



Κεφάλαιο

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

5.1 ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

Οι μικροπαραγωγές είναι ικανές να συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγής. Ηλεκτρονικοί μετατροπείς διασύνδεσης χρησιμοποιούνται στις πηγές micro-CHP, στις Α/Γ, τα Φ/Β και τα κύτταρα καυσίμου και διευκολύνουν την ενσωμάτωσή τους στο μικροδίκτυο. Όμως είναι αρκετά ακριβές διατάξεις για τις μονάδες που συνοδεύουν.

Οι διατάξεις των μετατροπέων ισχύος είναι συνήθως σχεδιασμένες να έχουν οικονομική απόδοση. Οι εφαρμογές των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος μπορούν να πολλαπλασιαστούν με κατάλληλη σχεδίαση ώστε να γίνουν στιβαροί, φτηνοί, αξιόπιστοι και αντικαταστάσιμοι. Οι σύγχρονες τάσεις στο σχεδιασμό τους περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση αρκετών διατάξεων, παρόμοια με την αρχιτεκτονική υπολογιστών και χρήση ψηφιακών ηλεκτρονικών. Για να ενισχυθεί η εφαρμοσιμότητα με οικονομική βιωσιμότητα των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος στην ΔΠ και τα μικροδίκτυα, η έρευνα εστιάζει στο δομοστοιχειωτό (modular) σχεδιασμό των μετατροπέων. Αυτός οδηγεί σε συστηματικές λύσεις κατασκευής ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος με τη χρήση προκατασκευασμένων συσκευών μαζικής παραγωγής. Η δομική αρχιτεκτονική σχεδίασης των μετατροπέων περιλαμβάνει:

1. Δομοστοιχειωτά μέρη του μετατροπέα, που ονομάζονται τούβλα ή μπλοκ (Bricks) και είναι τα βασικά τμήματα του μετατροπέα.
2. Στοιχεία σύνδεσης, γνωστά και ως ζυγοί (Buses), για την απευθείας διασύνδεση των μπλοκ.

3. Στοιχεία διεπαφής, γνωστά και ως λογισμικό (Software), με τα οποία γραφικές τοπολογίες και βασικοί παράμετροι σχεδίασης του μετατροπέα μετατρέπονται σε ένα κατασκευαστικό αρχείο.

Από τα αρχικά γράμματα αυτών των επιμέρους τμημάτων σχεδίασης προέκυψε το δομικό πλαίσιο ανάπτυξης των μετατροπέων BBS (Bricks-Buses-Software). Σήμερα την ανάπτυξη των μετατροπέων απασχολούν κυρίως βοηθητικά θέματα σχεδίασης, όπως διαδρομές λειτουργίας, διεπαφές, μηχανισμοί, συναρμολόγηση και διαχείριση των θερμικών απωλειών, ενώ στο παρελθόν απασχολούσαν κυρίως θέματα βελτίωσης των συσκευών, όπως μικρότερο μέγεθος και αύξηση της διακοπτικής συχνότητας.

Οι εξελίξεις στη βιομηχανική κατασκευή των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος καθυστερούν των αντίστοιχων στους υπολογιστές και στους επεξεργαστές, όμως η πορεία κατασκευής είναι παρόμοια. Οι απαιτήσεις της βιομηχανίας οδήγησαν σε σχεδίαση προσαρμοσμένη στον καταναλωτή και ενσωμάτωση δομοστοιχειωτών μερών ισχύος στην κατασκευή των μετατροπέων. Μία μεγάλη πρόκληση για τους ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος είναι η μεγάλη ισχύς τους. Η ενσωμάτωση των διακοπτικών στοιχείων ισχύος σε ένα ενιαίο μετατροπέα είναι ένας αποδοτικός τρόπος για αύξηση της απόδοσης, αξιοπιστίας και πυκνότητας ισχύος του. Οι ολοκληρωμένες μονάδες ισχύος (Integrated Power Modules (IPM)), περιλαμβάνουν ηλεκτρονικά διακοπτικά στοιχεία ισχύος (π.χ. Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBTs)) και αντιπαράλληλες διόδους. Όλα αυτά μπαίνουν σε μία ενιαία “συσκευασία” μαζί με κάποιες ή όλες τις βοηθητικές συσκευές λειτουργίας, όπως σύστημα έναυσης, προστασία, βοηθητικούς περιοριστές υπερτάσεων (snubbers), τροφοδοτικό, αισθητήρες και αναλογικό/ψηφιακό έλεγχο. Για να αποφευχθεί το υψηλό κόστος συναρμολόγησης, στην IPM δεν ενσωματώνονται πυκνωτές, πηνία, φίλτρα, απαγωγείς θερμότητας, ανεμιστήρες και συνδετικοί αγωγοί.

