



ΔΙΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 2^ο

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΤΗΜΟΝΙΑΡΗΣ

ΔΠ-ΗΕ: Το Έξυπνο Ηλεκτρικό Δίκτυο

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Επειδή:

- οι μονάδες παραγωγής είναι **ιδιωτικών συμφερόντων**,
- οι μονάδες παραγωγής είναι **πολλές και διεσπαρμένες γεωγραφικά**,
- τα **φαινόμενα-προβλήματα** που παρατηρούνται στα **τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα** μπορεί να μην παρατηρούνται σε **άλλα σημεία** του ηλεκτρικού δικτύου μιας χώρας.
- χρειάζονται πολύ **περισσότερα κέντρα ελέγχου και διαχείρισης** του δικτύου, κάτι το οποίο είναι **αδύνατον τεχνικά και οικονομικά**, αν έχουν τη μορφή που έχουν μέχρι σήμερα.

συνάγεται το συμπέρασμα της ανάγκης μεταμόρφωσης του υπάρχοντος δικτύου

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Από ένα δίκτυο όπου:

- η **παραγωγή** είναι **συγκεντρωμένη**,
- η **ισχύς** ρέει προς **μία κατεύθυνση** και
- οι διαχειριστικές **αρχές** το **ελέγχουν**

Σε ένα δίκτυο όπου

- η **παραγωγή ενέργειας** είναι **διανεμημένη**,
- **ισχύς** ρέει προς **οποιαδήποτε κατεύθυνση** και
- οι **αρχές** ή **εταιρείες** διαχείρισης **δεν** έχουν τον **έλεγχο του δικτύου**



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Αυτός ο τύπος δικτύου φαίνεται **απρόβλεπτος** και για να μπορέσει να ελεγχθεί, είναι απαραίτητος ο **τοπικός αυτόνομος έλεγχος** του δικτύου από **ευφυή συστήματα ελέγχου**.

Για αυτό, το μελλοντικό αυτό δίκτυο αποκαλείται **έξυπνο ή ευφυές δίκτυο**.





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.1 Πιθανοί τρόποι υλοποίησης του έξυπνου δικτύου, ως λύσης για την αύξηση της διείσδυσης μονάδων διανεμημένης παραγωγής στο ηλεκτρικό δίκτυο





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Ένας πρώτος τρόπος βελτίωσης της μειωμένης αξιοπιστίας και ποιότητας της παρεχόμενης ισχύος από αυτή τη μεταμόρφωση του δικτύου είναι η ένταξη αποθηκευτικών μέσων κοντά στις μονάδες κατανεμημένης παραγωγής, που θα προσφέρουν άμεση κάλυψη της ζήτησης.





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Συνεπώς, ο καθορισμός του **επιπέδου φόρτισης** (State of Charge - SoC) των **αποθηκευτικών μέσων** σε **πραγματικό χρόνο** είναι **απαραίτητος** για την **αξιοπιστία** του δικτύου.

Ο **έλεγχος** του **επιπέδου φόρτισης** των **μονάδων αποθήκευσης**, εφόσον βρίσκονται κοντά σε **μονάδες καταναεμημένης παραγωγής**, **δεν** μπορεί να είναι **κεντρικός**, αλλά **τοπικός**.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Ανάγκη **διανεμημένου** ελέγχου του δικτύου:



Ανάπτυξη **νέας τοπολογίας** ηλεκτρικού δικτύου



Ανάπτυξη αντίστοιχης **υποδομής ελέγχου** που θα μπορεί να εφαρμοστεί από τα **οικιακά δίκτυα** μέχρι το **δίκτυο διανομής**.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η υποδομή ελέγχου πρέπει:

- να είναι **συμβατή με υπάρχουσες τεχνολογίες ελέγχου της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.**
- να **αλληλεπιδρά με το σύστημα ελέγχου του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, για να μπορέσει να εκμεταλλευτεί τα οφέλη των βοηθητικών υπηρεσιών του έξυπνου δικτύου.**
- να **διεξαχθούν εκτεταμένες μετρήσεις και δοκιμές προσομοίωσης.**



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η **νέα τοπολογία** πρέπει:

- να είναι **εφαρμόσιμη** από το **μικρότερο δίκτυο**, όπως είναι το **οικιακό δίκτυο** μέχρι
- όλο το **δίκτυο διανομής**, το οποίο κατά συνέπεια πρέπει να χωριστεί - από την μεριά του ελέγχου - σε **μικρότερα, διασυνδεδεμένα, παράλληλα υποδίκτυα**.



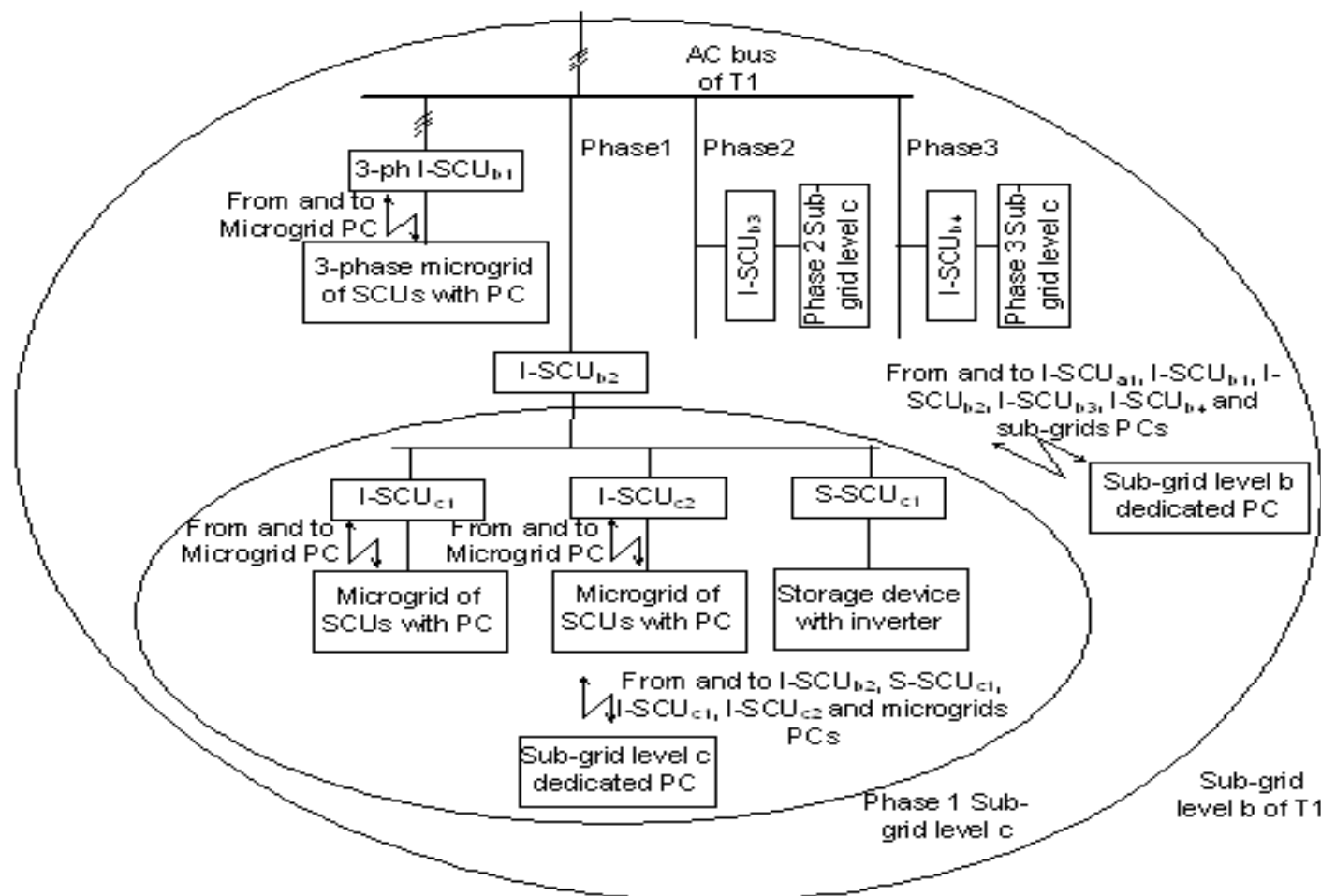
Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Κάθε **υποδίκτυο**:

