκτρικού ρεύματος που προκαλεί σοβαρές απώλειες.
- Αποτελεσματικό σύστημα συλλογής δεδομένων και χρέωσης.
- Επέκταση υπηρεσιών για πελάτες.
- Αποτελεσματική διαχείριση περιουσιακών στοιχείων.
- Βελτίωση της αξιοπιστίας, όπως SAIDI (Μέση διάρκεια διακοπής συστήματος, ευρετήριο) και SAIFI (Δείκτης συχνότητας διακοπής μέσου συστήματος) για δίκτυα διανομής.
- Βελτίωση της ανάλυσης των αρχείων παραπόνων πελατών.
- Βελτίωση της ανάλυσης ποιότητας της ροής φορτίου, της μελέτης σφαλμάτων για ρεύμα και αναμενόμενα προβλήματα.[1][2]

2.4 Σύστημα Πολλαπλών Πρακτόρων (ΣΠΠ)

Το Σύστημα Πολλαπλών Πρακτόρων (ΣΠΠ) είναι ένα υπολογιστικό σύστημα στο οποίο διάφοροι παράγοντες συνεργάζονται για την επίτευξη ενός επιθυμητού έργου. Η απόδοση του ΣΠΠ μπορεί να αποφασιστεί από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων πρακτόρων. Οι πράκτορες συνεργάζονται για να επιτύχουν περισσότερα από ό,τι αν ενεργούν ξεχωριστά. Τα ΣΠΠ είναι η πρώτη επιλογή για την ανάπτυξη κατανεμημένων συστημάτων. Η διαδικασία παρακολούθησης και μέτρησης στο περιβάλλον έξυπνου δικτύου μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση της αρχιτεκτονικής ΣΠΠ. Το ΣΠΠ έχει χρησιμοποιηθεί ως συσκευή ανίχνευσης, διάγνωσης και στο σύστημα παρακολούθησης. Τέτοιες αρχιτεκτονικές χρησιμοποιούν μια συλλογή πρακτόρων, όπως Arbitrator Agents (AA), Παράγοντες παρακολούθησης συστήματος (SMA), Παράγοντες ανίχνευσης βλαβών (FDA), Πράκτορες Διάγνωσης (DA), ένας πράκτορας ευρετηρίου κρίσης (JIA) και ένας παράγοντας προγραμματισμού (SA). Οι πράκτορες διαχειρίζονται τις

πληροφορίες ούτως ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται συνέχεια για να μπορεί το σύστημα να διαχειριστεί τις διάφορες συνθήκες άμεσα.[1]



Εικόνα 4: ΠΠΣ Αρχιτεκτονική

2.4.1 Πολυπρακτορικό Σύστημα για την υλοποίηση του έξυπνου δικτύου

Στο τρέχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας εφαρμόζονται προηγμένες τεχνολογίες ανίχνευσης, μεθόδους ελέγχου και ολοκληρωμένες επικοινωνίες σε επίπεδο μεταφοράς και διανομής. Το έξυπνο πλέγμα αναμένεται να έχει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

- Αυτοθεραπεία
- Φιλικό προς τον καταναλωτή
- Ανθεκτικό σε επιθέσεις
- Παροχή εκσυγχρονισμένης ποιότητας ισχύος
- Προσαρμογή επιλογών παραγωγής και αποθήκευσης
- Ενεργοποίηση αγορών

Κεντρικό στοιχείο της λειτουργίας οποιουδήποτε συστήματος ισχύος είναι η αρχιτεκτονική ελέγχου που αποτελείται από πρωτόκολλα υλικού και λογισμικού για την ανταλλαγή κατάστασης συστήματος και σημάτων ελέγχου. Σε συμβατικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, αυτό επιτυγχάνεται με το SCADA. Οι τάσεις ελέγχου και παρακολούθησης των λειτουργιών του συστήματος κινούνται προς τη χρήση του MAS. Ένα σύστημα πολλαπλών παραγόντων είναι ένας συνδυασμός πολλών παραγόντων οπού ανατίθενται εργασίες για την επίτευξη του συνολικού στόχου του συστήματος. Το σύστημα πολλαπλών παραγόντων γίνετε ένα όλο και πιο ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη σύνθετων συστημάτων που εκμεταλλεύονται πλεονεκτήματα ιδιοτήτων όπως: αυτονομία, κοινωνικότητα, αντιδραστικότητα και προ-δραστηριότητα.

Το σύστημα πολλαπλών παραγόντων λειτουργεί αυτόνομα χωρίς την διαχείριση ανθρωπίνου δυναμικού. Υπάρχει επικοινωνία του συστήματος παραγόντων με τους πράκτορες μέσω μιας γλώσσας προγραμματισμού. Οι πράκτορες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Τέλος, το σύστημα πολλαπλών παραγόντων είναι προληπτικό στο να παίρνει πρωτοβουλίες. [1][3][4][5][6]

2.4.2 Προδιαγραφές Πολυπρακτορικού Συστήματος

Σε αυτήν την ενότητα, οι προδιαγραφές ενός πράκτορα ελέγχου (Control Agent), ενός πράκτορα διεσπαρμένου ενεργειακού πόρου, κοινούς καταναλωτές (User agents) και πράκτορα βάσης δεδομένων (Database agent) στο Intelligent Distributed Autonomous (IDAPS).

- Πράκτορας ελέγχου (Control Agent): οι ευθύνες περιλαμβάνουν την παρακολούθηση της τάσης και της συχνότητας του συστήματος για τον εντοπισμό έκτακτης ανάγκης ή αστοχίες δικτύου και αποστολή σημάτων στον κεντρικό αυτόματο διακόπτη για την απομόνωση του IDAPS μικροδικτύου όταν ανιχνεύεται διακοπή λειτουργίας.
- Πράκτορες DER/DG (DER/DG agents): σε αυτήν την περίπτωση αποθηκεύονται σημαντικές πληροφορίες όπως παρακολούθηση, τον έλεγχο των επιπέδων ισχύος DER και την κατάσταση σύνδεσης / αποσύνδεσης. Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται μπορεί να περιλαμβάνουν κωδικό αναγνώρισης, τύπο (φωτοηλεκτρικά κύτταρα, μικροτουρμπίνες, κυψέλη καυσίμου) βαθμολογίας καυσίμου, κόστος λειτουργίας ή τιμή στην οποία οι χρήστες συμφωνούν να πουλήσουν, DER διαθεσιμότητα, δηλαδή, προγραμματισμένο πρόγραμμα συντήρησης.
- Κοινούς καταναλωτές (User agents): είναι μια διεπαφή πελατών με το σύστημα που δημιουργεί χαρακτηριστικά ενός IDAPS μικροδικτύου για την διευκόλυνση των χρηστών. Οι ευθύνες περιλαμβάνουν την παροχή χρηστών σε πληροφορίες πραγματικού χρόνου για οντότητες που εμπεριέχονται στο σύστημα IDAPS, επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν την κατάσταση φορτίων με βάση την προκαθορισμένη προτεραιότητα του χρήστη.
- Πράκτορα βάσης δεδομένων (Database agent): χρησιμεύει ως σημείο πρόσβασης δεδομένων για άλλους παράγοντες, καθώς και για χρήστες. Οι ευθύνες περιλαμβάνουν την αποθήκευση πληροφοριών συστήματος, την καταγραφή μηνυμάτων και δεδομένα που μοιράζονται μεταξύ των πρακτόρων.[1][7]

2.4.3 Μέθοδοι Πολυπρακτορικού Συστήματος

Ένας πράκτορας ενός MAS μπορεί να οριστεί ως μια οντότητα με χαρακτηριστικά που θεωρούνται χρήσιμα σε ένα συγκεκριμένο τομέα. Σε αυτό το πλαίσιο, ένας πράκτορας είναι ένας επεξεργαστής πληροφοριών που εκτελεί αυτόνομες ενέργειες που βασίζονται σε πληροφορίες. Τα κοινά χαρακτηριστικά παράγοντα περιλαμβάνουν:

- Αυτονομία: Κατευθυντικότητα στόχου, προληπτική και ανεξάρτητη συμπεριφορά.
- Η ικανότητα συνεργασίας με άλλους παράγοντες για την επίτευξη ενός κοινού στόχου.
- Ικανότητα επικοινωνίας σε επίπεδο γνώσης: Ικανότητα επικοινωνίας με άλλους πράκτορες με γλώσσα που μοιάζει με ανθρώπινη ομιλία.
- Η ικανότητα επιλεκτικής αίσθησης και δράσης.

Το MAS μπορεί να καθοριστεί από:

- Κάθε πράκτορας έχει ελλιπείς δυνατότητες για την επίλυση ενός προβλήματος.
- Χωρίς παγκόσμιο έλεγχο συστήματος.
- Αποκεντρωμένα δεδομένα.
- Ασύγχρονος υπολογισμός.

Σαφώς, ο στόχος είναι η ταχεία αποκατάσταση του ενσωματωμένου τροφοδοτικού. Ως εκ τούτου, όταν ένα σφάλμα συμβεί, το σύστημα προστασίας θα απομονώσει το σφάλμα, επιτρέποντας στο σύστημα να

επαναφέρει την ισχύ σε μια διαμόρφωση μετά τη διακοπή. Τροφοδοτείται από αεριοστρόβιλους ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και περιλαμβάνει μετατροπείς ειδικού σκοπού και έναν σύνδεσμο για plug & play στο παλιό πλέγμα.[1]

2.5 Σύγκριση μικροδικτύου (Micro grid)και έξυπνου δικτύου

Οι διαφορές του έξυπνου δικτύου και του μικροδικτύου κέντρισαν το ενδιαφέρον των επιστημόνων. Σύμφωνα, με μια έρευνα το μικροπλέγμα λειτουργεί ως αυτόνομο ή ενσωματωμένο στο κεντρικό δίκτυο. Τα φίλτρα ξεπερνούν τα προβλήματα βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα ισχύος και αποτελεσματικότητας. Αρκετά διαφημιστικά έργα λειτουργούν σε πανεπιστήμια και κυβερνητικές εγκαταστάσεις. Συνοπτικά, σκεφτείτε το μικροδίκτυο ως τοπικό πάροχο ενέργειας με περιορισμένα προηγμένα εργαλεία ελέγχου και το έξυπνο πλέγμα είναι ένας πάροχος ευρείας περιοχής με εξελιγμένες αυτοματοποιημένες δυνατότητες υποστήριξης αποφάσεων.[1]

2.6 Μικροδίκτυα (Micro grid)

Μικροδίκτυο ονομάζουμε ένα δίκτυο που συνδέεται με το δίκτυο χαμηλής τάσης (δίκτυο διανομής) με κατανεμημένες πηγές ενέργειας (μικρογεννήτριες, κύτταρα καυσίμου, φωτοβολταϊκά, κλπ.) αποθήκευση φορτιού (γεννήτριες diesel, συστήματα μπαταριών, σφόνδυλοι, μηχανές εσωτερικής καύσης). Τα μικροδίκτυα λειτουργούν ως ελεγχόμενα αυτόνομα συστήματα που έχουν ως στόχο την διανομή της ηλεκτρικής ισχύς για τις ανάγκες της εκάστοτε περιοχής. Επίσης, είναι ικανό να συνδέεται και να αποσυνδέεται (λειτουργία νησιδοποίησης) από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο χωρίς να προκαλεί κάποιο σφάλμα κατά την αλλαγή αυτή. Επιπρόσθετα, οι λειτουργίες που παρέχει το μικροδίκτυο μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλους τους τομείς, οι διακυμάνσεις του ηλεκτρικού δίκτυο μπορούν να εξαλειφθούν σημαντικά, έτσι οι ανάγκες των καταναλωτών ικανοποιούνται.

2.6.1 Πλεονεκτήματα των μικροδικτύων

- **Ένα μικροπλέγμα βελτιώνει την ηλεκτρική αξιοπιστία.**

Η αξιοπιστία του ηλεκτρικού δικτύου είχε μπει στο προσκήνιο χάρη σε μια καταστροφική καταιγίδα την Superstorm Sandy η οποία έριξε στο σκοτάδι περίπου οκτώ εκατομμύρια πελάτες. Αυτή η διακοπή διήρκησε περίπου δυο βδομάδες. Οι κάτοικοι σε εκείνες τις περιοχές παρατήρησαν ότι οι γειτονικές περιοχές είχαν ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτές οι εγκαταστάσεις είχαν μικροδίκτυα. Οι διακοπές ρεύματος δεν είναι μόνο μια ταλαιπωρία αλλά μπορεί να είναι και επικίνδυνες. Τα μικροδίκτυα διατηρούν την ενέργειά τους ακόμη κι αν αποσυνδεθούν από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο όταν αυτό αρχίσει και αποτυγχάνει. Οι μπαταρίες και οι γεννήτριες των μικροδικτύων εξυπηρετούν τους πελάτες έως ότου αποκατασταθεί η ισχύς στο κεντρικό δίκτυο.