5.2 ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ BBS

Το πλαίσιο σχεδίασης BBS μπορεί να ορισθεί ως ο μεταγλωττιστής για τη σχεδίαση των ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος. Οι ηλεκτρικές, θερμικές και μηχανικές διασυνδέσεις των τμημάτων των μετατροπέων εξαρτώνται κυρίως από τις προδιαγραφές των μπλοκ και ζυγών και τη γεωμετρική συμβατότητα. Κατά τον BBS σχεδιασμό πρέπει να εξασφαλίζεται η λειτουργία κάθε μπλοκ και να αποφεύγονται οι παρεμβολές ανάμεσα στα μπλοκ, η ηλεκτρική υπερφόρτιση, η ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, η απώλεια δεδομένων, η υπερθέρμανση και η μηχανική έλλειψη ευθυγράμμισης. Η προαναφερθείσα διαδικασία σχεδίασης μεταφράζει αυτόματα την τοπολογική σχεδίαση των μετατροπέων σε

προδιαγραφές υλικού, για την απευθείας κατασκευή των μετατροπέων με τυποποιημένα μπλοκ και ζυγούς. Με τη BBS σχεδίαση διευκολύνονται η μείωση του κόστους, οι υπηρεσίες επισκευών, η βελτίωση της απόδοσης και ξεκαθαρίζουν οι κύκλοι σχεδίασης και κατασκευής.

5.3 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΜΠΛΟΚ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ

Το κύριο δομικό στοιχείο των ηλεκτρονικών μετατροπέων είναι το μπλοκ των διακοπών ισχύος στερεάς κατάστασης. Περιλαμβάνει ημιαγωγικές μονάδες που ρυθμίζουν τη ροή ισχύος, όπως θυρίστορ, GTOs, IGBTs και MOSFETs. Το σχήμα και η ενσωμάτωση των διακοπών ισχύος στο μπλοκ εξαρτάται από την τεχνολογία του ημιαγωγικού στοιχείου. Ένας μετατροπέας ισχύος μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικά μπλοκ διακοπών ισχύος για ανόρθωση, αντιστροφή και μετατροπή τάσης ΣΡ, καθώς και κάποιες βοηθητικές συσκευές λειτουργίας (σύστημα έναυσης, προστασία κ.λ.π.). Η απαγωγή θερμότητας του μπλοκ θα πρέπει να προλαμβάνει τη θέρμανση των γειτονικών μπλοκ. Η ηλεκτρική σύνδεση των μπλοκ γίνεται μέσω των ζυγών. Τα μπλοκ των διακοπών ισχύος είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν με τα σήματα από το μπλοκ ελέγχου, που διαβιβάζονται μέσω του ζυγού ελέγχου και να παρέχουν πληροφορία ανατροφοδότησης από τους εσωτερικούς αισθητήρες στο μπλοκ ελέγχου. Η πόλωσή τους γίνεται από το μπλοκ της βοηθητικής ισχύος μέσω των βοηθητικών γραμμών ισχύος του ζυγού ελέγχου.