- περιλαμβάνει **εμφωλευμένα**, μικρότερα δίκτυα (**μικροδίκτυα**), κοκ.
- πρέπει να μπορεί να **αποσυνδέεται** από το **υπόλοιπο δίκτυο** και
- να λειτουργεί **αυτόνομα** ή **νησιδοποιημένα** (islanded mode of operation).

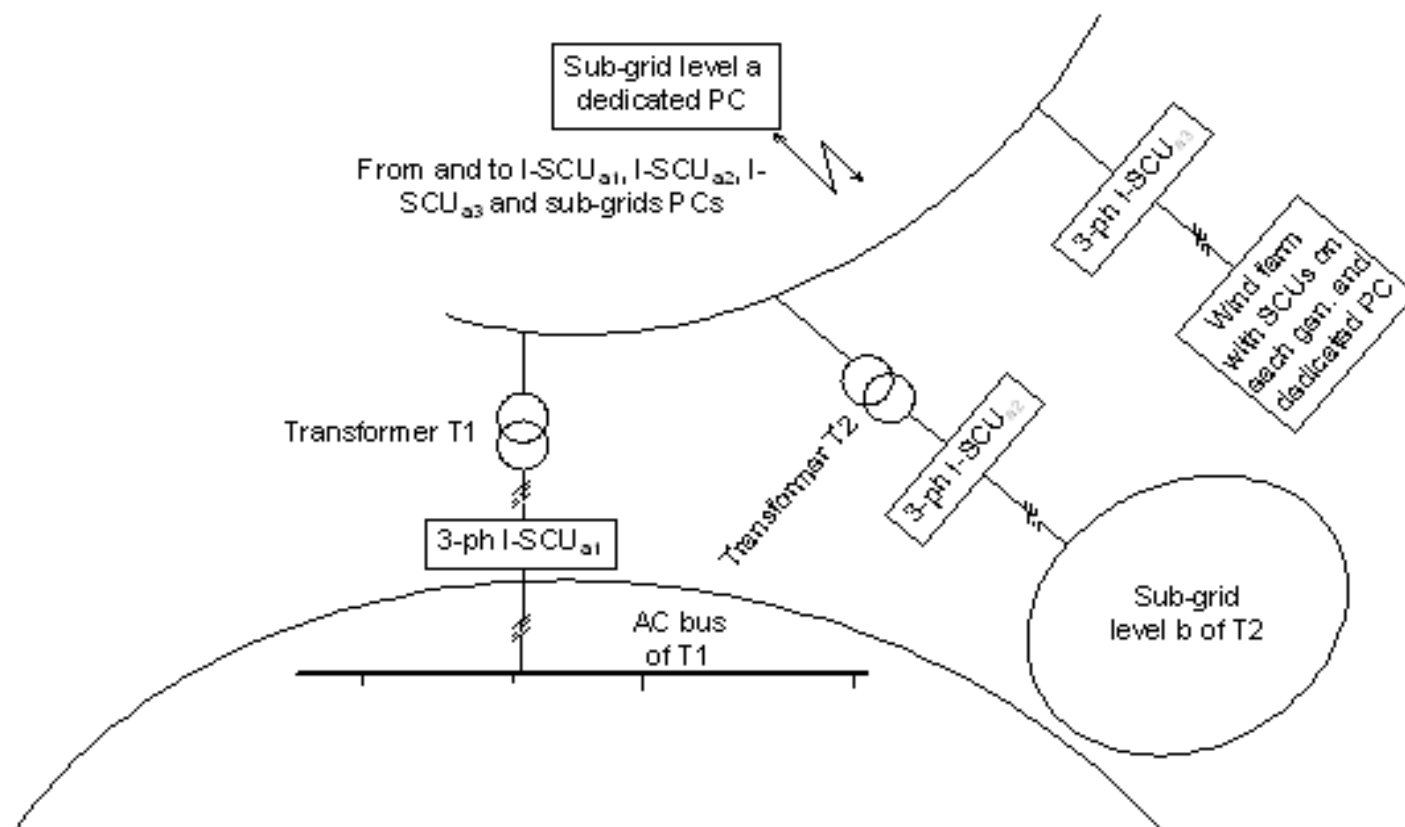
Άρα πρέπει να είναι **αυτοελεγχόμενο**.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



Σχήμα 2.1(α): Προτεινόμενη τοπολογία έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



Σχήμα 2.1(β): Προτεινόμενη τοπολογία έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.2 Το μικροδίκτυο ως απαραίτητη δομική μονάδα του έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου. Ορισμός και χαρακτηριστικά, τοπολογίες





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Όπως φαίνεται από τα σχήματα 2.1 (α) & (β), είναι προφανής ο **σημαντικός ρόλος** που διαδραματίζουν τα **μικροδίκτυα** στο μελλοντικό δίκτυο.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Τα μικροδίκτυα περιλαμβάνουν:

- συστήματα διανομής στη χαμηλή (LV) ή μέση τάση (MV), με μονάδες ΔΠ-ΗΕ,
- συστήματα αποθήκευσης,
- ελεγχόμενα φορτία

ενώ προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες ελέγχου επί της λειτουργίας του δικτύου.

Τα συστήματα αυτά **συνδέονται** με το Μέσης Τάσης (MV) ή χαμηλής τάσης (LV) δίκτυο διανομής, αλλά μπορούν επίσης να λειτουργήσουν σε μια **απομονωμένη λειτουργία** κατά τη διάρκεια βλάβης.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Από την άποψη της **κατανάλωσης**, τα μικροδίκτυα:

- θα **μπορέσουν να καλύπτουν** τόσο **θερμικές και ηλεκτρικές** ανάγκες,
- θα **μειώσουν** τις **εκπομπές αερίων** του θερμοκηπίου,
- θα **ενισχύσουν την αξιοπιστία**,
- θα **βελτιώσουν την ποιότητα** της ισχύος υποστηρίζοντας την τάση και
- **ενδεχομένως θα μειώσουν το κόστος** του ενεργειακού εφοδιασμού.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.2.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά των μικροδικτύων



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Κατά τη συζήτηση **υποδομών** 'έξυπνου δικτύου', οι **περισσότεροι άνθρωποι** σκέφτονται την προσθήκη **προηγμένων συσκευών μέτρησης** στα σπίτια και τις επιχειρήσεις.