- **Ανθεκτικότητα/Ανάκτηση**

Η ανθεκτικότητα περιγράφει την δυνατότητα αποφυγής διακοπής ρεύματος και την γρήγορη ανάκαμψή του εάν συμβεί. Μια πανεπιστημιούπολη μπορεί να διαμορφώσει το Μικροδίκτυο να αποκτήσει ισχύ σε κρίσιμες υπηρεσίες έτσι ώστε όταν επισκευαστεί το κεντρικό δίκτυο, η εγκατάσταση να επανέλθει στις κανονικές λειτουργίες πιο γρήγορα, επειδή δεν χρειάστηκε να κλείσει εντελώς.

- **Μείωση του κόστους στις επιχειρήσεις και στους καταναλωτές.**

Η μείωση του κόστους ενέργειας είναι μείζων θέμα καθώς παρατηρείτε πως ανεβαίνει με γρήγορο ρυθμό. Τα μικροδίκτυα μπορούν να μειώσουν καθώς και να παρέχουν στους πελάτες μια ροή εσόδων. Οι

πελάτες συμμετέχουν στην παραγωγή ενέργειας και ελέγχουν τα μικροδίκτυα τους, μ ’αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται το δίκτυο. Αυτή οι πελάτες ονομάζονται Prosumers.

2.6.2 Μειονεκτήματα των μικροδικτύων.

Όπως είναι αναμενόμενο υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα όσον αφορά τα μικροδίκτυα, όμως αυτά δεν στέκονται εμπόδιο για την πραγματοποίησή τους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχειώδη:

- Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ελέγχονται και να εξετάζονται είναι η ισχύς, η τάση, η συχνότητα, ταυτόχρονα η ενέργεια πρέπει να παραμένει ανάλογη της ισχύος.
- Αποθήκευση ενέργειας και η ταξινόμηση των μπαταριών ανά είδος απαιτεί αρκετό χώρο και για την συντήρηση.
- Η επανασύνδεση με το κεντρικό δίκτυο αντιμετωπίζει κάποιες δυσκολίες.
- Η υλοποίηση για την προστασία των μικροδικτύων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την λειτουργία τους. Επίσης, δεν υπάρχουν οι κατάλληλες νομοθεσίες ώστε να αποδέχονται τα μικροδίκτυα.
- Όταν το Μικροδίκτυο είναι σε λειτουργία νησιδοποίησης στην ουσία κανείς δεν μπορεί να ελέγχει την καταναλώσιμη ενέργεια των χρηστών. Γι’ αυτό χρειάζεται να κατασκευαστούν αξιόπιστες συσκευές.
- Οι τεχνολογίες για την ανάπτυξη των μικροδικτύων είναι δαπανηρές. [8]

2.6.3 Πως λειτουργεί ένα Μικροδίκτυο;

Για να κατανοήσουμε πως λειτουργεί ένα μικροπλέγμα πρέπει πρώτα να καταλάβουμε τι είναι το πλέγμα. Το δίκτυο συνδέει σπίτια επιχειρήσεις και άλλα κτίρια με κεντρικές πηγές ενέργειας οι οποίες μας επιτρέπουν να χρησιμοποιούμε συσκευές, συστήματα θέρμανσης / ψύξης. Αλλά αυτή η διασύνδεση σημαίνει ότι όταν ένα μέρος πλέγματος πρέπει να επισκευαστεί, όλοι επηρεάζονται. Σ’αυτή την περίπτωση μπορεί να βοηθήσει το μικροπλέγμα το οποίο λειτουργεί κανονικά ενώ είναι συνδεδεμένο στο κεντρικό δίκτυο, είναι σημαντικό πως μπορεί να λειτουργεί και μόνο του χρησιμοποιώντας τοπική παραγωγή ενέργειας σε περιόδους κρίσης όπως καταιγίδες, διακοπές ρεύματος ή άλλους λόγους. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας ένα μικροπλέγμα μπορεί να χρησιμοποιείται επ’ αόριστόν.
Υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας των μικροδικτύων:

- **Διασύνδεση με το κεντρικό δίκτυο**

Σ’ αυτήν την περίπτωση τα μικροδίκτυα είναι συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο, έτσι οι ανάγκες τους είναι εξασφαλισμένες. Σκοπός τους είναι η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση της ενέργειας και η σωστή διαχείριση του κόστους. Τα μικροδίκτυα χρησιμοποιούν διάφορους τρόπους για έλεγχο στο εσωτερικό τους, δηλαδή γίνεται μια διερεύνηση για την πιο συμφέρουσα ροή ενέργειας με βάση τα φορτία και τις πηγές κι έτσι επιλέγεται η κατάλληλη για τα δεδομένα του πελάτη. Τα μικροδίκτυα θα προτιμήσουν να εξάγουν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας σε περίπτωση που παράγεται περισσότερη ενέργεια και οι τιμές στην αγορά ηλεκτρισμού είναι χαμηλές. Το Μικροδίκτυο είναι μια οντότητα που λειτουργεί ως φορτίο όταν εισάγει ενέργεια και ως σταθμός παραγωγής όταν εξάγει ενέργεια. Μ’ αυτόν τον τρόπο οι δυσκολίες για τον έλεγχο της ενέργειας αντιμετωπίζονται, κι έτσι δεν χρειάζεται κάθε πηγή να εξετάζεται ξεχωριστά. Οι πηγές ενέργειας των μικροδικτύων συνδυάζονται και αλληλοεπιδρούν προκειμένου να ανταγωνιστούν μεγάλα εργοστάσια παραγωγής. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των πηγών και των φορτίων ενέργειας επιφέρει μεγαλύτερη ευημερία στο ηλεκτρικό δίκτυο. Εν κατακλείδι, τα μικροδίκτυα μπορούν να ελέγχουν την τάση με αντιστάθμιση της άεργού ισχύος ή βοηθούν σε περιπτώσεις εξασθένησης της ενέργειας.

- **Λειτουργία νησιδοποίησης**

Νησιδοποίηση είναι ένα τμήμα δικτύου το οποίο τροφοδοτείτε από τις μονάδες παραγωγής και μπορεί να λειτουργήσει χωρίς να είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο, δηλαδή χρησιμοποιεί την ήδη παραγόμενη ενέργεια που έχει αποθηκευτεί σε κατάλληλες συσκευές. Αυτή η λειτουργιά χρησιμοποιείτε συνήθως σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η πρόσβαση στο κεντρικό δίκτυο είναι δύσκολη ή πολλές φορές λόγω κάποιας βλάβης του κεντρικού από διάφορους παράγοντες όπου διαδικασία επανασύνδεσης του καθιστάτε δύσκολη. Η Νησιδοποίηση σ ’αυτές τις περιπτώσεις είναι αναγκαία διότι πολλοί φορείς δεν πρέπει να αποσυνδεθούν από το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι, οι πελάτες μένουν ικανοποιημένοι, η ενέργεια που θα παραχθεί θα είναι ποιοτικά ανώτερη από την ηλεκτρική και πιο οικονομική.[9]

2.6.4 Έλεγχοι Μικροδικτύων

Τα στοιχεία ελέγχου του μικροδικτύου μπορούν να ταξινομηθούν ως τοπικοί έλεγχοι, κεντρικοί έλεγχοι και αποκεντρωμένοι έλεγχοι.

Τοπικοί έλεγχοι

Τα τοπικά στοιχεία ελέγχου είναι η βασική κατηγορία στοιχείων ελέγχου Μικροδικτύου. Η κύρια χρήση των τοπικών ελεγκτών είναι ο έλεγχος των μικρό-πηγών. Αυτός ο τύπος των ελεγκτών στοχεύει στον έλεγχο των σημείων λειτουργίας των μικρό-πηγών και τις ηλεκτρονικές διεπαφές ισχύος τους χωρίς συστήματα επικοινωνίας.[10][11][12]

2.7 Ο ρόλος του Διαδικτύου των πραγμάτων (Internet Of Things) και του Έξυπνου Δικτύου για την ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης.

Το έξυπνο πλέγμα και το IoT είναι βασικά χαρακτηριστικά σε οποιαδήποτε έξυπνη πόλη. Εάν η ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη για σημαντικό χρονικό περιθώριο τότε επηρεάζονται όλες οι σχετιζόμενες συναρτήσεις. Το IoT ενσωματώνει διαφοροποιημένες τεχνολογίες δικτύων, ασύρματων δικτύων και συσκευών ώστε να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η έξυπνη πόλη είναι μια από τις εφαρμογές του IoT. Η σχεδίαση της έξυπνης πόλης έχει ως στόχο την καλύτερη οικονομική ανάπτυξη και ποιότητα τρόπου ζωής. Η τεχνολογία σήμερα αναζητά αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των συσκευών χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Οι πιο αναπτυσσόμενες χώρες έχουν τα ιδιωτικά τους έργα πλήρως χρηματοδοτούμενα IoT.

2.7.1 Ταξινόμηση πλατφόρμας IoT σε επίπεδο εφαρμογής

Ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη και έρευνα που έχει αντιμετωπίσει ο τομέας του IoT, που έχει ως στόχο τις εφαρμογές σε μια έξυπνη πόλη. Οι λόγοι για τους οποίους ευθύνεται αυτή η αύξηση είναι ότι στις αστικές περιοχές ο πληθυσμός πολλαπλασιάζεται. Παράλληλα με τον πληθυσμό αυξάνεται και η χρήση των έξυπνων συσκευών όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές με βάση το IoT. Η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια τα τελευταία χρόνια έχει φέρει στο προσκήνιο τις έξυπνες πόλεις. Μ ‘ αυτό τον τρόπο κερδίζεται ένα πιο βιώσιμο μέλλον χάρη στην λύση πολλών προβλημάτων που παρέχει η χρήση IoT και του SG.

2.7.2 Ηλεκτρονική διακυβέρνηση με βάση το IoT

Η ηλεκτρονική Κυβέρνηση έχει ως στόχο τον εκσυγχρονισμό μιας κοινωνίας προσθέτοντας καινοτόμες, βέλτιστες τεχνολογίες. Η έξυπνη πόλη όσον αφορά την Ηλεκτρονική διακυβέρνηση μπορεί να βοηθήσει:

- Έλεγχος κυκλοφορίας
- Προστασία του περιβάλλοντος
- Ασφάλεια των πολιτών

- Την εκπαίδευση
- Την υγεία

2.7.3 Βασική παραγωγή και υπηρεσίες IoT

Η κατασκευή ενός ανεξάρτητου χρηματοδοτούμενου και αναπτυγμένου έργου IoT για διανομή, συστήματα διαχείρισης μεταφορών και διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM). Οι εταιρείες έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν το IoT για εσωτερική χρήση το οποίο αναπτύσσεται ανεξάρτητα.

2.7.4 Επιχειρηματικές υπηρεσίες IoT

Επειδή η δομή IoT επενδύει σε αναπτυξιακές βιομηχανίες, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οικονομία, ενσωματώνοντας τους τελικούς χρήστες στην σύγχρονη βιομηχανία. Για παράδειγμα το RFID (Radio Frequency identificated)είναι χρήσιμο για την παρακολούθηση, τον εφοδιασμό και την διακίνηση των προϊόντων. Οι πάροχοι υπηρεσιών όπως φυσικού αερίου, ηλεκτρισμού, νερού και υγείας μπορούν να χρησιμοποιήσουν IoT, οι οποίοι μπορούν να μετατραπούν σε σημαντικούς "παίκτες '' στην βιομηχανία τους.

2.7.5 Σύστημα Συμμετοχικής Ανίχνευσης (IMS)

Αυτή η υπηρεσία απαιτεί από το κινητό τηλέφωνο του χρήστη να ανιχνεύει περιβαλλοντικά δεδομένα, όπως θόρυβο, θερμοκρασία, συντεταγμένες GPS κλπ. Οι πληροφορίες συλλέγονται και αποθηκεύονται στο ολοκληρωμένο κέντρο πληροφοριών (IIC). Οι πληροφορίες παρέχουν σημαντικά δεδομένα σχετικά με την περιοχή που χρειάζεται προσοχή και είναι υποανάπτυκτη. Το υποσύστημα πολυμέσων IP (IMS), μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε IoT, χρησιμοποιήθηκε στις εφαρμογές αυτές που επικεντρώθηκαν στο οικοσύστημα. Οι επικοινωνίες μικρής εμβέλειας smartphone όπως Bluetooth, RFID και επικοινωνία κοντινού πεδίου (NFC) ήταν το βασικό ενδιαφέρον της IMS αρχιτεκτονικής. Το IoT συμπεριλήφθηκε σε δύο επίπεδα, το επίπεδο εφαρμογής και το επίπεδο αντίληψης. Η επικύρωση της αρχιτεκτονικής IMS που βασίζεται στο IoT πραγματοποιήθηκε στην προγραμματιζόμενη πύλη net field (Net FPGA), η οποία είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα χαμηλού κόστους. Με τη χρήση της ίδιας εφαρμογής smartphone, ο χρήστης μπορεί να εγγραφεί σε ειδικές υπηρεσίες από την οποία μπορεί να λάβει ειδοποίηση για συγκεκριμένα είδη εκδηλώσεων όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση, διαμαρτυρία, αυτοκινητιστικό ατύχημα κλπ., που συμβαίνει επί του παρόντος στην πόλη.