Το μπλοκ διατήρησης σταθερής τάσης ΣΡ αποτελείται από ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές, για εφαρμογές απομόνωσης ΣΡ και ΕΡ και υψίσυχνα φίλτρα. Αυτό το μπλοκ μπορεί να περιλαμβάνει παθητικά στοιχεία ενός ΡΙ φίλτρου, για να περιορίζονται οι διακυμάνσεις του ρεύματος στον πυκνωτή, καθώς και αισθητήρες τάσης και ρεύματος για έλεγχο ανατροφοδότησης. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις ισχύος γίνονται μέσω του ζυγού ισχύος.

Το μπλοκ μετασχηματιστή αποτελείται από επαγωγές και χρησιμοποιείται για τη διατήρηση της σταθερότητας του ρεύματος. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις ισχύος του γίνονται μέσω του ζυγού ισχύος.

Το μπλοκ ελέγχου είναι το λογισμικό, εγκέφαλος του μετατροπέα στο πλαίσιο σχεδίασης του BBS. Αποτελείται από ψηφιακούς υπολογιστές, όπως επεξεργαστές ψηφιακών σημάτων και μικροεπεξεργαστές με βοηθητικά στοιχεία, όπως μνήμη, εξωτερικές πύλες επικοινωνιών, ασύρματη επικοινωνία κ.λ.π.. Το μπλοκ ελέγχου επικοινωνεί σε πραγματικό χρόνο δεδομένα μέσω του ζυγού ελέγχου με το δίκτυο

ελέγχου περιοχής (Control Area Network (CAN)) και άλλα κατάλληλα πρωτόκολλα. Χρειάζεται θωράκιση από την ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, για υψηλές διακοπτικές συχνότητες. Μπορεί επίσης να διασυνδέεται με εξωτερικό ζυγό ελέγχου για έλεγχο δικτύου σε πραγματικό χρόνο.

Σε περίπτωση μη επαρκούς παρουσίας αισθητήρων σε άλλα μπλοκ, μπορεί να κριθεί απαραίτητη η ύπαρξη ενός αμιγούς μπλοκ αισθητήρων, το οποίο επικοινωνεί με το μπλοκ ελέγχου μέσω του ζυγού ελέγχου, αφού μετατρέψει τα δεδομένα που συλλέγει σε ψηφιακά σήματα.

Το μπλοκ βοηθητικών εφαρμογών αποτελείται από επικουρικό υλικό μετατροπέων, όπως φίλτρα προστασίας από ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, ηλεκτρονόμους, διακόπτες, περιοριστές ρεύματος εισροής κ.λ.π.. Μπορεί να περιλαμβάνει βοηθητική τροφοδοσία ισχύος για να τροφοδοτεί τα άλλα μπλοκ, μέσω ειδικών γραμμών ισχύος του ζυγού ελέγχου.

Τα μπλοκ εισόδου/εξόδου χρησιμοποιούνται για να περιλάβουν τις συνδέσεις ισχύος εισόδου/εξόδου και τις εξωτερικές συνδέσεις του μετατροπέα. Μπορεί επίσης να εξυπηρετεί συνδέσεις για σήματα εξωτερικού ελέγχου του μπλοκ ελέγχου.

5.4 ΟΙ ΖΥΓΟΙ ΩΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

Το πλαίσιο σχεδίασης BBS απαιτεί μεγάλης ταχύτητας συνδέσμους ή ζυγούς για αποδοτική επικοινωνία, ώστε να επιτευχτεί υψηλής επίδοσης λειτουργία μεταξύ των διαφόρων μπλοκ του μετατροπέα. Η αρχιτεκτονική των ζυγών στους μετατροπείς επιτρέπει σε κάποιους ζυγούς να χειρίζονται ηλεκτρική ισχύ και σε άλλους τη μεταφορά θερμικής ενέργειας, πληροφορία ελέγχου και αισθητήρων και δομική υποστήριξη.