Ενώ η **αυτοματοποίηση** και η **διανεμημένη νοημοσύνη** στα δίκτυα διανομής είναι σε επεξεργασία για σχεδόν **δύο δεκαετίες**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Σημαντική πρόοδος είναι η δημιουργία **‘αυτοθεραπευόμενων’** δικτύων διανομής, ή ζωνών όπου οι διακόπτες και οι προστατευτικές συσκευές (Intelligent Energy Devices - IEDs) επικοινωνούν σε **πραγματικό χρόνο** για να **απομονωθούν** τα **σφάλματα** και να **αποκατασταθεί** η **λειτουργία** του δικτύου, **χωρίς** να **χρειάζονται** **εντολές SCADA** από το **κέντρο ελέγχου**.





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Σε επόμενο στάδιο, η προσθήκη της **διανεμημένης ενεργειακής αποθήκευσης** θα επιτρέπει σε δίκτυα ακόμη και μεγάλης έκτασης να συνεχίσουν την λειτουργία τους ως αυτόνομα **‘island’** δίκτυα σε περίπτωση **απώλειας της σύνδεσης** με το υπόλοιπο δίκτυο.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Το **μικροδίκτυο** μπορεί να οριστεί ως ένα τμήμα του «έξυπνου» ηλεκτρικού δικτύου διανομής (Smart Distribution Grid), που περιλαμβάνει:

- **κατανεμημένους παραγωγούς,**
- **μέσα αποθήκευσης και ελεγχόμενα φορτία,**
- **έχει τη δυνατότητα απομονωμένης λειτουργίας – νησιδοποίησης, και**
- **αυτοελέγχεται από ένα έξυπνο σύστημα ελέγχου μικροδικτύων (Microgrid Management System - MMS).**

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Τα κυριότερα **δομικά χαρακτηριστικά** ενός μικροδικτύου είναι:

1. η **διανεμημένη παραγωγή**, στην οποία εντάσσονται κυρίως οι **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**,
2. τα **αποθηκευτικά μέσα**,
3. τα **ελεγχόμενα φορτία**

Τα κυριότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι:

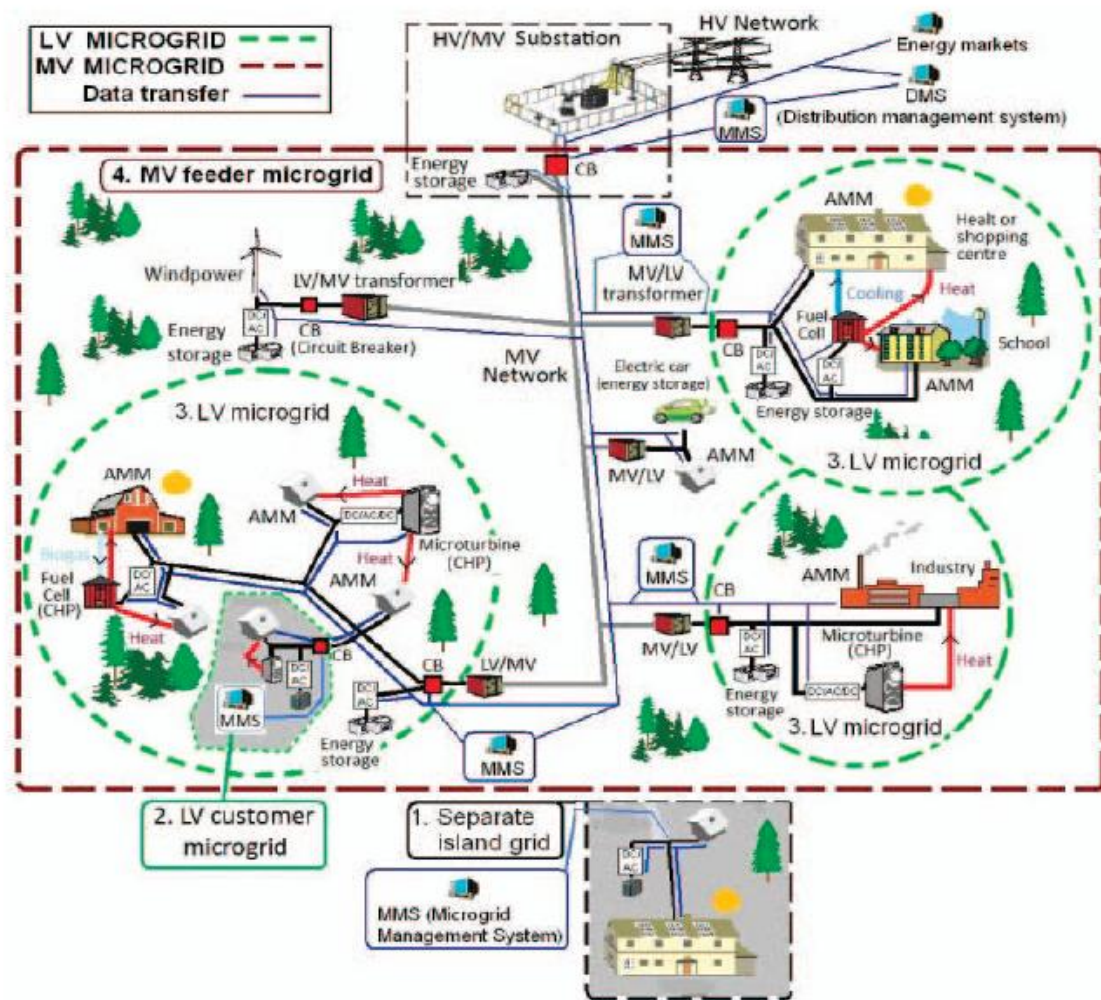
1. η **λειτουργία νησιδοποίησης** και
2. το **σύστημα ελέγχου** του μικροδικτύου



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Επειδή τα **αποθηκευτικά μέσα** είναι **εντελώς νέα** δομικά **στοιχεία** του δικτύου και η **σημασία** τους είναι **μεγάλη** για τον έλεγχο και τη λειτουργία του δικτύου, θα **αναλυθούν περαιτέρω** σε ξεχωριστό κεφάλαιο, κυρίως από τη σκοπιά του ρόλου τους στο νέο δίκτυο.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.2.2 Ελεγχόμενα φορτία



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Ο έλεγχος των φορτίων, δηλαδή η γνώση της πραγματικής κατανάλωσης των φορτίων κάθε χρονική στιγμή και η δυνατότητα απόρριψής τους με σκοπό την ευστάθεια ενός δικτύου αποτελεί αντικείμενο έρευνας για πάνω από μία δεκαετία στα πλαίσια της προσπάθειας διαχείρισης της ζήτησης (Demand Side Management - DMS).