2.7.6 Σύστημα παρακολούθησης άρδευσης κήπου

Το σύστημα παρακολούθησης άρδευσης κήπου παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για πάρκα και κήπους σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση τους. Η συσκευή IoT αναπτύξτε υπόγειους αισθητήρες για να μετρήσετε το περιεχόμενο υγρασίας στο έδαφος και άλλες σχετικές παραμέτρους. Εκτός από την παροχή δεδομένων στην αρμόδια αρχή, αυτή η υπηρεσία μπορεί ειδοποιήσει άλλους χρήστες όταν εντοπίζεται παράτυπη κατάσταση. Αυτή η υπηρεσία συμβάλλει στην μείωση της κατανάλωσης νερού, ενέργειας και εργατικού κόστους για συντήρηση του εκάστοτε πάρκου.

2.7.7 Υποστηρικτικές συσκευές για άτομα με αναπηρία

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και ειδική φροντίδα στα άτομα με σωματικές αναπηρίες. Ως εκ τούτου, απαιτούνται κατάλληλες υποστηρικτικές συσκευές IoT σε αυτά τα άτομα. Φύση της συσκευής IoT θα πρέπει να είναι πολύ συγκεκριμένη σύμφωνα με την απαίτηση. Στις περισσότερες από τις καταστάσεις τα άτομα με ειδικές ανάγκες εξαρτώνται από άλλους. Επομένως, το SG θα πρέπει να παρέχει ιδιαίτερη φροντίδα σε αυτά τα άτομα.

2.7.8 Υπηρεσίες IoT για έξυπνες πόλεις

Υπάρχουν διαφοροποιημένες εφαρμογές IoT που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το έργο έξυπνης πόλης και αυτά συνοψίζονται ως εξής:

- **Σύστημα παρακολούθησης περιβάλλοντος.**

Οι συσκευές αυτές πρέπει να εγκαθίστανται σε στύλους φωτισμού σε κάθε δρόμο της πόλης. Αυτές οι αναπτυγμένες συσκευές περιέχουν αισθητήρα για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ακόμη, για την αύξηση της παρακολούθησης του συστήματος υπάρχουν συσκευές συνδεδεμένες με GPS στα μέσα μεταφοράς, περιπολικά και στα οχήματα του δήμου.

- **Υπηρεσίες διαχείρισης χώρου στάθμευσης**

Η υπηρεσία διαχείρισης χώρου στάθμευσης, χρησιμοποιείται για την διαχείριση των περιορισμένων χώρων στάθμευσης για την έξυπνη πόλη. Για να επιτευχθεί αυτό, σιδερομαγνητικοί αισθητήρες εγκαθίστανται όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση για θέσης στάθμευσης όπως αεροδρόμιο, σιδηροδρομική σταθμοί, δικαστήρια κλπ. Τα δεδομένα που προέρχονται από τους αισθητήρες αποθηκεύονται στο ολοκληρωμένο κέντρο πληροφοριών της πόλης και στη συνέχεια ο τελικός χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες μέσω εφαρμογής smartphone ή μέσω δημόσιων οθονών εγκατεστημένων κατά την είσοδο κάθε χώρου στάθμευσης που δείχνει μια σειρά από δωρεάν θέσεις στάθμευσης σε διαφορετικές περιοχές. Υπάρχουν τεχνολογίες τέτοιου τύπου αλλά μπορούν να αναπτυχθούν περαιτέρω.[13]

3 Κεφάλαιο: Ανάπτυξη κώδικα

Η υλοποίηση των υπολογισμών για την ανάπτυξη του κώδικα περιλαμβάνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Παραγωγή ενέργειας
- Κατανάλωση ενέργεια
- Αποθήκευση ενέργειας

Δημιουργώντας έτσι ένα στοιχειώδης μοντέλο υπολογισμού σε μια γλωσσά προγραμματισμού εύχρηστη για τον τελικό χρήστη.

3.1 Α' Επιστημονικό Έγγραφο Περίληψη

Η υψηλή διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η εκμετάλλευση ετερογενών περιουσιακών στοιχείων ευελιξίας απαιτούν αποτελεσματική αλληλεπίδραση μεταξύ αποδοτικών αγορών ενέργειας και συστημάτων διαχείρισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτό το επιχειρηματικό περιβάλλον, οι σύγχρονοι Πάροχοι Ενεργειακών Υπηρεσιών πρέπει:

- Να υιοθετήσουν ατελές πλαίσιο αγοράς - ενήμερη υποβολή προσφορών, στρατηγικές για τη μεγιστοποίηση των κερδών τους.
- Σεβασμό των υποκείμενων περιορισμών δικτύου.
- Λήψη αποφάσεων σχετικά με το βέλτιστο μείγμα των στοιχείων ετερογενούς ευελιξίας τους καθώς και το βέλτιστο μέγεθος, τοποθέτησή τους και λειτουργία.

Προτείνουμε ένα μοντέλο που παραγοντοποιεί όλα τα παραπάνω και έναν αλγόριθμο που βέλτιστα και με ολοκληρωμένο τρόπο, προγραμματίζει τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας και διαχείρισης από πλευράς ζήτησης με τη σειρά για τη μεγιστοποίηση των κερδών ενός κατασκευαστή τιμών. Γίνεται μοντελοποίηση αυτού του προβλήματος, και εκφράζεται ως ένα μαθηματικό πρόβλημα με περιορισμούς ισορροπίας, το οποίο τελικά μετατρέπεται σε λυόμενο μικτό ακέραιο γραμμικό πρόγραμμα. Δείχνουμε λοιπόν ότι:

- Τα κέρδη μπορούν να αυξηθούν σημαντικά, κατά μέσο όρο κατά 20% σε σύγκριση με τη λύση λήψης τιμών.
- Ο αντίκτυπος της τοποθεσίας και του μεγέθους των στοιχείων του μπορεί να είναι με ακρίβεια ποσοτικοποιημένο.
- Αν το αντιπροσωπεύει ένα μικρό μέρος της ικανότητας προσφοράς ή ζήτησης της αγοράς (δηλ. χαμηλό ισχύς στην αγορά), μπορούν να επιτευχθούν σημαντικά οφέλη κέρδους.

Το χαρακτηριστικό γνώρισμα δικτύου οδηγεί όχι μόνο σε υψηλότερα κέρδη, αλλά και για την αποφυγή παραβίασης ζωτικών περιορισμών του δικτύου διανομής.[14]

3.2 Β' Επιστημονικό Έγγραφο Περίληψη

Στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τα ηλιακά φωτοβολταϊκά ως τεχνολογία καθαρής και πράσινης ενέργειας διαδραματίζουν ένα ζωτικό ρόλο για να καλύψουν την έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας σε οποιασδήποτε χώρα. Μοντελοποίηση, προσομοίωση και ανάλυση ηλιακών φωτοβολταϊκών (PV).

Η γεννήτρια είναι μια ζωτικής σημασίας φάση πριν από την τοποθέτηση του φωτοβολταϊκών συστήματος σε οποιαδήποτε τοποθεσία, η οποία βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς και τα χαρακτηριστικά σε πραγματικές κλιματολογικές συνθήκες αυτής της τοποθεσίας. Σε αυτό το πλαίσιο,

υπάρχει ένα μόνο ισοδύναμο, που είναι η δίοδος του μοντέλου κυκλώματος με τη σταδιακή λεπτομερή προσομοίωση μιας ηλιακής φωτοβολταϊκής μονάδας σε περιβάλλον Matlab/Simulink.

Το γράφημα I–V και P–V της ηλιακής φωτοβολταϊκής μονάδας παρέχει μια ευρεία κατανόηση σε ερευνητές, κατασκευαστές και κοινωνικές κοινότητες. Το προσομοιωμένο αποτέλεσμα της φωτοβολταϊκής μονάδας επαληθεύεται από τον κατασκευαστή. Το μέγιστο σχετικό ποσοστό σφάλματος βρέθηκε στο 1,65% που δείχνει μια καλή συμφωνία μεταξύ των τιμών του κατασκευαστή και των προσομοιωμένων τιμών. Επιπλέον, η απόδοση της Φ/Β μονάδας για πραγματικά μετρολογικά δεδομένα (ακτινοβολία και θερμοκρασία) δείχνουν καλά αποτελέσματα. Επιπρόσθετα αυτό, θεωρείται ως ένα καλό εργαλείο για την αξιολόγηση της απόδοσης οποιωνδήποτε ηλιακών φωτοβολταϊκών μονάδων. [23]

3.3 Τα Διάγραμμα ροής (flow diagrams)

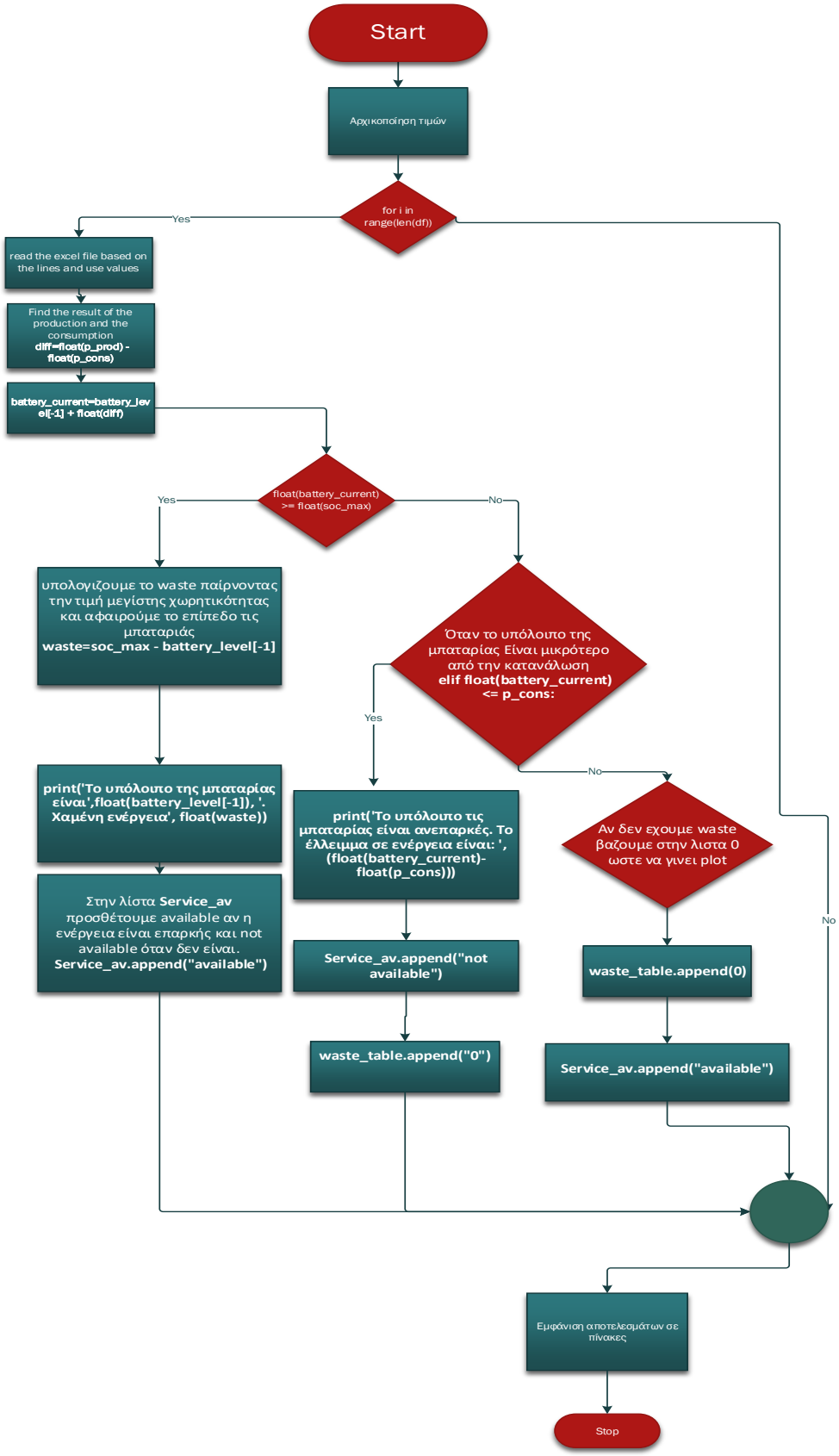
Τα Διαγράμματα ροής ή ροογράφημα (flowchart) είναι ένα κοινού τύπου διάγραμμα που αναπαριστά έναν αλγόριθμο ή μια διαδικασία, δείχνοντας τα βήματα ως πλαίσια διαφόρων ειδών που συνδέονται μεταξύ τους με βέλη. Αυτή η διαγραμματική παρουσίαση μπορεί να δώσει λύση βήμα προς βήμα σε ένα γνωστό πρόβλημα. Τα δεδομένα αναπαρίστανται σε πλαίσια και τα βέλη δείχνουν τη ροή των δεδομένων. Τα διαγράμματα ροής υπάρχουν στην ανάλυση, το σχεδιασμό, την τεκμηρίωση ή τον έλεγχο μιας διαδικασίας ή ενός προγράμματος σε διάφορα πεδία.