Ο ζυγός ισχύος είναι ο κύριος σύνδεσμος ανάμεσα στα διαφορετικά μπλοκ του μετατροπέα και η σχεδίασή του εξαρτάται από την ονομαστική ισχύ του. Προτιμάται η επίπεδη σχεδίασή του λόγω της μικρής ανά μονάδα μήκους επαγωγής και αντίστασης και της εξαιρετικής αγωγιμότητας σε υψηλές συχνότητες. Για μεγάλες ισχείς χρησιμοποιούνται χαραγμένες χάλκινες πλακέτες ή δέσμη χάλκινων ελασμάτων.

Ο θερμικός ζυγός απορροφά θερμότητα από τα θερμά σημεία των μπλοκ με τη ροή του ψυκτικού μέσου (αέρας ή νερό) και την αποβάλλει σε εξωτερικούς απαγωγείς

θερμότητας. Σε μικρής ισχύος μετατροπείς τα μπλοκ μπορούν να έχουν ανεξάρτητες ψήκτρες με ανεμιστήρες.

Ο ζυγός ελέγχου μεταφέρει δεδομένα ελέγχου και αισθητήρων μεταξύ των μπλοκ. Κατασκευάζεται από αγωγούς ταινιοειδούς μορφής, σε τυπωμένα κυκλώματα πλακετών ή τυπωμένα εύκαμπτα κυκλώματα. Μεταφέρει λογικά ψηφιακά σήματα 5 V. Ο ζυγός ελέγχου επίσης θωρακίζει τις γραμμές του από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, που προκαλούνται από τις γρήγορες μεταβολές ρεύματος και τάσης στο ζυγό ισχύος. Για δικτυακό έλεγχο χρησιμοποιεί πρωτόκολλο CAN ή άλλο κατάλληλο.

Ο δομικός ζυγός είναι το μπλοκ συναρμολόγησης, πάνω στο οποίο συνδέονται πολλοί ζυγοί και μπλοκ του μετατροπέα. Η σχεδιάσή του καθορίζεται από το φυσικό μέγεθος του μετατροπέα.

5.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Η επεξεργασία στο πλαίσιο σχεδίασης BBS γίνεται σε ένα υψηλού επιπέδου περιβάλλον σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Design (CAD)). Η εφαρμογή CAD μετασχηματίζει γραφικές παραστάσεις και σημαντικές παραμέτρους σχεδίασης, για τη βασική τοπολογία του μετατροπέα, σε ένα αρχείο με τα κατασκευαστικά δεδομένα του (Converter Manufacturing Data (CMD)). Το CMD αρχείο περιγράφει με λεπτομέρειες τα επίπεδα του ψηφιακού συστήματος ολοκλήρωσης μεγάλης κλίμακας (Very Large Scale Integration (VLSI)) ή των πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων (Printed Circuit Board (PCB)). Περιέχει ένα κατάλογο των μπλοκ του μετατροπέα και τις απαραίτητες πληροφορίες διασύνδεσής τους μέσω των διαφόρων ζυγών. Ο κατασκευαστής συνθέτη το μετατροπέα από το αρχείο CMD και τα τυποποιημένα μπλοκ που χρησιμοποιεί ο BBS, κατασκευάζοντας τους ζυγούς και συναρμολογώντας το μετατροπέα. Για να ενσωματωθεί μία νέα συνιστώσα στη διαδικασία σχεδίασης, μετά από ιδιαίτερη απαίτηση ενός πελάτη, εισάγεται αρχείο ορισμού ενός μπλοκ στη βιβλιοθήκη σχεδίασης, από την οποία εισάγεται με το χέρι η συνιστώσα του πελάτη στο δομικό αρχείο. Κατόπιν ο μεταγλωττιστής αυτόματα ενσωματώνει τη συνιστώσα του πελάτη στη γενική σχεδίαση του μετατροπέα.

Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται η ανάλυση της απόκρισης του μετατροπέα πριν την κατασκευή του. Σε αυτές τις περιπτώσεις το αρχείο CDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιβεβαίωση της σχεδίασης του μετατροπέα σε χαμηλότερο επίπεδο, με τη βοήθεια αναγνωστών ηλεκτρικών κυκλωμάτων,

θερμικών κυκλωμάτων, τοπολογίας ελέγχου, κ.λ.π. Αν χρειάζεται, τα δεδομένα σχεδίασης χαμηλού επιπέδου εξάγονται για προσομοίωση ή ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων από οποιοδήποτε λογισμικό, όπως PSPICE, SABER, EMTP, MATLABSimulink, SolidWorks, ProEngineer και I-DEAS, για να γίνει οποιαδήποτε τροποποίηση στη γραφική δομή και να επιτύχουμε βέλτιστη σχεδίαση του μετατροπέα, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των επαναλήψεων.

5.6 ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

Ο έξυπνος μετρητής είναι μία συσκευή η οποία μετράει συνεχώς την ενέργεια που χρησιμοποιεί ο καταναλωτής, αυτήν την πληροφορία τη στέλνει στις βάσεις δεδομένων στο κέντρο διαχείρισης και από αυτό επιστρέφουν πληροφορίες στον πελάτη που τον ενημερώνουν για την κατανάλωσή του και το αντίστοιχο κόστος της. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, δηλαδή εκτός από την αποστολή δεδομένων μπορούν να λαμβάνουν και εντολές. Αποτελούν έναν οικονομικό τρόπο για μέτρηση και παρακολούθηση της κατανάλωσης, που επιτρέπει την καλύτερη διαχείριση της παραγωγής, αφού μπορούν να αξιοποιηθούν δεδομένα του φορτίου σε πραγματικό χρόνο. Έτσι επιτυγχάνουμε εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων από τις μικρότερες επενδύσεις σε δίκτυα διανομής. Στόχος είναι με τους έξυπνους μετρητές οι χρεώσεις στους καταναλωτές να γίνονται ανάλογα με το κόστος παραγωγής, που μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι έξυπνοι μετρητές (smart meters), Σχ. 5.1, θα βοηθήσουν πολύ στη δημιουργία και την εξέλιξη των έξυπνων δικτύων.



Σχ. 5.1 Έξυπνος μετρητής.

Με τους έξυπνους μετρητές ο καταναλωτής μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να γνωρίζει την πραγματική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Σε συνθήκες απελευθερωμένης αγοράς, οι εταιρίες ηλεκτρικής ενέργειας θα έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με τους καταναλωτές μέσω μηνυμάτων πάνω στον έξυπνο μετρητή και να προσφέρουν μειωμένες χρεώσεις κιλοβατώρας (kWh) ή να κάνουν προσφορές, έτσι ώστε να καταρτίσουν ειδικά προγράμματα χρέωσης, με βάση τη συγκεκριμένη ώρα της ημέρας που έγινε η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η αύξηση της τιμής της κιλοβατώρας σε περιόδους αιχμής είναι μία μέθοδος που μπορεί να μειώσει την αντίστοιχη ζήτηση, με αποτέλεσμα μεγάλο όφελος για τον παραγωγό και τον καταναλωτή, όσο και τη γενικότερη πολιτική εξοικονόμησης ενέργειας.

5.6.1 Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης

Ο μεγάλος αριθμός των καταναλωτών αναγκάζει τις εταιρίες να αναζητήσουν αποδοτικούς τρόπους υπολογισμού της ενέργειας που καταναλώνεται από τους πελάτες τους. Το σύστημα μετρητών αυτόματης ανάγνωσης (Automatic Meter Reading (AMR)) αναφέρεται στην αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης της ενέργειας που καταναλώνεται, και όχι μόνο της ηλεκτρικής, γιατί μπορεί να ενσωματώσει και άλλους μετρητές όπως φυσικού αερίου και νερού.