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Ειδικότερα για ένα μικροδίκτυο, ο έλεγχος των φορτίων είναι ακόμη πιο σημαντικός, όταν το μικροδίκτυο βρίσκεται σε λειτουργία νησιδοποίησης και πρέπει να ελεγχθεί τοπικά η τάση και η συχνότητα του απομονωμένου συστήματος. Η γνώση της ζήτησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη και με τη λειτουργία των μπαταριών. Στις παραπάνω εργασίες, φαίνεται πώς επηρεάζεται η λειτουργία του μικροδικτύου, όταν η πολιτική απόρριψης φορτίων δεν είναι επαρκής.





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Περισσότερα για τον έλεγχο φορτίων περιλαμβάνονται στην παράγραφο που περιγράφεται η **νησιδοποίηση** και στο κεφάλαιο όπου αναλύονται οι **τοπολογίες ελέγχου μικροδικτύων**. Διότι το κάθε μικροδίκτυο αποτελεί ένα «**έξυπνο**» φορτίο, το οποίο όταν κριθεί απαραίτητο **αποκόπτεται** από το **υπόλοιπο δίκτυο** και επειδή η **πολιτική απόρριψης φορτίων** εξαρτάται άμεσα από την **τοπολογία ελέγχου του μικροδικτύου**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.2.3 Νησιδοποίηση για βελτιωμένη αξιοπιστία



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η νησιδοποίηση είναι ένα σχέδιο στο ηλεκτρικό δίκτυο για να απομονωθούν τμήματα του δικτύου με μια τοπική πηγή ενέργειας σε περίπτωση διακοπής παροχής ενέργειας από το υπόλοιπο σθεναρό δίκτυο. Αυτή η πηγή ενέργειας μπορεί να είναι από ένα συμβατικό σταθμό παραγωγής ενέργειας μέχρι προηγμένες τεχνολογίες όπως οι κυψέλες καυσίμου ή οι μπαταρίες.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η δυνατότητα νησιδοποίησης είναι εξαιρετικά ευεργετική όταν χάνεται η παροχή ενέργειας από το υπόλοιπο δίκτυο, γεγονός που μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια σφάλματος στο ηλεκτρικό σύστημα. Αυτή η δυνατότητα βελτιώνει την αξιοπιστία και εξασφαλίζει ότι οι διακοπές για τους πελάτες περιορίζονται στο ελάχιστο. Αυτό το πλεονέκτημα είναι πολύ σημαντικό για ηλεκτρικά δίκτυα, ειδικά στις περιοχές με συχνές διακοπές ηλεκτροδότησης.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Οι περιοχές που θα ωφεληθούν κυρίως είναι:

- περιοχές όπου τα φορτία τροφοδοτούνται από **παλαιές, μακριές γραμμές**
- περιοχές με **πυκνή βλάστηση** (η βλάστηση μπορεί να έρθει σε επαφή με τις ηλεκτρικές γραμμές και μπορεί να προκαλέσει τις διακοπές)
- περιοχές υποκείμενες στις **συχνές φυσικές διαταραχές**, όπως τους **ανεμοστρόβιλους** και τις **θύελλες**.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η δυνατότητα **νησιδοποίησης** είναι **μεγάλου οφέλους** επειδή η διαδικασία **αποκατάστασης** μιας **βλάβης** στο υπάρχον δίκτυο μπορεί να είναι **χρονοβόρα**.

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται σήμερα κατά τη διαδικασία αποκατάστασης περιλαμβάνουν:

- **συγκέντρωση του προσωπικού**, ανεξάρτητα από το χρόνο της ημέρας,
- **εντοπισμό του σφάλματος**, το οποίο μπορεί να είναι εξαιρετικά **δύσκολο** επειδή οι ηλεκτρικές γραμμές μπορούν να απλώνονται για **πολλά χιλιόμετρα**, και
- την **επισκευή και αποκατάσταση**, που μπορεί να



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Ενώ αυτή η **εκτενής διαδικασία** πραγματοποιείται, οι **πελάτες** που εξυπηρετούνται από εκείνη την ηλεκτρική γραμμή είναι **χωρίς ενέργεια**, μερικές φορές για **πολλές ώρες**.

Η **νησιδοποίηση**, εντούτοις, δημιουργεί τη **δυνατότητα** οι περισσότεροι εάν όχι όλοι εκείνοι οι **πελάτες** να **εξυπηρετούνται** από μια **τοπική πηγή** ενώ η προσπάθεια **αποκατάστασης** βρίσκεται σε **εξέλιξη**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Πολυάριθμα οφέλη υπάρχουν από τη δυνατότητα «έξυπνης» νησιδοποίησης τμημάτων του δικτύου, όταν εμφανίζεται ένα σφάλμα:

- **Βελτιωμένοι δείκτες αξιοπιστίας**
- **Βελτιστοποίηση χρήσης των πόρων**
- **Αναβολή χρήσης κεφαλαίου:**





Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Βελτιωμένοι δείκτες αξιοπιστίας:

Δείκτες αξιοπιστίας όπως ο δείκτης μέσης διάρκειας διακοπής πελατών (CAIDI) και δείκτης μέσης διάρκειας διακοπής συστήματος (SAIDI) είναι τυποποιημένα μέτρα αξιοπιστίας. Η νησιδοποίηση μπορεί σημαντικά να βελτιώσει αυτούς τους δείκτες, δεδομένου ότι λιγότεροι πελάτες θα είναι χωρίς ενέργεια και οι διακοπές θα είναι πιο σύντομες σε διάρκεια.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Βελτιστοποίηση χρήσης των πόρων:

Είναι δυνατός ο καθορισμός **προτεραιοτήτων** στη διαδικασία **αποκατάστασης**, επιτρέποντας **λιγότεροι άνθρωποι** και **φυσικοί πόροι** να επικεντρωθούν πρώτα σε μη-νησιδοποιημένες περιοχές. Θα **σωθούν άνθρωποι** και **οικονομικοί πόροι**, δεδομένου ότι τα **πληρώματα** δεν θα χρειαστεί να αποσταλούν σε **περιοχές** κατά τη διάρκεια των **νυχτερινών ωρών** και να πληρώνονται **υψηλότερα ποσοστά υπερωριών**. Ανάλογα με τη φύση της διακοπής λειτουργίας, μπορούν να είναι σε θέση να χειριστούν την **αποκατάσταση** ως τμήμα των κανονικών **καθημερινών προγραμμάτων** τους.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Αναβολή χρήσης κεφαλαίου:

Η νησιδοποίηση μπορεί να παρέχει μια **άμεση αποτύπωση** για ένα **προβληματικό δίκτυο** και επιτρέπει την **αναβολή χρήσης των παραδοσιακών λύσεων** (κατασκευή σταθμών και / ή διεύρυνση, επέκταση δικτύου μεταφοράς, και αύξηση υποσταθμών διανομής) μέχρι το **δίκτυο** να μπορεί να **επανασχεδιαστεί** για να αντιμετωπίσει τα **προβλήματα**

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω οφέλη:

“ποιος είναι ο **πρακτικότερος τρόπος** για να επιτύχει πραγματικά η **νησιδοποίηση**;

Από την ανάλυση διαφόρων τρόπων προτάθηκαν δύο **διαφορετικές μεθοδολογίες** διαχείρισης φορτίων.