Η κατασκευή ενός διαγράμματος ροής προηγείται της φάσης της κωδικοποίησης. Με τον όρο κωδικοποίηση (coding) εννοούμε την ανάπτυξη του κώδικα.

Το διάγραμμα ροής:

- Δίνει μία πιο σωστή οπτική αναπαράσταση του αλγορίθμου.
- Δίνει τη δυνατότητα να μελετήσουμε καλά ένα πρόβλημα και να εμβαθύνουμε σε αυτό.
- Επιτρέπει να δημιουργήσουμε μέρος του προγράμματος ή το πρόγραμμα στην ολότητά του.
- Επιτρέπει να συγκρίνουμε διαφορετικές μεταξύ τους λύσεις και να επιλέξουμε την βέλτιστη, αρκετά νωρίς, αφού οι αλλαγές κατά την κωδικοποίηση είναι πολύ πιο ακριβές και επίπονες από ό,τι οι αλλαγές κατά τη σχεδίαση ενός λογισμικού

Ας εμβαθύνουμε, λοιπόν, στα διαγράμματα ροής. Η σχηματική αναπαράσταση ενός αλγορίθμου πρέπει να είναι σε θέση να περιγράψει με απόλυτη ακρίβεια και λεπτομέρεια τα βήματα που θα ακολουθηθούν για τη λύση ενός προβλήματος, δηλαδή έναν περίπλοκο αλγόριθμο. Για τον σκοπό αυτόν έχουμε διαλέξει κάποια θεμελιώδη δομικά στοιχεία τα οποία είναι ικανά και ευέλικτα αρκετά ώστε να μπορούν να περιγράψουν τις διαδικασίες που θα ακολουθήσουμε. Έχουμε, επίσης, επιλέξει κάποια ακόμα δομικά εργαλεία τα οποία θα μας δώσουν ακόμα μια καλύτερη εκφραστικότητα και ευελιξία στην περιγραφή μας. Καθένα από αυτά τα δομικά στοιχεία έχουμε επιλέξει να το συμβολίσουμε με κάποιο γεωμετρικό σχήμα, μέσα στο οποίο μπορούμε να σημειώσουμε οδηγίες περιγραφές ώστε να κάνουμε τον συμβολισμό ακόμα πιο ευέλικτο και να αυξήσουμε την εκφραστική του δύναμη.


Start
Αρχικοποίηση τιμών
for i in range(len(df))
Yes
No
read the excel file based on the lines and use values
Find the result of the production and the consumption
diff=float(p_prod) - float(p_cons)
battery_current=battery_level[-1] + float(diff)
float(battery_current) >= float(soc_max)
Yes
No
υπολογιζουμε το waste παίρνοντας την τιμή μεγίστης χωρητικότητας και αφαιρούμε το επίπεδο τις μπαταριάς
waste=soc_max - battery_level[-1]
Όταν το υπόλοιπο της μπαταρίας Είναι μικρότερο από την κατανάλωση
elif float(battery_current) <= p_cons:
Yes
No
print('Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι',float(battery_level[-1]), '. Χαμένη ενέργεια', float(waste))
Στην λίστα Service_av προσθέτουμε available αν η ενέργεια είναι επαρκής και not available όταν δεν είναι.
Service_av.append("available")
print('Το υπόλοιπο τις μπαταρίας είναι ανεπαρκές. Το έλλειμμα σε ενέργεια είναι: ', (float(battery_current)-float(p_cons)))
Service_av.append("not available")
waste_table.append("0")
Αν δεν εχουμε waste βαζουμε στην λιστα 0 ωστε να γινει plot
waste_table.append(0)
Service_av.append("available")
No
Εμφάνιση αποτελεσμάτων σε πίνακες
Stop

3.4 Οι Υπολογισμοί μου σύμφωνα με το Α' Επιστημονικό άρθρο.

Εξισώσεις

$$0 \le r_{i,s,t}^{ch} \le (1 - x_{i,s,t}) \cdot r_{i,s}^{ch,max} \qquad \forall\, i \in V^M,\ s \in S_i,\ t \in H \tag{1}$$

$$0 \le r_{i,s,t}^{dis} \le x_{i,s,t} \cdot r_{i,s}^{dis,max} \qquad \forall\, i \in V^M,\ s \in S_i,\ t \in H \tag{2}$$

$$SOC_{i,s,t} = SOC_{i,s,0} - \sum_{\tau=1}^{t} (\eta_{i,s}^{d} \cdot r_{i,s,\tau}^{dis} - \eta_{i,s}^{c} \cdot r_{i,s,\tau}^{ch}) \qquad \forall\, i \in V^M,\ s \in S_i,\ t \in H, \tag{3}$$

$$SOC_{i,s}^{min} \le SOC_{i,s,t} \le SOC_{i,s}^{max} \ \forall\, i \in V^M,\ s \in S_i,\ t \in H. \tag{4}$$

$$SOC_{i,s,T} = w_{i,s} \cdot SOC_{i,s,0} \qquad \forall\, i \in V^M,\ s \in S_i. \tag{5}$$

Table A1

Branch	From node	To node	r(Pu)	X(Pu)
(1)	0	1	0.00315	0.075207

PMax (Pu)	PMin q Max (Pu)	q Min (Pu)	Umax (Pu)	Umax(Pu)
0.233	-0.233 0.233	- 0.233	1.05	0.95

(1) $0 \le r_{i,s,t}^{ch} \le (1\text{-}x_{i,s,t}) * r_{i,s,t}^{ch,max}$

$0 \le 0{,}00315 \le (1 - 0{,}075207) * 0{,}0833$

$0 \le 0{,}00315 \le 0{,}924793 * 0{,}0833$

$0 \le 0{,}00315 \le 0{,}077$

(2) $0 \le r_{i,s,t}^{dis} \le x_{i,s,t} * r_{i,s,t}^{dis,max}$

$0 \le 0{,}0833 \le 0{,}075207 * 0{,}0833$

$0 \le 0{,}0833 \le 6{,}266 * 10^{-3}$

$0 \le 0{,}0833 \le 0{,}0626$

(3) $SOC_{i,s,t} = SOC_{i,s,0} - \sum_{t=1}^{t} (\eta_{i,s}^{d} * r_{i,s,\tau}^{dis} - \eta_{i,s}^{c} * r_{i,s,\tau}^{ch})$

$$0{,}08333 = 0{,}0833 - \sum_{t=1}^{t}(1 * 0{,}0833 - 1 * 0{,}08333) \rightarrow 0$$

0,08333 = 0,0833

(4) $SOC_{i,s}^{min} \leq SOC_{i,s,t} \leq SOC_{i,s}^{max}$

$0 \leq 0{,}0833 \leq 0{,}166667$

(5) $SOC_{i,s,T} = w_{i,s} * SOC_{i,s,0} = 1 * 0{,}0833 = 0{,}08333$

Table A.1
Technical characteristics of DN in Case Study A.

Branch #	From Node	To Node	r (pu)	x (pu)	p^{max} (pu)	p^{min} (pu)	q^{max} (pu)	q^{min} (pu)	U^{max} (pu)	U^{min} (pu)
1	0	1	0.00315	0.075207	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
2	1	2	0,00033	0.001849	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
3	2	3	0,00667	0.030808	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
4	3	4	0,00579	0.014949	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
5	4	5	0,01414	0.036549	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
6	3	6	0,00800	0.036961	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
7	6	7	0,00900	0.041575	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
8	7	8	0,00700	0.032346	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
9	8	9	0,00367	0.016940	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
10	9	10	0,00900	0.041575	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
11	2	11	0,02750	0.127043	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
12	11	12	0,03150	0.081405	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
13	12	13	0,03965	0.102984	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95
14	13	14	0,01061	0.004153	0.233	-0.233	0.233	-0.233	1,05	0,95

Εικόνα 5:Πίνακας δεδομένων
Πηγή: (https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378779620301085)

3.5 Επεξήγηση Παραμέτρων

ESP = Energy storage power =Ενεργεία αποθήκευσης ισχύος

ESS = Energy storage system = Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας

System = Σύστημα

Energy = Ενέργεια

Charge = Φόρτιση

Discharge = Αποφόρτιση

max = Μέγιστο

min = Ελάχιστο

Power =Ισχύς

t = Χρόνος

H = { 1,2,….T) = Scheduling horizon = Χρονικός Ορίζοντας

$r_{i,s,t}^{ch}$= Charging power

$r_{i,s,t}^{dis}$= Discharging power

$r_{i,s,t}^{ch,max}$ = Max Charging power

$r_{i,s,t}^{dis,max}$ = Min Discharging power

$x_{i,s,t}$= Binary variable indicating the operating status (charging or discharging) of each DN, s ESS at t = Δυαδική μεταβλητή που υποδεικνύει την κατάσταση λειτουργείας (φόρτιση η εκφόρτωσή).

$r_{i,s,\tau}^{dis}$= Discharge efficiency factor

$\eta_{i,s}^{c}$= Charge efficiency factor

Efficiency Factor = Συντελεστής αποδοτικότητας

$SOC_{i,s,t}$ = Additional state of charge = Επιπλέων φόρτιση

$SOC_{i,s,0}$= Additional state of charge= Επιπλέων φόρτιση

$\sum_{t}^{t}(\cdot\cdot)$ = Σειρά

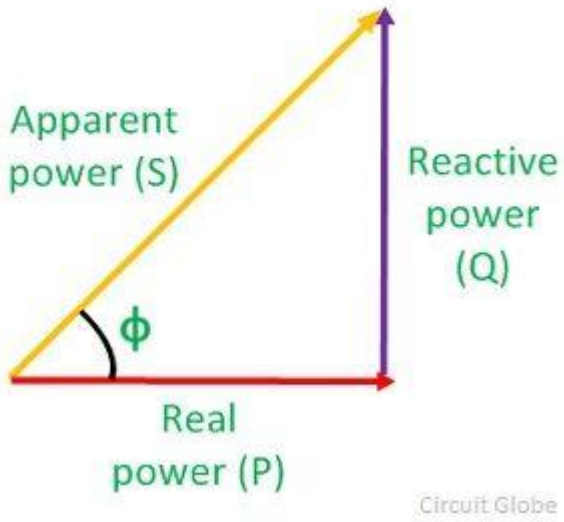
q= Ηλεκτρικό φορτίο

U = Voltage = Τάση

[13]

3.6 Ορισμός του συντελεστή ισχύος

Ο συντελεστής ισχύος ορίζεται ως ο λόγος της ενεργή ισχύ (P) και volt-amperes. Η ενεργή ισχύς είναι η πραγματική ισχύς που λαμβάνεται σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ τα βολτ-αμπέρ είναι η φαινομενική ισχύς που παράγεται στο κύκλωμα όταν τα κύματα τάσης ή ρεύματος δεν είναι σε φάση.



Εικόνα 6: Συντελεστής Ισχύος Σχήμα
Πηγή: https://circuitglobe.com/power-factor.html

$$Power\ factor = \frac{P}{S} = \frac{P}{VI}$$

Εικόνα 7:Συντελεστής Ισχύος- Εξίσωση

Για το ημιτονοειδές κύμα, ο συντελεστής ισχύος είναι το συνημίτονο της γωνίας (γωνία φάσης) μεταξύ τάσης και ρεύματος.

$$Power\ Factor = cos\emptyset$$

$$cos\emptyset = \frac{P}{VI}$$

$$I = \frac{P}{Vcos\emptyset} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots equ(1)$$

Εικόνα 8: Συντελεστής Ισχύος - Εξίσωση 1

Η εξίσωση (1) δείχνει ότι επηρεάζεται το ρεύμα από τον παράγοντα ισχύος. Επομένως, για μια δεδομένη ισχύ P από το φορτίο, το ρεύμα I, που λαμβάνεται από το φορτίο, μεταβάλλεται αντιστρόφως ως συντελεστής ισχύος φορτίου COSφ. Έτσι, ένα δεδομένο φορτίο παίρνει περισσότερο ρεύμα σε χαμηλό συντελεστή ισχύος από ότι σε έναν υψηλό συντελεστή ισχύος.