Εκτός από την αυτοματοποίηση της διαδικασίας μέτρησης και υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας, το σύστημα AMR παρέχει ένα σύνολο ολοκληρωμένων υπηρεσιών. Κατ' αρχάς, έχει τη δυνατότητα να απεικονίσει την κατανάλωση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο (real-time), καθώς οι μετρήσεις λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Έτσι, μπορεί ο πελάτης να γνωρίζει, με ακρίβεια, τι καταναλώνει και τι πληρώνει και, επιπλέον, μπορεί να δημιουργηθεί ένα ενεργειακό προφίλ του πελάτη (κτιρίου). Το προφίλ αυτό αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πιστοποιητικό, το οποίο του δίνει αγοραστική δύναμη απέναντι σε μία απελευθερωμένη αγορά ενέργειας. Από το προφίλ αυτό προκύπτει τι καταναλώνει ο πελάτης και ποια χρονική στιγμή. Άρα μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, τόσο με τον εντοπισμό «περιττών» φορτίων, όσο και από τη μεταφορά φορτίων τις ώρες αιχμών, που το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγάλο. Επιπλέον, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην ορθή πρόβλεψη φορτίου από τον Ανεξάρτητο Χειριστή του Συστήματος και την αποδοτικότερη ένταξη των μονάδων παραγωγής. Το αυτοματοποιημένο αυτό σύστημα μπορεί να προσφέρει, ακόμα, δυνατότητες

χειρισμού φορτίων, ανίχνευσης σφαλμάτων στο δίκτυο και έγκαιρης ενημέρωσης του συστήματος, αλλά και αξιοπιστία στις μετρήσεις.

Το AMR είναι ένα σύστημα αυτοματισμού που συλλέγει δεδομένα (μετρήσεις - καταναλώσεις) και τα αποστέλλει σε μία κεντρική βάση δεδομένων μέσω του διακομιστή, όπου και γίνεται η αποθήκευση και η επεξεργασία αυτών των στοιχείων. Η επικοινωνία γίνεται μέσω τηλεπικοινωνιακού διαύλου (ενσύρματου ή ασύρματου) ή μέσω των αγωγών του δικτύου με φέροντα ρεύματα και πραγματοποιείται είτε με μονομερή αποστολή δεδομένων από το σύστημα στο διακομιστή σε τακτά χρονικά διαστήματα, είτε με αποστολή κατόπιν αίτησης του διακομιστή, είτε με συνδυασμό των δύο παραπάνω τρόπων.

5.6.2 Οικιακή χρήση έξυπνων μετρητών

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και, ιδιαίτερα, οι επιπτώσεις της χρήσης της ενέργειας, καθώς και η αύξηση του κόστους της ενέργειας οδηγούν τους καταναλωτές σε αναζήτηση τρόπων μείωσης της κατανάλωσης και αλλαγής του τρόπου χρήσης της. Παρά τις καλές προθέσεις, δεν είναι εύκολο να συνδέσουμε καθημερινές ενέργειες με τον πραγματικό τους ενεργειακό αντίκτυπο και, έτσι, να δράσουμε αντίστοιχα. Οι λογαριασμοί ρεύματος έρχονται σε μηνιαία βάση, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολος ο διαχωρισμός των επιπτώσεων μεμονωμένων ενεργειών ή η ενημέρωση για την αποτελεσματικότητα κάποιων αλλαγών. Η εισαγωγή της έξυπνης τεχνολογίας στα σπίτια, όπως οι έξυπνοι μετρητές της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλάζει αυτήν την κατάσταση. Σε συνδυασμό με μία βάση δεδομένων και μία εφαρμογή διαχείρισης τους, μία τέτοια συσκευή επιτρέπει στους καταναλωτές να απεικονίσουν και να παρακολουθήσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση και έτσι να προσδιορίσουν τρόπους για τη βελτιστοποίησή της. Τα δεδομένα εμφανίζονται γραφικά σε μία μορφή εύκολη στην κατανόηση, επιτρέποντας στους καταναλωτές να βελτιστοποιήσουν άμεσα τη χρήση ενέργειας και να δουν αμέσως τα αποτελέσματα των ενεργειών τους, όπως για παράδειγμα όταν εγκαθιστούν ένα ενεργειακά αποδοτικό ψυγείο. Η γερμανική ομοσπονδιακή κυβέρνηση έκανε την εισαγωγή των ευφυών μετρητών υποχρεωτική στη Γερμανία, από το 2010. Με τη νέα τεχνολογία δημιουργούνται πιο συμπαγείς πίνακες μετρητών και η βάση για έξυπνη μέτρηση. Έτσι γίνεται δυνατή η αποδοτική χρήση ενέργειας, αλλά και η εξοικονόμηση χρημάτων στην απελευθερωμένη αγορά ενέργειας.