- 1) η **προσαρμοσμένη δυναμική νησιδοποίηση (ADI)** και
- 2) η **διακριτή δυναμική νησιδοποίηση (DDI)**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΟΠΟΙΗΣΗ (Adapted Dynamic Islanding-ADI):

Η ADI στηρίζεται στη δυνατότητα των εταιρειών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας να ανοίγουν ή να κλείνουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από απόσταση σε μεμονωμένους καταναλωτές μέσω υποδομής προηγμένων μετρητών (Advanced Metering Infrastructure-AMI).



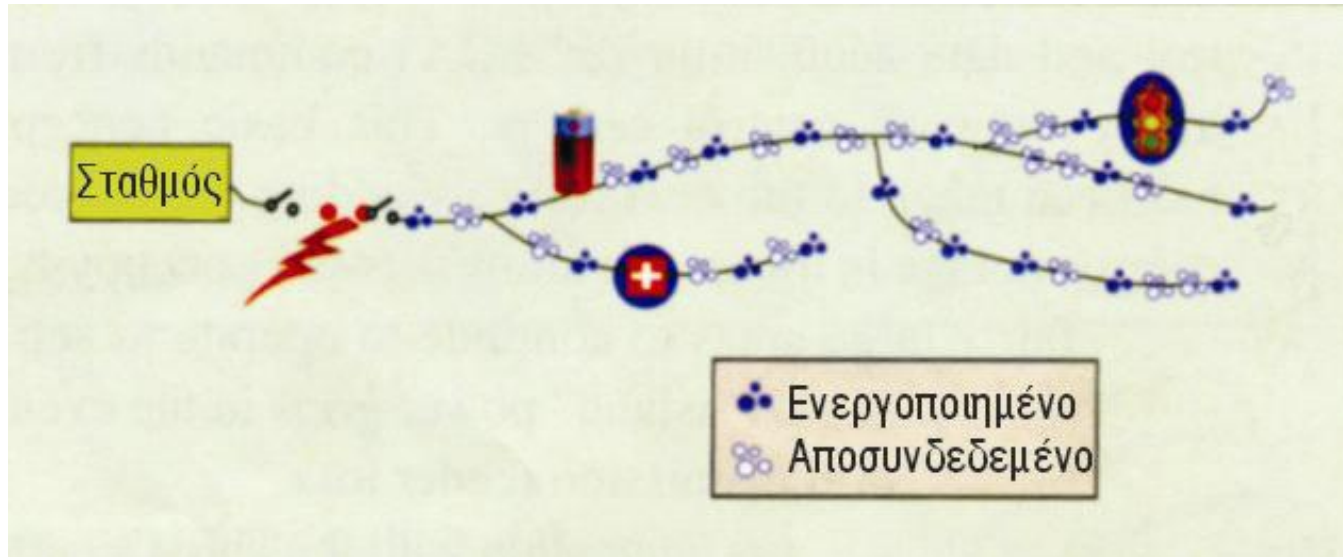
Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Όταν η υποδομή **AMI** αναπτυχθεί αρκετά, η προσαρμοσμένη δυναμική νησιδοποίηση θα καταστεί δυνατή όσο αφορά στην εφαρμογή και τον έλεγχο.

Τότε η **ADI** θα δώσει τη δυνατότητα στους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας να μεταχειρίζονται κάθε φορτίο πελατών σαν «νησί».

Όταν η τεχνολογία **AMI** πετύχει ένα αρκετά υψηλό επίπεδο διείσδυσης, ο ηλεκτρικός μετρητής κάθε πελάτη θα είναι σε θέση να ελεγχθεί με τηλεχειρισμό.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



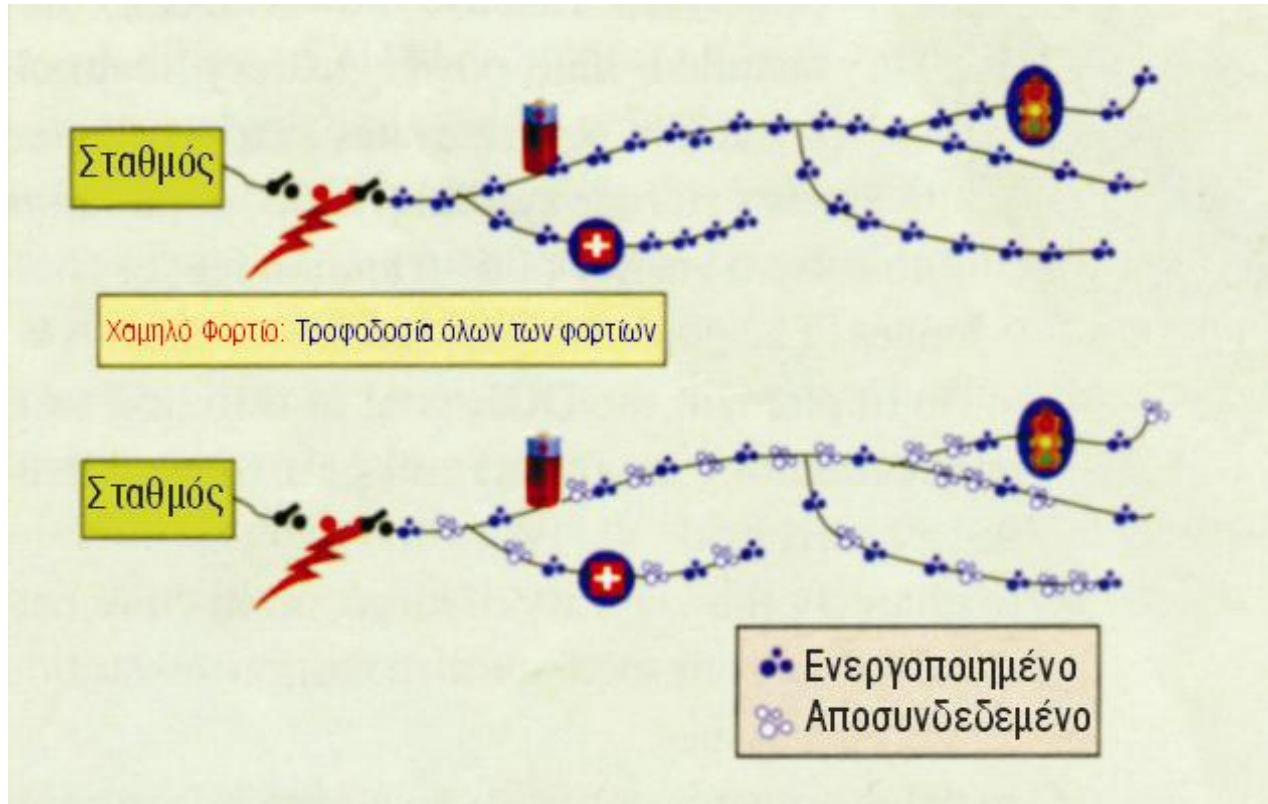
Σχήμα 2.2.3 (α): ADI

Το σχήμα 2.2.3 (α) επεξηγεί πως το σύστημα διαχείρισης μπαταριών θα μπορούσε επιλεκτικά να αποσυνδέει ή να ανακυκλώνει μερικά φορτία πελατών εξασφαλίζοντας ότι οι υψηλότερης προτεραιότητας πελάτες παραμένουν ενεργοποιημένοι καθ' όσο είναι δυνατό.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Το σχήμα 2.2.3(β) επεξηγεί πώς η **δυνατότητα να συνδεθούν** από απόσταση ή να **αποσυνδεθούν** μεμονωμένα **φορτία** θα αφήσει το σύστημα ενεργειακής **αποθήκευσης** να διαχειριστεί **έξυπνα** το **φορτίο** που τροφοδοτεί, προκειμένου να **βελτιστοποιηθεί** το μέγεθος της εφαρμογής της **νησιδοποίησης**, σεβόμενο το **μέγεθος** της διαθέσιμης **αποθηκευμένης ενέργειας**.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