3.7 Μειονεκτήματα χαμηλού συντελεστή ισχύος

Η ανεπιθύμητη επίδραση της λειτουργίας χαμηλού φορτίου σε χαμηλό συντελεστή ισχύος οφείλεται στο μεγάλο ρεύμα που απαιτείται για ένα χαμηλό συντελεστή ισχύος. Τα σημαντικά μειονεκτήματα του συντελεστή χαμηλής ισχύος είναι:

- Υψηλότερο ρεύμα που απαιτείται από τον εξοπλισμό, λόγω του οποίου αυξάνεται το οικονομικό κόστος του εξοπλισμού.
- Σε χαμηλό συντελεστή ισχύος, το ρεύμα είναι υψηλό το οποίο προκαλεί υψηλές απώλειες χαλκού στο σύστημα και συνεπώς μειώνεται η απόδοση του συστήματος.
- Μεγαλύτερο ρεύμα προκαλεί μεγάλη πτώση τάσης στη συσκευή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κακή ρύθμιση της τάσης.

Δεδομένου ότι τόσο το κεφάλαιο όσο και το λειτουργικό κόστος αυξάνει την λειτουργία του συστήματος σε χαμηλό συντελεστή ισχύος.

3.8 Αιτίες χαμηλού συντελεστή ισχύος

Ο συνήθης λόγος για τον παράγοντα χαμηλής ισχύος είναι λόγω του επαγωγικού φορτίου. Το ρεύμα στην επαγωγική καθυστέρηση φορτίου πίσω από την τάση. Συνεπώς, ο συντελεστής ισχύος καθυστερεί. Τα σημαντικά επαγωγικά φορτία που είναι υπεύθυνα για τον χαμηλό συντελεστή ισχύος είναι οι τριφασικοί επαγωγικοί κινητήρες (οι οποίοι λειτουργούν με συντελεστή ισχύος 0,8), ο μετασχηματιστής, οι λαμπτήρες και ο εξοπλισμός συγκόλλησης λειτουργούν σε συντελεστές ισχύος χαμηλής απόκλισης. Οι μέθοδοι βελτίωσης συντελεστή ισχύος χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της τιμής του συντελεστή ισχύος σε ένα σύστημα ισχύος.[14]

4 Κεφάλαιο: Python

4.1 Η ιστορία της γλώσσας προγραμματισμού Python

Την εμπνεύστηκε ο ολλανδός Guido Van Rossum το 1989 στο Centrum Wiskunde & Informatica. Η Python έκανε το ντεμπούτο της το 1991. Στην αρχή ήταν γλώσσα σεναρίου, η πιο συνήθης εφαρμογή της ήταν για τις κλήσεις συστήματος στα λειτουργικό σύστημα "Amoeba". Ο Guido οραματίστηκε την "Python" από την "ABC" γλώσσα προγραμματισμού.

Η δεύτερη έκδοση της "Python" κυκλοφόρησε στις 16 Οκτωβρίου του 2000 ενώ η τρίτη έκδοση της που είναι πιο γνωστή ως "py3k" ή ως 'Python 3000' κυκλοφόρησε στις 3 Δεκεμβρίου του 2000. Στην 'Python 3.0' διορθώθηκαν μερικά λάθη που υπήρχαν στις προηγούμενες εκδόσεις.

Το βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού είναι ότι είναι μια υψηλού επιπέδου γλώσσα, ιδανική για όλους τους προγραμματιστές ακόμη και για τους αρχάριους. Στοχεύει στην αναγνωσιμότητα του κώδικα της, μα και στην ευκολία της χρήσης της.[15]

4.2 Τι είναι η Python

Όπως προανέφερα η Python είναι μια γενική γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου. Επιτρέπει στους προγραμματιστές έναν πιο ξεκούραστο και εύχρηστο, κατανοητό τρόπο να γράφουν τον κώδικα διότι μιμείται την ομιλούμενη αγγλική γλώσσα, χρειάζεται λιγότερες γραμμές κώδικα από ότι θα ήταν δυνατή σε άλλες γλώσσες όπως η C.

Η Python είναι μια σαφής και ισχυρή αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού, παρόμοια με τις Perl, Ruby, Scheme ή Java.[16]

4.3 Αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά της Python

- Διαθέτει κομψή σύνταξη, καθιστώντας τα προγράμματα που γράφονται ευκολότερα για την ανάγνωση.
- Είναι μια εύχρηστη γλώσσα που μετατρέπει την Python ιδανική για την ανάπτυξη πρωτότυπων λειτουργιών προγραμματισμού, χωρίς να διακυβεύεται η δυνατότητα εύκολης συντήρησης τους.
- Η βιβλιοθήκη που διαθέτει υποστηρίζει την σύνδεση σε διακομιστές Web, αναζήτηση κειμένου με κανονικές εκφράσεις, ανάγνωση και τροποποίηση αρχείων.
- Υπάρχει επίσης ένα πακέτο ανάπτυξης που ονομάζεται IDLE. Το IDLE είναι το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης και μάθησης της Python. Επιτρέπει στους προγραμματιστές να γράφουν εύκολα κώδικα Python. Ακριβώς όπως το Python Shell, το IDLE μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση μιας μεμονωμένης πρότασης και τη δημιουργία, τροποποίηση και εκτέλεση σεναρίων Python.
- Εύκολα επεκτείνεται με την προσθήκη νέων ενοτήτων που υλοποιούνται με μια μεταγλωττισμένη γλώσσα, όπως C ή C++.
- Μπορεί επίσης να ενσωματωθεί σε μια εφαρμογή για την παροχή προγραμματιζόμενης διασύνδεσης.
- Λειτουργεί οπουδήποτε, συμπεριλαμβανομένων των Mac OS X, Windows, Linux και Unix.

- Είναι ελεύθερο λογισμικό για δύο λόγους: Δεν κοστίζει τίποτα η λήψη ή η χρήση της Python ή η ενσωμάτωσή της σε μια εφαρμογή. Η Python μπορεί επίσης να τροποποιηθεί και να αναδιανεμηθεί ελεύθερα, επειδή, ενώ η γλώσσα προστατεύεται από πνευματικά δικαιώματα, είναι διαθέσιμη με άδεια ανοικτού κώδικα . [15] [17]

4.4 Βασικά γνωρίσματα προγραμματισμού της Python

- Υπάρχουν διάφοροι βασικοί τύποι δεδομένων: αριθμοί (δεκαδικοί αριθμοί, σύνθετοι και απεριόριστοι ακέραιοι αριθμοί), συμβολοσειρές (ASCII και Unicode), λίστες και λεξικά.
- Η Python υποστηρίζει αντικειμενοστραφή προγραμματισμό με κλασεις και πολλαπλή κληρονομικότητα.
- Ο κώδικας μπορεί να ομαδοποιηθεί σε ενότητες και πακέτα.
- Η γλώσσα υποστηρίζει την ανύψωση και την αλίευση εξαιρέσεων, με αποτέλεσμα τον καθαρότερο χειρισμό σφαλμάτων.
- Οι τύποι δεδομένων είναι δυναμικοί. Η ανάμειξη ασυμβίβαστων τύπων (π.χ. προσπάθεια προσθήκης μιας συμβολοσειράς και ενός αριθμού) προκαλεί την δημιουργία σφάλματος, έτσι ώστε τα σφάλματα να μπορούν να αλιευθούν νωρίτερα.
- Η Python περιλαμβάνει προηγμένες λειτουργίες προγραμματισμού όπως γεννήτριες και κατανόηση λίστας.
- Η αυτόματη διαχείριση της μνήμης της Python σας απαλλάσσει από την ανάγκη να διαθέσετε και να απελευθερώσετε τη μνήμη στον κώδικά σας. [15] [17]

4.5 Γιατί χρησιμοποίησα την Python για την ανάπτυξη του κώδικα μου

Η Python είναι μια κορυφαία γλώσσα προγραμματισμού για την επιστήμη των δεδομένων. Για την παρούσα πτυχιακή η χρήση της Python για την ανάπτυξη του κώδικα ήταν ένας εξαιρετικός συνδυασμός λόγω τον πολλαπλών επίλογων που διαθέτει μέσα από τις βιβλιοθήκες της, είναι από τις πιο επίκαιρες γλώσσες προγραμματισμού είναι ένα εύχρηστο εργαλείο το οποίο δεν χρειάζεται κάποιο κόστος και χρησιμοποιείτε και για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Χάρη στην μεγάλη γκάμα των διάφορων επίλογων κατάφερα να υλοποιήσω ένα εικονικό ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο θα μπορεί να πληροφορεί τον χρήστη για την κατάσταση του ενεργειακού κυκλώματος του μέσα από την εξαγωγή των γραφικών παραστάσεων.

4.6 Ποιες βιβλιοθήκες χρησιμοποίησα για την ανάπτυξη του κώδικα μου

4.6.1 Pandas: Python Data Analysis Library

Εικόνα 9:Βιβλιοθήκη Pandas
Πηγή: https://towardsai.net/p/l/complete-guide-to-pandas-dataframe-with-real-time-use-case

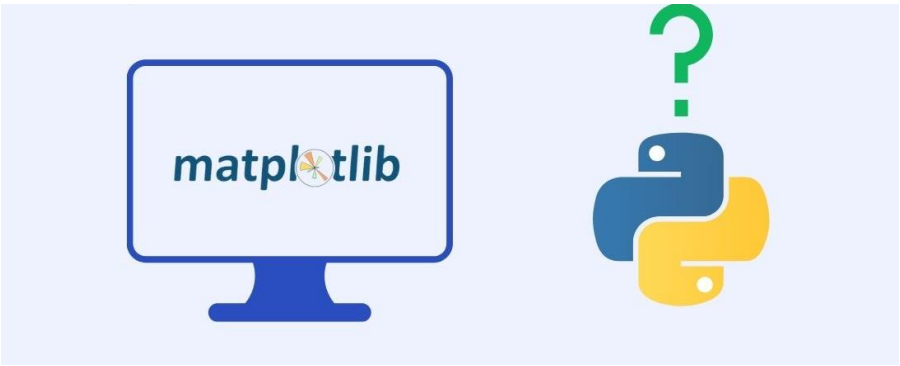
Τι είναι;

Το pandas είναι ένα πακέτο Python που παρέχει γρήγορες, ευέλικτες και εκφραστικές δομές δεδομένων που έχουν σχεδιαστεί για να κάνουν την εργασία με "σχεσιακά" ή "επισημασμένα" δεδομένα τόσο εύκολη όσο και διαισθητική. Στόχος του είναι το θεμελιώδες δομικό στοιχείο υψηλού επιπέδου για την πραγματοποίηση πρακτικής ανάλυσης δεδομένων πραγματικού κόσμου στην Python. Επιπλέον, έχει τον ευρύτερο στόχο να γίνει το πιο ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο ανάλυσης / χειρισμού δεδομένων ανοιχτού κώδικα διαθέσιμο σε οποιαδήποτε γλώσσα.[18]

Βασικά χαρακτηριστικά:

- Εύκολος χειρισμός σε δεδομένα κινητής υποδιαστολής καθώς και σε δεδομένα μη κινητής υποδιαστολής.
- Μεταβλητότητα μεγέθους, μπορούν να εισαχθούν και να διαγραφούν στήλες από το DataFrame και από αντικείμενα υψηλότερων διαστάσεων.
- Αυτόματη και ρητή στοίχιση δεδομένων, τα αντικείμενα μπορούν να ευθυγραμμιστούν ρητά σε ένα σύνολο ετικετών ή ο χρήστης μπορεί απλώς να αγνοήσει τις ετικέτες και να αφήσει το Series, το DataFrame κλπ. να ευθυγραμμίσει αυτόματα τα δεδομένα για εσάς στους υπολογισμούς.
- Λειτουργικότητα συγκεκριμένης χρονικής σειράς, δημιουργία εύρους ημερομηνιών και μετατροπή συχνότητας, στατιστικά στοιχεία κινούμενων παραθύρων.
- Διαισθητική συγχώνευση και ένωση συνόλων δεδομένων.
- Ευέλικτη αναμόρφωση και περιστροφή συνόλων δεδομένων. [18]

4.6.2 Τι είναι η βιβλιοθήκη Matplotlib στην Python



Εικόνα 10:Βιβλιοθήκη Matplot
Πηγή: https://www.reed.co.uk/courses/python-programming-from-a-z-beginner-to-expert-course/315080

Ο δημιουργός της Matplotlib John Hunter βραβεύτηκε μετά θάνατον το 2012. "Ο John καθώς μελετούσε τα δεδομένα που αφορούσαν τις επιληπτικές κρίσεις σε ένα μεταδιδακτορικό πρόγραμμα του πανεπιστημίου του στο Σικάγο, παράλληλα έτρεχε και το project του Matplotlib. Δυσαρεστημένος με την κατάσταση των αποκλειστικών λύσεων που απαιτούνται για τις σπουδές του, ο John επέλεξε την Python για να δημιουργήσει μια ανοιχτή λύση στο πρόβλημά του. Το Matplotlib είναι ταυτόχρονα ένα εκπληκτικό τεχνικό επίτευγμα και ένα λαμπρό παράδειγμα οικοδόμησης κοινότητας ανοιχτού κώδικα, καθώς ο John όχι μόνο δημιούργησε τη ραχοκοκαλιά του, αλλά προώθησε επίσης την ανάπτυξη μιας πολύ ισχυρής ομάδας ανάπτυξης, διασφαλίζοντας ότι το ταλέντο πολλών άλλων θα μπορούσε επίσης να συνεισφέρει σε αυτό το έργο." είπε ο Φερνάντο Πέρεθ.