**Σχήμα 2.2.3 (β): Τροφοδότηση μεμονωμένων φορτίων
σε περιόδους υψηλής ζήτησης.**



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η νησιδοποίηση θα μπορούσε ουσιαστικά να κάνει ανεπαίσθητες τις διακοπές ρεύματος που εμφανίζονται σε ώρες μη-αιχμής ενώ οι διακοπές σε ώρες αιχμής θα μετριάζονταν, ανάλογα με τη διάρκεια της διακοπής. Σε ώρες χαμηλών-φορτίων, η χωρητικότητα της μπαταρίας θα ήταν επαρκής να τροφοδοτήσει ολόκληρο το τμήμα του δικτύου νησιδοποίησης. Για τις καταστάσεις στις οποίες η μπαταρία δεν θα μπορούσε να τροφοδοτήσει ολόκληρο το τμήμα, επιλεγμένα φορτία θα ενεργοποιούνταν ή θα ανακυκλώνονταν.

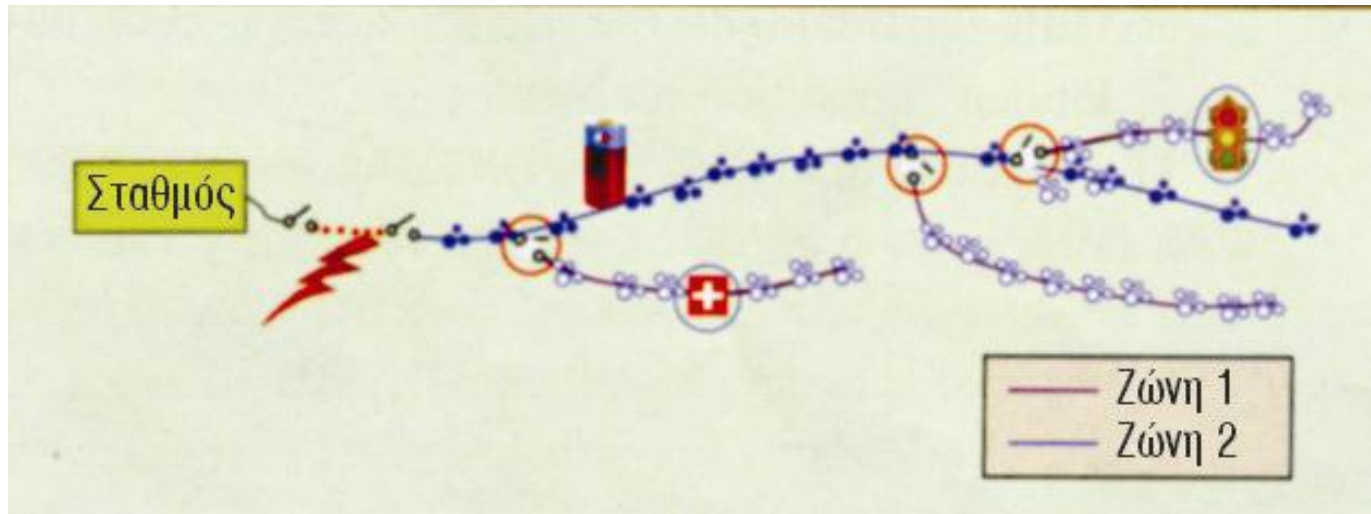
Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η ΔΙΑΚΡΙΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΟΠΟΙΗΣΗ (Discrete Dynamic Islanding-DDI):

Η **DDI** περιγράφει τη **δυνατότητα** να συνδεθούν και να αποσυνδεθούν **διακριτά τμήματα** ή **ζώνες** του δικτύου **αντί του κάθε πελάτη**, όπως στο ADI σχέδιο. Κατά συνέπεια, **κάθε τμήμα** του δικτύου όπου γίνεται **νησιδοποίηση** θα περιλάβει **αρκετά κατοικημένα και εμπορικά κτήρια**. Αυτό γίνεται μέσω της χρήσης **προηγμένων συστημάτων επικοινωνίας** και **ελέγχου** που υιοθετούν τη **διανεμημένη νοημοσύνη** μεταξύ των **τροφοδοτών** και των **προστατευτικών συσκευών**

(**IEDs**).

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



Σχήμα 2.2.3 (γ): DDI



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Και οι δύο μέθοδοι είναι αποτελεσματικές, όταν τα σφάλματα στο δίκτυο εντοπίζονται ένα επίπεδο πάνω από το νησιδοποιημένο τμήμα, αλλά η DDI είναι υποχρεωτική εάν η νησιδοποίηση είναι να υποστηριχθεί κατά τη διάρκεια οποιωνδήποτε σφαλμάτων που εμφανίζονται μέσα στη νησιδοποίηση. Μόνο η DDI έχει την έμφυτη δυνατότητα να ανιχνεύσει και να απομονώσει αυτόματα τα σφάλματα.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.2.4 Το σύστημα ελέγχου του μικροδικτύου



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Από τα παραπάνω είναι προφανής η **σημασία** που έχει για τη λειτουργία του μικροδικτύου, άρα και ολόκληρου του δικτύου το **σύστημα ελέγχου** του (Microgrid Management System - MMS). Το σύστημα ελέγχου μπορεί να είναι **ένας υπολογιστής** όπου εκτελείται το **αντίστοιχο λογισμικό** ή **ένας κεντρικός ελεγκτής** που ελέγχει την **ευστάθεια** του δικτύου και τη **ροή ενέργειας** ή μπορεί να είναι **σύνολο συσκευών** με **διανεμημένη νοημοσύνη** που από κοινού **ελέγχουν** το **μικροδίκτυο**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Το σύστημα ελέγχου όμως **δεν** μπορεί να **υλοποιηθεί**, **εάν δεν** αποτελείται από **δύο βασικές υποδομές**:

1. Το **σύστημα μετρήσεων** και
2. το **σύστημα επικοινωνίας**.

Όταν διατίθενται **αυτές οι υποδομές** σε ένα μικροδίκτυο, τότε το σύστημα ελέγχου καλείται να αναλάβει τις **ακόλουθες λειτουργίες**:



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

- 1) Ρύθμιση τάσης και συχνότητας κατά τη στάσιμη και μεταβατική κατάσταση λειτουργίας, ειδικά όταν το μικροδίκτυο είναι νησιδοποιημένο.**
- 2) Γρήγορη αντιστάθμιση ενεργής και άεργου ισχύος με όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.**



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

- 3) Εκτίμηση του επιπέδου φόρτισης (SoC) των αποθηκευτικών μέσων.
- 4) Με βάση την εκτίμηση του SoC γίνεται εκτίμηση των δεικτών αξιοπιστίας του μικροδικτύου και καθορίζεται η πολιτική μερικής απόρριψης φορτίων.
- 5) 5) Διαλειτουργικότητα με γειτονικά μικροδίκτυα και απόφαση νησιδοποιημένης ή όχι λειτουργίας.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2.2.5 Τοπολογίες ελέγχου μικροδικτύων

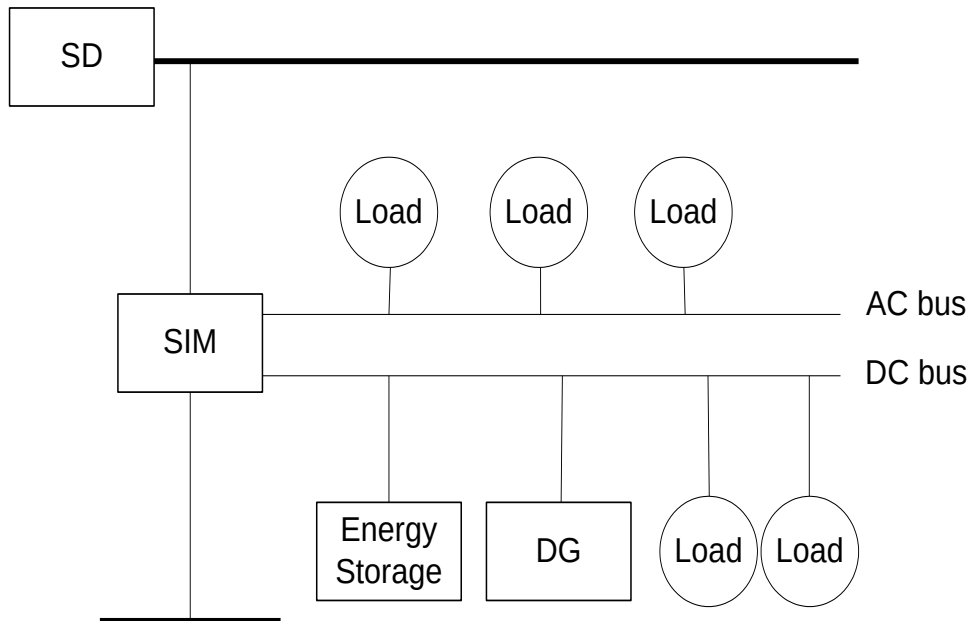


Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Πριν αναπτυχθούν οι **υποδομές** που αναφέρθηκαν παραπάνω για την υλοποίηση του **έξυπνου δικτύου** και την εφαρμογή του **συστήματος ελέγχου μικροδικτύων**, πρέπει να **καθοριστεί** μια **τοπολογία** ελέγχου μικροδικτύων που θα είναι **επεκτάσιμη** σε όλο το **δίκτυο διανομής**.

Δύο είναι οι **τοπολογίες** που εφαρμόζονται ή θα εφαρμοστούν.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



Σχήμα 2.2.5 (α) : Η πρώτη τοπολογία.

Η μονάδα **SIM** θα έχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

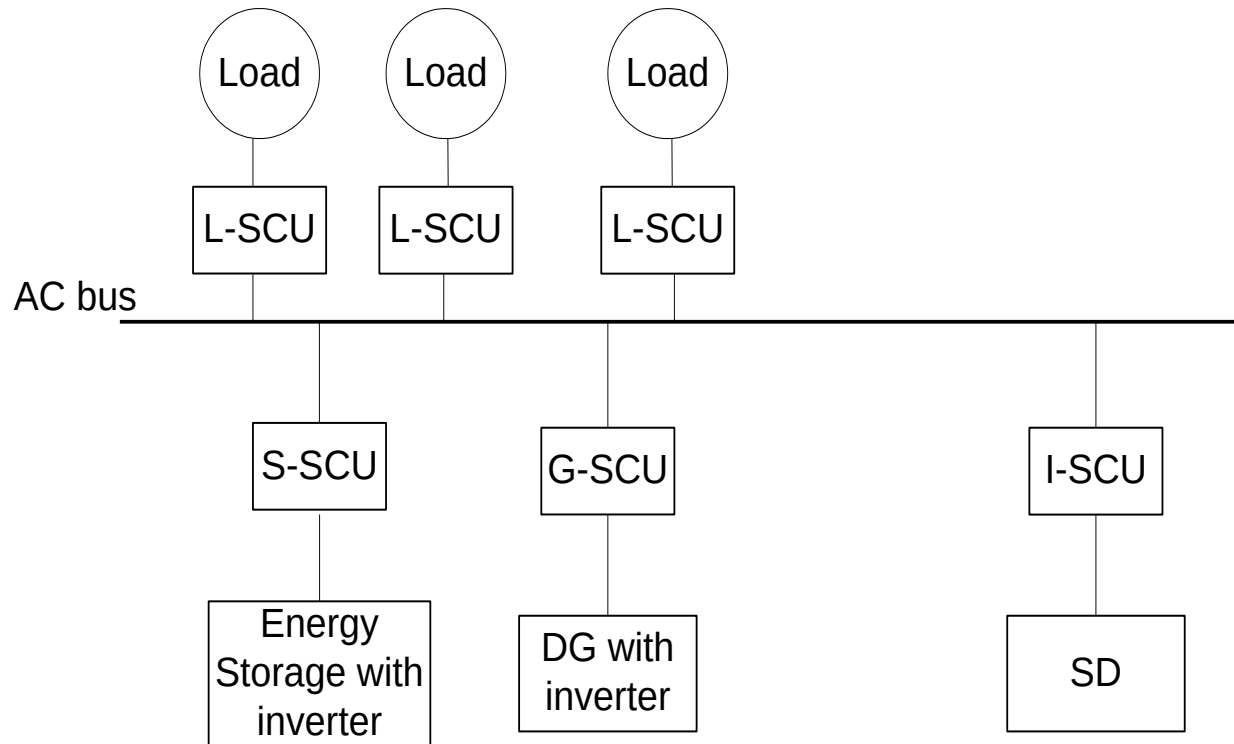
- **Σύνδεση** στο υπόλοιπο **δίκτυο (SD)**.
- **Ζυγό AC** για φορτία **AC**.
- **Ζυγό DC** για φορτία **DC** και σύνδεση στην **ενεργειακή αποθήκη** και **διανεμημένη παραγωγή από ΑΠΕ**.
- **Ρύθμιση τάσης** σε **στάσιμη ή μεταβατική κατάσταση**.
- **Γρήγορη παροχή πραγματικής και άεργης ισχύος**.
- **Δυνατότητα απόρριψης φορτίου**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Σ' αυτό το σύστημα διανομής, ο αυτόνομος, **έξυπνος έλεγχος** θα διεξάγεται από όλες τις **SIM** του δικτύου. Σ' αυτή την περίπτωση, οι **βασικές πληροφορίες** που θα πρόκειται να ανταλλάσσονται μεταξύ δύο **SIM** θα είναι οι **ανάγκες σε ενέργεια** ή η **διαθεσιμότητα του μικροδικτύου** που βρίσκεται «πίσω» από την κάθε **SIM**. Η κάθε **SIM** θα **αποφασίζει** για το αν το μικροδίκτυο της θα λειτουργήσει **αυτόνομα** (Island-Mode) ή **συνδεδεμένο** με το δίκτυο (Grid Mode).