Το Matplotlib είναι μια βιβλιοθήκη πολλαπλών πλατφορμών, οπτικοποίησης δεδομένων και γραφικών για την Python και την αριθμητική της επέκταση NumPy. Ως εκ τούτου, προσφέρει μια εναλλακτική λύση ανοιχτού κώδικα στο MATLAB. Οι προγραμματιστές μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν τα APIs (Application Programming Interfaces) του matplotlib για να ενσωματώσουν γραφικά σε εφαρμογές GUI.

Η βιβλιοθήκη matplotlib δημιουργεί σενάρια που είναι δομημένα έτσι ώστε μερικές γραμμές μόνο κώδικα να απαιτούνται στις περισσότερες περιπτώσεις για τη δημιουργία μιας οπτικής γραφικής παράστασης δεδομένων. Είναι μια βιβλιοθήκη σχεδίασης 2D Python που παράγει στοιχεία ποιότητας δημοσίευσης σε μια ποικιλία μορφών έντυπης εκτύπωσης και διαδραστικά περιβάλλοντα σε όλες τις πλατφόρμες. Το matplotlib μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σενάρια Python, στο κέλυφος Python και ipython σε διακομιστές εφαρμογών ιστού και σε έξι εργαλειοθήκες γραφικών διεπαφής χρήστη (GUI). Το matplotlib προσπαθεί να κάνει τα εύκολα πράγματα εύκολα και τα δύσκολα δυνατά. [19][20]

4.6.3 Τι είναι η βιβλιοθήκη Openpyxl στην Python

Εικόνα 11: Βιβλιοθήκη Openpyxl
Πηγή: https://medium.com/analytics-vidhya/excel-in-python-591a3cfe8094

Το μεγαλύτερο μέρος του κόσμου σήμερα βασίζεται στο Excel για πολλές διαδικασίες. Όλοι γνωρίζουμε ότι το Excel χρησιμοποιείται για την οργάνωση δεδομένων, τη διενέργεια υπολογισμών, την οικονομική ανάλυση, την οπτικοποίηση κλπ. Ωστόσο μερικές φορές χρειάζεται να αυτοματοποιηθούν μερικές επαναλαμβανόμενες εργασίες που είναι δύσκολο να εκτελεστούν χειροκίνητα. Και εδώ έρχεται η Python για να μας σώσει από μονότονες εργασίες και να βοηθήσει στην αυτοματοποίηση. Μια χρήσιμη βιβλιοθήκη της Python είναι η Openpyxl .

Το Openpyxl είναι μια βιβλιοθήκη Python που χρησιμοποιείται για ανάγνωση από αρχείο Excel ή εγγραφή σε αρχείο Excel. Οι επιστήμονες δεδομένων χρησιμοποιούν το Openpyxl για ανάλυση δεδομένων, αντιγραφή δεδομένων, εξόρυξη δεδομένων, σχεδίαση γραφημάτων, φύλλα στυλ, προσθήκη τύπων και πολλά άλλα.[21]

5 Κεφάλαιο: Πρακτικό υπόβαθρο

5.1 Ο στόχος του κώδικα

Η ανάπτυξη του κώδικα έχει ως στόχο την προσομοίωση ενός εικονικού δικτύου ενέργειας το οποίο αποτελείται από ένα φωτοβολταϊκό και μία μπαταρία. Ο κώδικας θα διαβάζει δύο λίστες τιμών την κατανάλωση των χρηστών και την παραγωγή ενέργειας και θα υπολογίζει αν το κύκλωμα θα είναι διαθέσιμο για το διάστημα των 24ώρων. Ο τελικός χρήστης θα ενημερώνεται για την διαθεσιμότητα του κυκλώματος μέσω των διαγραμμάτων.

5.1.1 Επεξήγηση και ανάλυση του κώδικα

```
#!/usr/bin/env python3
##################################################
#
# Author: Χριστίνα Ελευθεριάδου
# Version: 1.0
# Writter: Χριστίνα Ελευθεριάδου
# Code Maintainer: Χριστίνα Ελευθεριάδου
# Code Status: under review
# Email:  eleuthexristina14@gmail.com
#
##################################################
# Code dependances
#############################################################
# Για να διευκολύνουμε τον χρήστη γράφουμε στην αρχή τα dependencies που πρέπει να κάνει
# εγκατάσταση ώστε να τρέχει το πρόγραμμα μας.
# Κάνουμε import τις βιβλιοθήκες που θα χρειαστούμε ώστε να έχουμε τα εργαλεία στην διάθεση μας.

import pandas as pd # library for data injection from excel

import matplotlib.pyplot as plt # plot data from tables

import numpy as np # parse lists

# Ορίζουμε ως df το αρχείο Excel που έχουμε τις μεταβλητές μας. Το αρχείο πρέπει να βρίσκεται στον
# ίδιο φάκελο και path με το .py αρχείο μας.
df = pd.read_excel('data.xlsx')

# Ορίζουμε τις μεταβλητές μας. Σε αυτό το πεδίο οι μεταβλητές είναι:

soc_max=X  # ('η τιμή της μέγιστης χωρητικότητας δεν είναι σταθερή: ')
```

```
soc_t=X # (‘η τιμή από το υπόλοιπο της μπαταρίας δεν είναι σταθερή: ')

# Δημιουργουμε τις λίστες μας ώστε να τροφοδοτήσουμε με διαγράμματα τους πίνακες μας.

time_table = [0]  # Λίστα για τις ώρες της μέρας βάση 24h όπως είναι στο Excel.

pcon_table=[0]   # Λίστα για την κατανάλωση ενέργειας που γεμίζει με τις μεταβλητές του Excel.

pgen_table=[0]   # Λίστα για την παραγωγή ενέργειας που γεμίζει με τις μεταβλητές του Excel.

waste_table=[0]  # Λίστα για την ενέργεια που πάει χαμένη

battery_level=[soc_t]  # Λίστα με τον επίπεδο της μπαταρίας που ορίζεται από τον κώδικα βάση
# της παραγωγής μείον την κατανάλωση σε σχέση με το επίπεδο της μπαταρίας.
Service_av=["available"] # Λίστα για την καταχώριση των ωρών που η συσκευή μας είναι εκτός

# λειτουργείας.

# Δινουμε στον πίνακα τα plot style. Το οποίο υπάρχει σαν default το matplotlib.

plt.style.use('_mpl-gallery')

# Δημιουργούμε μια for ώστε να διαβάσουμε τα value από το Excel μας και να κάνουμε τους
# υπολογισμούς. Το εύρος είναι από το 0 έως την τελευταία γραμμή που έχει εγράφη και δεν είναι κενή.
for i in range(len(df)):

    # Διαβάζουμε τις μεταβλητές από το Excel με βάση την γραμμή και το όνομα της στήλης

    time = df.loc[i,"Time"]

    p_cons = df.loc[i, "P^infl"]

    p_prod = df.loc[i, "P^rg"]

    # Τις μεταβλητές που έχουμε διαβάσει από το Excel τις  προσθέτουμε τις λίστες μας.

    # Το .append προσθέτει την μεταβλητή μετα την προηγουμένη εγράφη. Δηλαδή list_test=[1,2,3,4,5]


    time_table.append(time)

    pgen_table.append(p_prod)

    pcon_table.append(p_cons)

   # Βρίσκουμε την διαφορά αναμεσά στην παραγωγή και στην κατανάλωση.

   # Αν η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή το αποτέλεσμα θα είναι αρνητικό.

    diff=float(p_prod) - float(p_cons)

   # Εντάσσουμε το αποτέλεσμα στο υπόλοιπο τις μπαταρίας. θετικό η αρνητικό και το βάζουμε
   # σε μια λίστα.
```

```
    battery_current=battery_level[-1] + float(diff)

battery_level.append(battery_current)

# Τωρα υπολογίζουμε το waste όταν το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι μεγαλύτερο από την κατανάλωση

if float(battery_current) >= float(soc_max):

# Υπολογιζουμε το waste παίρνοντας την τιμή μεγίστης χωρητικότητας και αφαιρούμε το επίπεδο
# τις μπαταριάς

        waste=soc_max - battery_level[-1]

        waste_table.append(waste)

        print('Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι',float(battery_level[-1]), '. Χαμένη ενέργεια',

        float(waste))

        # Στην λίστα Service_av προσθέτουμε available αν η ενέργεια είναι επαρκής και not available
        # όταν δεν είναι.

        Service_av.append("available")

        # Όταν το υπόλοιπο της μπαταρίας Είναι μικρότερο από την κατανάλωση.

    elif float(battery_current) <= p_cons:

    print('Το υπόλοιπο τις μπαταρίας είναι ανεπαρκές. Το έλλειμμα σε ενέργεια είναι:

    (float(battery_current)-float(p_cons)))

    # Στην λίστα Service_av προσθέτουμε available αν η ενέργεια είναι επαρκής και not available όταν
    # δεν είναι.

        Service_av.append("not available")

        # Όταν δεν έχουμε waste προσθέτουμε στην λίστα το 0 ώστε η απεικόνιση να είναι σωστή.

        # Γιατί το διάγραμμα θα είναι σε 24h αρά θέλει και 24 μεταβλητές.

        waste_table.append("0")

 else: # Αν δεν έχουμε waste βάζουμε στην λίστα 0 ώστε να γίνει plot

        waste_table.append(0)

        Service_av.append("available")

#Δημιουργούμε το παράθυρο που θα γίνουν plot οι πίνακες.

#Ορίζουμε τον αριθμό των πινάκων που θα έχουμε μέσα στο παράθυρο.

fig, ax = plt.subplots(4)
```

```
#Ορίζουμε το μέγεθος του παράθυρου σε ίντσες.

fig.set_size_inches(8, 8)

#Δινουμε ένα όνομα στο παράθυρο.

fig.suptitle('Simulations')

# Δίνουμε τα περιθώρια του παραθύρου.

Fig.subplots_adjust(left=0.11, bottom=0.079, right=0.921, top=0.921, hspace=0.27)

# Φτιάχνουμε τον πρώτο πίνακα και τον αριθμούμε ως 0. Ο πίνακας αυτό μας δείχνει
# το επίπεδο της μπαταρίας με Y την μεγίστη χωρητικότητα και X την ώρα.

ax[0].set_title('Το επίπεδο της μπαταρίας ') # Το όνομα του πίνακα

ax[0].plot(time_table, battery_level, linewidth = 1) # Δίνουμε τις μεταβλητές x, y
# και το πάχος τις γραμμής του διαγράμματος.

ax[0].set_xticks(time_table) # Δίνουμε σαν όρισμα ότι θέλουμε στον άξονα X να μας απεικονίζει
# όλες τις μεταβλητές της λίστας time_table.

ax[0].set_ylim(0,soc_max) # Ορίζουμε την ελάχιστη και την μέγιστη τιμή του άξονα Y

# Φτιάχνουμε τον δεύτερο πίνακα και τον αριθμούμε ως 1. Ο πίνακας αυτό μας δείχνει το waste
# με Y την τιμή του waste και X την ώρα.

ax[1].set_title('Power Waste')

ax[1].plot(time_table, waste_table)

ax[1].set_xticks(time_table) # Δίνουμε σαν όρισμα ότι θέλουμε στον άξονα X να μας απεικονίζει
# όλες τις μεταβλητές της λίστας time_table.

# Φτιάχνουμε τον τρίτο πίνακα και τον αριθμούμε ως 2. Ο πίνακας αυτό μας δείχνει το
# service availability με Y την τιμή available/not available και X την ώρα.

ax[2].set_title('Service Availability')

ax[2].plot(time_table, Service_av, linewidth = 5)

ax[2].set_xticks(time_table) # Δίνουμε σαν όρισμα ότι θέλουμε στον άξονα X να μας απεικονίζει

όλες τις μεταβλητές της λίστας time_table.

ax[2].set_ylim(bottom="not available", top="available") # Ορίζουμε το ανώτερο όριο και το κατώτερο ό

# Φτιάχνουμε τον τέταρτο πίνακα και τον αριθμούμε ως 3.

# Ο πίνακας αυτό μας δείχνει την παραγωγή και την κατανάλωση σε σχέση με την ώρα.
```

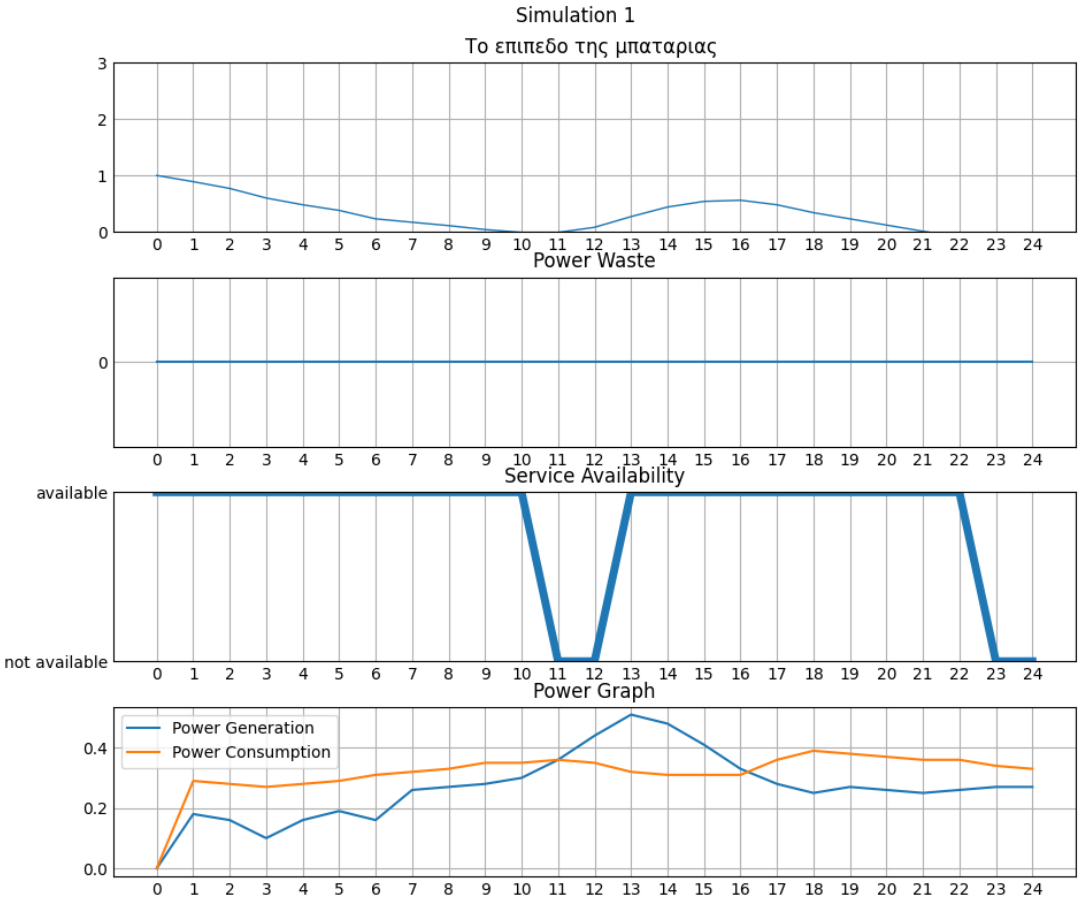
```
ax[3].set_title('Power Graph') # Όνομα πίνακα

ax[3].plot(time_table, pgen_table, label = "Power Generation") # Ορισμός μεταβλητών παραγωγής

# για x, y και ονομασία του γραφήματος


ax[3].plot(time_table, pcon_table, label = "Power Consumption") # Ορισμός μεταβλητών
# κατανάλωσης για x, y και ονομασία του γραφήματος

ax[3].set_xticks(time_table) # Δίνουμε σαν όρισμα ότι θέλουμε στον άξονα X να μας απεικονίζει όλες


# Δημιουργεί μια αποκόμιση του πίνακα.

plt.legend()

# Εμφανίζει την αποκόμιση του πίνακα που μόλις φτιάξαμε.

plt.show()
```

5.1.2 Προσομοιώσεις του εικονικού δικτύου ενέργειας

Λαμβάνοντας υπόψιν τις αυξομειώσεις των τιμών στην χωρητικότητα και στο υπόλοιπο της μπαταρίας, πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω προσομοιώσεις.

5.1.2.1 1η Αποτυχημένη προσομοίωση

Σε αυτήν την προσομοίωση χρησιμοποιώ μια μπαταριά με μέγιστη χωρητικότητα 2pu και υπόλοιπο μπαταρίας 1pu.Η προσομοίωση τρέχει για 24ώρες.



Εικόνα 1: 1η Αποτυχημένη προσομοίωση

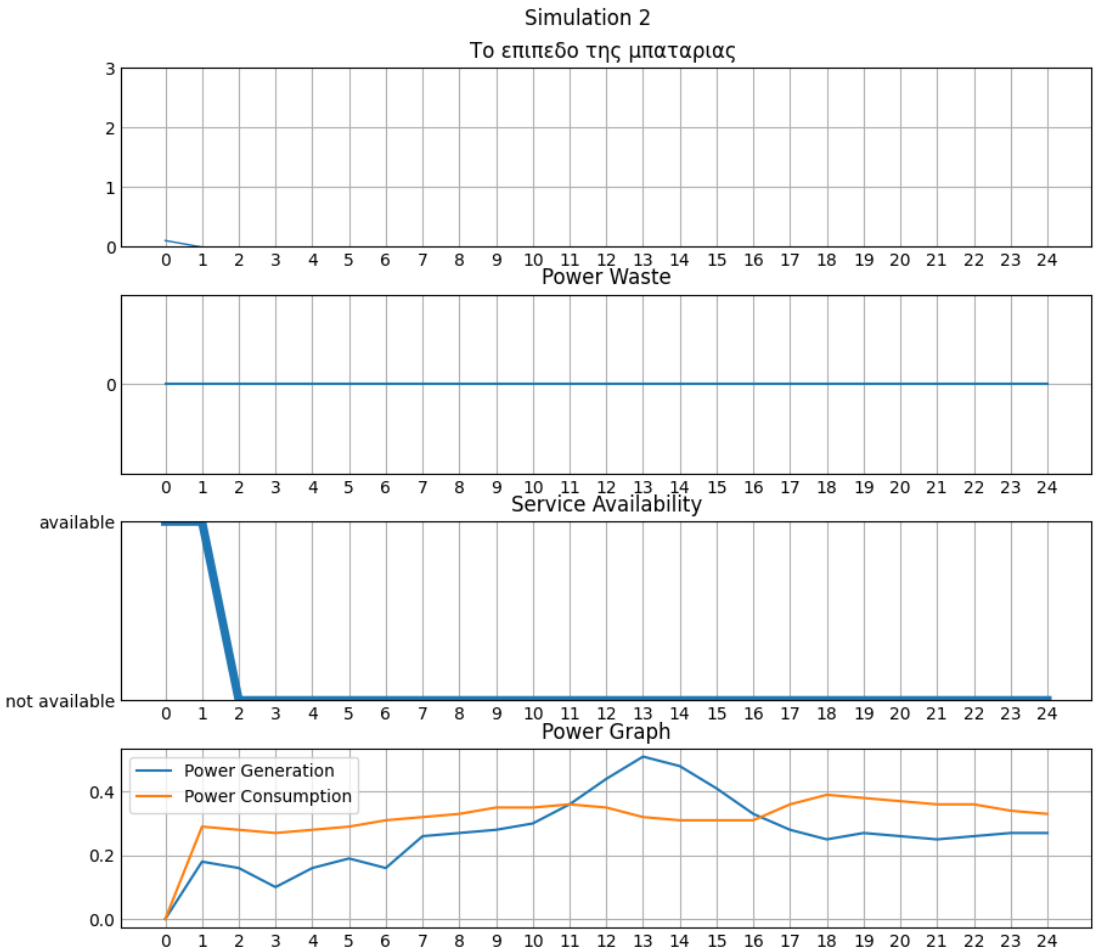
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι το κύκλωμα είναι εκτός λειτουργίας για συνολικά 4 ώρες. Επίσης, στις ώρες αιχμής που η κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή ενέργειας και το επίπεδο της μπαταρίας δεν επαρκεί για να εξυπηρετήσει τους εκάστοτε χρήστες, το κύκλωμα βγαίνει εκτός λειτουργίας στις κρίσιμες ώρες οπότε οι τιμές της μπαταρίας για την δεδομένη παραγωγή και κατανάλωση είναι απαγορευτικές.

Αποτέλεσμα προσομοίωσης

Το υπόλοιπο τις μπαταρίας είναι ανεπαρκές. Το έλλειμμα σε ενέργεια είναι: -0.009999999999999926 ήταν εκτός λειτουργίας στις: 11, 12, 23, 24
Ήταν offline για συνολικά: 4 h

5.1.2.2 2η Αποτυχημένη προσομοίωση

Σε αυτήν την προσομοίωση χρησιμοποιώ μια μπαταριά με μέγιστη χωρητικότητα 3pu και υπόλοιπο μπαταρίας 0.1pu.Η προσομοίωση τρέχει για 24ώρες.



Εικόνα 1: 2η Αποτυχημένη προσομοίωση

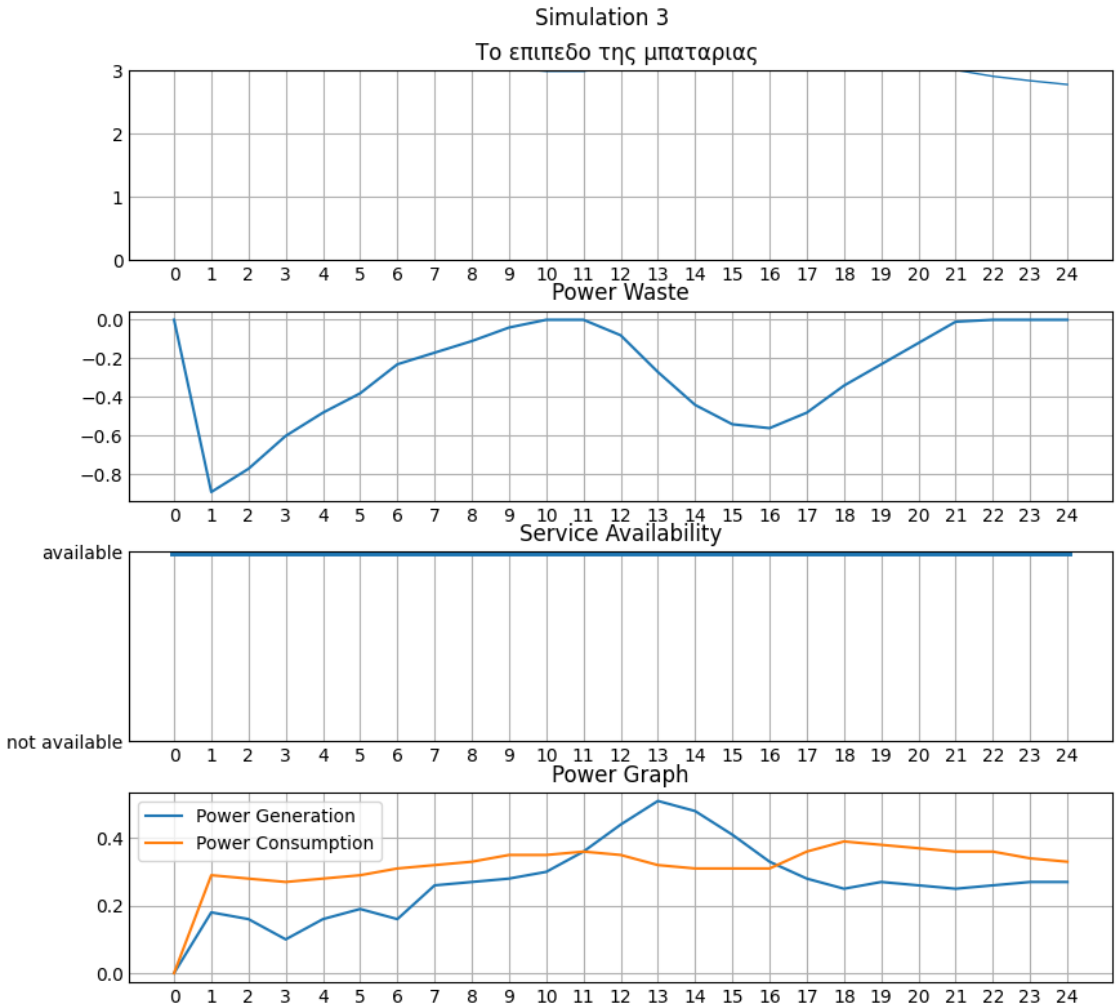
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι το κύκλωμα είναι εκτός λειτουργίας για συνολικά 23 ώρες.

Αποτέλεσμα προσομοίωσης

Το υπόλοιπο τις μπαταρίας είναι ανεπαρκές. Το έλλειμμα σε ενέργεια είναι: -0.8599999999999999 ήταν εκτός λειτουργίας για: 23

5.1.2.3 3η Αποτυχημένη προσομοίωση

Σε αυτήν την προσομοίωση χρησιμοποιώ μια μπαταριά με μέγιστη χωρητικότητα 3pu και υπόλοιπο μπαταρίας 4pu.Η προσομοίωση τρέχει για 24ώρες.