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



Σχήμα 2.2.5 (β) : Η δεύτερη τοπολογία.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η δεύτερη τοπολογία όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.5 (β) δεν χρειάζεται DC ζυγός, αφού κάθε dc συσκευή συνοδεύεται από τον αντιστροφέα της. Οι Ειδικές Μονάδες Ελέγχου (Special Control Units - SCUs) κατηγοριοποιούνται σε SCU φορτίου (L-SCU), σε SCU αποθήκευσης (S-SCU), SCU γεννήτριας (G-SCU) και SCU διασύνδεσης (I-SCU), για να συνδεθεί το δίκτυο του ζυγού AC στο υπόλοιπο δίκτυο (SD).



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Όλες οι **SCU** θα αποτελούνται από μία απλή υπομονάδα μέτρησης, μία υπομονάδα επικοινωνίας, μία υπομονάδα ενεργοποίησης και μία έξυπνη υπομονάδα η οποία χειρίζεται τη λήψη αποφάσεων της κάθε SCU και άρα καθορίζει και τον τύπο της (L-, S-, G- ή I-SCU). Η τελευταία αυτή υπομονάδα θα είναι ουσιαστικά ενσωματωμένη σε ένα λογισμικό που θα εκτελείται στον υπολογιστή ελέγχου του αντίστοιχου μικροδικτύου

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η πρώτη αρχιτεκτονική έχει τρία βασικά μειονεκτήματα:

1. Μπορεί να είναι μια ακριβή λύση για τις εταιρείες διαχείρισης του δικτύου, μιας και θα πρέπει να κατασκευαστεί απαραίτητως ένα **δίκτυο DC** και να εγκατασταθούν σ' αυτό οι **ακριβές SIM**. Έτσι **περιορίζεται η επεκτασιμότητα** αυτής της τοπολογίας στο **δίκτυο διανομής**.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

2. Στο υπάρχον δίκτυο τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ήδη συνδεδεμένα με το δίκτυο AC, μέσω των αντιστροφών διασύνδεσης, ενώ σε αυτή την αρχιτεκτονική προτείνεται η σύνδεση των Φ/Β κατευθείαν στο DC δίκτυο χωρίς τη χρήση αντιστροφών.



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

3. Είναι μια τοπολογία που ο έλεγχος είναι κεντρικός. Έτσι, για παράδειγμα, σε περίπτωση σφάλματος της **SIM** όλο το μικροδίκτυο τίθεται εκτός λειτουργίας. Επίσης, δεν μπορεί να εφαρμοστεί **απόρριψη επιμέρους φορτίων** και **μακροπρόθεσμος ενεργειακός σχεδιασμός**. Αυτό είναι ένα **σημαντικό μειονέκτημα** αυτής της τοπολογίας αφού είναι γνωστό ότι η λειτουργία του δικτύου είναι **στενά συνδεδεμένη με τη σταθερότητα και την αξιοπιστία των μικροδικτύων** που το απαρτίζουν.



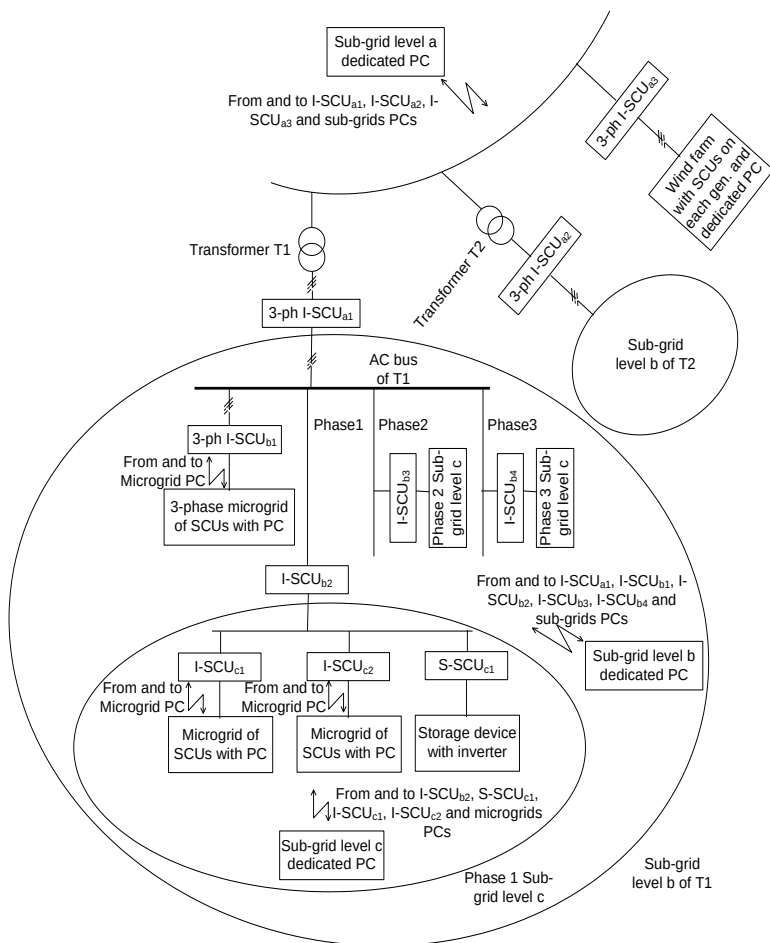
Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Η **δεύτερη αρχιτεκτονική** μπορεί να έχει το ακόλουθο μειονέκτημα:

Μπορεί να είναι μια **ακριβή λύση** για τους πελάτες μιας και θα πρέπει να **αγοράσουν** έναν **inverter** για **κάθε συσκευή** αποθήκευσης.

Παρ' όλα αυτά, αυτό το **επιπλέον κόστος** μπορεί να **εξισορροπηθεί** από το **χαμηλό κόστος αγοράς των SCU**.

Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο



Ένα παράδειγμα μέρους του δικτύου διανομής σε περίπτωση εφαρμογής της δεύτερης τοπολογίας φαίνεται στο σχήμα 2.1.

Σχήμα 2.1: Προτεινόμενη τοπολογία



Το έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο

Το **συγκεκριμένο** μέρος του δικτύου μπορεί να οργανωθεί σε **τρία επίπεδα**. (a, b and c). Το **επίπεδο-a** περιλαμβάνει **τρία υποδίκτυα**: Αυτό του **M/Σ T1**, του **M/Σ T2** και το **αιολικό πάρκο**. Οι **I-SCUs** αυτών των τριών υποδικτύων **ελέγχονται** από τον **υπολογιστή** του **επιπέδου a**. Αυτό το **PC** μπορεί να **επικοινωνεί** και με τους **υπολογιστές** κάθε **υποδικτύου**, ώστε να λαμβάνει στοιχεία κατάστασης των **τριών μικροδικτύων** και να **στέλνει** πιο **εξελιγμένες εντολές**. Σε χαμηλότερο επίπεδο η οργάνωση είναι παρόμοια.