Εικόνα 1:3η Αποτυχημένη προσομοίωση

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι το κύκλωμα δεν βγαίνει εκτός λειτουργάς όμως υπάρχει χαμένη ενέργεια διότι η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι μικρότερη από το υπόλοιπο. Δηλαδή έχουμε υπερφόρτιση της μπαταρίας.

Αποτέλεσμα προσομοίωσης

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.6 . Χαμένη ενέργεια -0.6000000000000001

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.48 . Χαμένη ενέργεια -0.48

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.38 . Χαμένη ενέργεια -0.3799999999999999

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.23 . Χαμένη ενέργεια -0.22999999999999998

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.17 . Χαμένη ενέργεια -0.16999999999999993

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.11 . Χαμένη ενέργεια -0.10999999999999988

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.04 . Χαμένη ενέργεια -0.040000000000000036

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.08 . Χαμένη ενέργεια -0.08000000000000007

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.27 . Χαμένη ενέργεια -0.27

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.44 . Χαμένη ενέργεια -0.43999999999999995

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.54 . Χαμένη ενέργεια -0.54

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.56 . Χαμένη ενέργεια -0.56

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.48 . Χαμένη ενέργεια -0.48

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.34 . Χαμένη ενέργεια -0.33999999999999986

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.23 . Χαμένη ενέργεια -0.22999999999999998

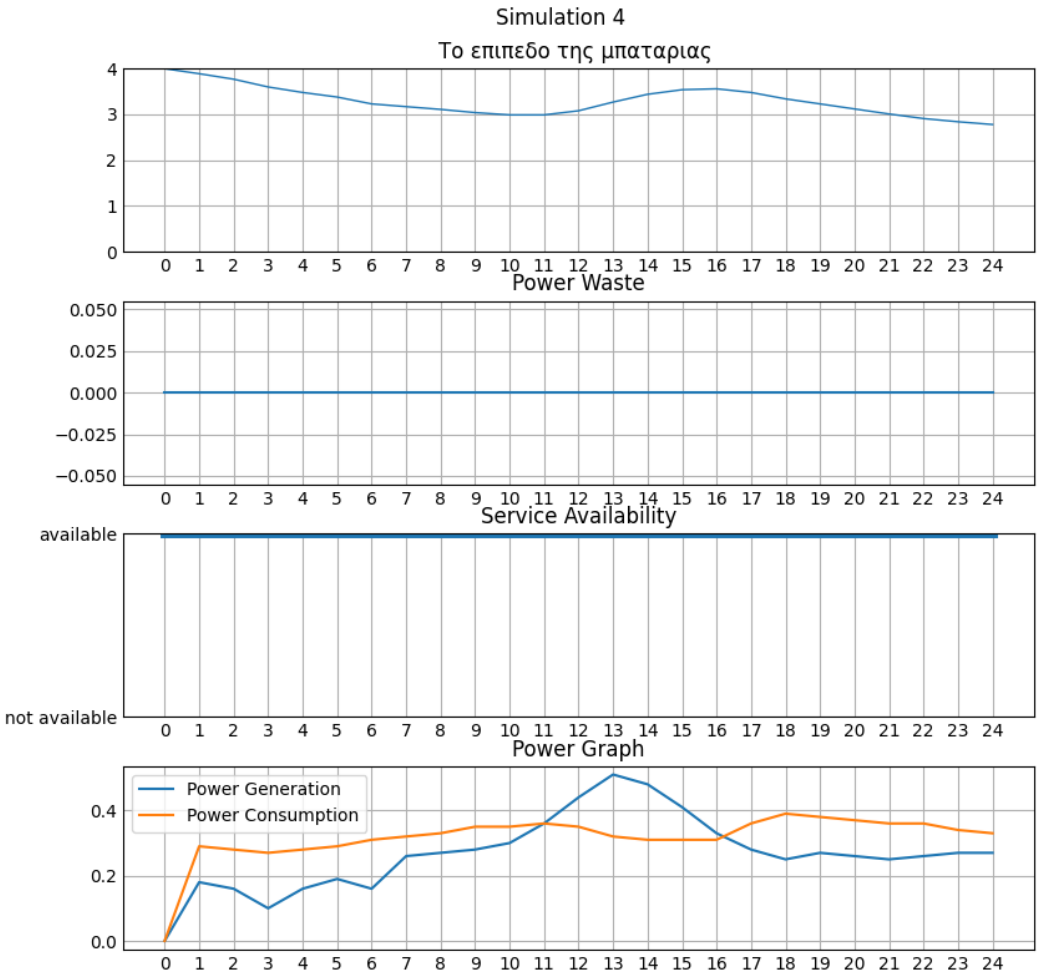
Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.12 . Χαμένη ενέργεια -0.1200000000000001

Το υπόλοιπο της μπαταρίας είναι 3.0100000000000002 . Χαμένη ενέργεια -0.010000000000000231

Ήταν offline για συνολικά: 0 h

5.1.2.4 4η Επιτυχημένη προσομοίωση

Σε αυτήν την προσομοίωση χρησιμοποιώ μια μπαταριά με μέγιστη χωρητικότητα 4pu και υπόλοιπο μπαταρίας 3pu. Η προσομοίωση τρέχει για 24ώρες.



Εικόνα 1:4η Επιτυχημένη προσομοίωση

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε ότι το κύκλωμα δεν βγαίνει εκτός λειτουργάς .

<u>Αποτέλεσμα προσομοίωσης</u>

Ήταν offline για συνολικά: 0 h

6 Κεφάλαιο: Συμπέρασμα και Μελλοντική πρόταση

6.1 Συμπέρασμα

Το πρόγραμμα επιτρέπει την εξέταση της αλληλεξάρτησης μεταξύ των κύριων μεταβλητών του συστήματος ενέργειας, παρέχοντας μια βαθύτερη κατανόηση των επιπτώσεων των διαφόρων παραμέτρων στην απόδοση και την αποτελεσματικότητα του συστήματος.

- Επίπεδο μπαταρίας: Η παρακολούθηση του επιπέδου της μπαταρίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, μπορεί να βοηθήσει στην εκτίμηση της ικανότητας του συστήματος παραγωγής ενέργειας σε συσχέτιση με την κατανάλωση ενέργειας για να αποφευχθούν τυχόν διακοπές λειτουργίας.
- Waste Energy: Εξετάζοντας το waste energy, μπορούμε να αντιληφθούμε τις συνθήκες κατά τις οποίες η παραγωγή ενέργειας είναι μεγαλύτερη της κατανάλωσης σε συνδυασμό με την διαθέσιμη χωρητικότητα της μπαταριάς του συστήματος.
- Service Availability: Η ανάλυση της διαθεσιμότητας υπηρεσίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των χρονικών περιόδων όπου το σύστημα είναι πιο ευάλωτο σε διακοπές ρεύματος λόγω υψηλής κατανάλωσης ή χαμηλής παραγωγής ενέργειας. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τους φορείς εκμετάλλευσης να κατανοήσουν πώς να διαχειριστούν καλύτερα τους πόρους ενέργειας και να αποφύγουν τυχόν διακοπές ρεύματος.
- Παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας: Η αναπαράσταση της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας προσφέρει μια γενική εικόνα της απόδοσης του συστήματος. Αυτό βοηθά στην εύρεση των σημείων όπου η κατανάλωση υπερβαίνει την παραγωγή, καθώς και στον εντοπισμό των ευκαιριών για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας του συστήματος.

Συνοψίζοντας, το πρόγραμμα παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των κύριων μεταβλητών που επηρεάζουν την απόδοση ενός συστήματος ενέργειας. Με τη βοήθεια αυτών των πληροφοριών, μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα πώς λειτουργεί το σύστημα, να αναγνωρίσουμε τις περιοχές που χρειάζονται βελτίωση και να εφαρμόσουμε λύσεις που θα αυξήσουν την αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και τη βιωσιμότητα του συστήματος.

Επιπλέον, η χρήση των πληροφοριών που παρέχει το πρόγραμμα μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, τη βελτίωση της αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας και τη μείωση του κόστους για τους καταναλωτές.

Σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, η εφαρμογή των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, την ανάπτυξη βιώσιμων πηγών ενέργειας και την καλύτερη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας.

Εν κατακλείδι, το πρόγραμμα που παρουσιάστηκε προσφέρει μια σημαντική εργαλειοθήκη για την αξιολόγηση και τη βελτίωση των συστημάτων ενέργειας, επιτρέποντας στους φορείς εκμετάλλευσης και στους καταναλωτές να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με τη χρήση και τη διαχείριση των πόρων ενέργειας. Τα στοιχεία που προσφέρει το πρόγραμμα μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση των επιπτώσεων των

διαφόρων παραμέτρων, την αναγνώριση των προκλήσεων που αντιμετωπίζει το σύστημα ενέργειας και την ανάπτυξη λύσεων που θα συμβάλλουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας.

Στο μέλλον, τα δεδομένα και οι πληροφορίες που προκύπτουν από τη χρήση του προγράμματος μπορούν να ενσωματωθούν σε ευρύτερες πρωτοβουλίες που αποσκοπούν στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών και πρακτικών στον τομέα της ενέργειας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, θα μπορούσαμε να αντιμετωπίσουμε πιο αποτελεσματικά τις παγκόσμιες προκλήσεις όπως η αλλαγή του κλίματος.

Τέλος, το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τη σημασία της ενεργειακής αποδοτικότητας, της βιώσιμης παραγωγής ενέργειας και της καλής διαχείρισης των πόρων. Αυτό θα μπορούσε να ενθαρρύνει τους ανθρώπους να αναλάβουν πρωτοβουλίες για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, την υιοθέτηση πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας και την υποστήριξη βιώσιμων τεχνολογιών.

6.2 Μελλοντική πρόταση

Θα πρέπει να αντικατασταθεί η μπαταρία με μία μεγαλύτερης χωρητικότητας ή να προστεθεί μια επιπλέον μπαταρία στο κύκλωμα ώστε η συστοιχία μπαταριών να καλύπτει τις απαιτούμενες ενέργειες. Επίσης, θα μπορούσαμε να βάλουμε μια επιπλέον πηγή ενέργειας για να έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή.

Βιβλιογραφία

[1] Smart grid: fundamentals of design and analysis / James Momoh.2012)[5] " Our Blueprint for the Future . " PEPCO

[2]](A.G. Barto, W.B. Powell, D.C. Wunsch, and J. Si . Handbook of Learning and Approximate Dynamic Program-ming. IEEE Press Series on Computational Intelli-gence, 2004)

[3] J.A. Momoh . Electric Power System Application of Optimization . Marcel Dekker, New York, 2001 G. Riley and J. Giarratano

[4] Expert Systems: Principles and Programming . PWS Pub-lisher, Boston, 2003

[5] A. Englebrecht . Computational Intelligence: An Introduction, John Wiley & Sons,2007

[6] M. Dorigo and T. Stuzle . Ant Colony Optimization . Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2004

[7] http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/12671/1/DT2015-0020.pdf

[8] http://okeanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3523/%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%A7%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97%20PDF.pdf?sequence=4&isAllowed=y

[9] Τεχνικές ελέγχου αντιστροφέων σε κατάσταση νησιδοποίησης δικτύου Διανεμημένης Παραγωγής, Δασκαλάκη Άννα, Τασούλα Δήμητρα,2013)

[10] Ουρεϊλίδης, Κωνσταντίνος (2015, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)), Μέθοδοι αποκεντρωμένου ελέγχου μικροδικτύου με ΑΠΕ για τη βελτίωση της λειτουργίας σε μόνιμη και μεταβατική κατάσταση, http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/43525#page/21/mode/1up

[11] ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ,Ντίνος Χαραλαμπί-δηςhttp://www.oeb.org.cy/wp-content/uploads/2019/09/05-Examples-microgrids_CCharalambides.pdf

[12] Έξυπνα Ενεργειακά Δίκτυα: Διαχείριση και Εφαρμογές, ΠΑΝΤΙΣΚΑ ΛΕΟΝΑΡΔΟΥ https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/9574/6/Pantiskas(ele).pdf

[13] The Role of Internet of Things and Smart Grid for the Development of a Smart City, Sudeep Tanwar Nirma Uni-versity, Sudhanshu Tyagi Thapar University, Sachin Ku-mar,2018

[14] https://circuitglobe.com/power-factor.html

[15] https://izipen.gr/blog/glossa-programmatismou-python/

[16] https://win-info.ru/el/why-learn-python-7-reasons-to-learn-python-in-2021

[17] https://elearn.ellak.gr/mod/book/view.php?id=3323

[18] https://pypi.org/project/pandas/

[19] https://www.activestate.com/resources/quick-reads/what-is-matplotlib-in-python-how-to-use-it-for-plotting/

[20] https://www.python.org/search/?q=Matplotlib&submit=

[21] https://www.topcoder.com/thrive/articles/excel-automation-with-openpyxl-in-python

[22] (https://www.w3schools.com/python/numpy/numpy_intro.asp)

[23] Solar photovoltaic modeling and simulation: As a renewable energy solution