Έξυπνοι μετρητές χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και άλλων πόρων όπως νερό, φυσικό αέριο, θερμότητα κ.λ.π. Έτσι σε συνδυασμό με μία βάση δεδομένων και μία εφαρμογή διαχείρισής τους, οι οικιακοί μετρητές παρέχουν μία ολοκληρωμένη

λύση για την παρακολούθηση και την απεικόνιση της κατανάλωσης όλων των πόρων. Τα δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν στους ενοίκους ενός κτιρίου με πολλούς τρόπους, σε οθόνη υπολογιστή, σε κινητό τηλέφωνο κ.λ.π. και να σταλούν στους προμηθευτές. Οι πρόσθετες συσκευές που απαιτούνται για αυτό τοποθετούνται στο ντουλάπι του μετρητή, πίσω από τον έξυπνο μετρητή ηλεκτρισμού, μετατρέποντας το ντουλάπι σε κέντρο επικοινωνιών. Με τους έξυπνους μετρητές η μακροχρόνια ανάγκη για επιτόπια καταγραφή της μέτρησης από εξουσιοδοτημένο άνθρωπο γίνεται παρελθόν. Περιοδικά η επιχείρηση μπορεί να υπολογίζει την κατανάλωση με πρόσβαση από απόσταση στον ηλεκτρονικό μετρητή. Για τον καταναλωτή, η κατανάλωση του σπιτιού μπορεί να παρουσιαστεί σε μία κατανοητή μορφή οποιαδήποτε χρονική στιγμή και έτσι ο καταναλωτής να αναδιοργανώσει την κατανάλωσή του έγκαιρα. Λεπτομερής ανάλυση μπορεί, ακόμα, να βοηθήσει έτσι ώστε να εντοπιστούν πιθανές ζημιές στο δίκτυο. Οι έξυπνοι μετρητές θα παίξουν σημαντικότερο ρόλο στο μέλλον, όταν οι καταναλωτές θα έχουν μεγαλύτερη ελευθερία να επιλέγουν τον ενεργειακό τους προμηθευτή. Σε ένα νοικοκυριό εξοπλισμένο με έξυπνο μετρητή, η παροχή ισχύος δύναται να διακόπτεται άμεσα και από απόσταση, όταν ένας λογαριασμός καταργείται.

Οι προμηθευτές ενέργειας, στο μέλλον, όλο και περισσότερο θα προσφέρουν ηλεκτρισμό με τιμολογήσεις, οι οποίες θα εξαρτώνται από το χρόνο. Έτσι οι καταναλωτές θα ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης, σε περιόδους χαμηλής τιμολόγησης. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να μειωθεί η αιχμή του φορτίου και να εξομαλυνθεί η ημερήσια κατανάλωση του, οδηγώντας σε μείωση του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η μείωση του κόστους θα μπορούσε να αντισταθμίσει την αύξηση του κόστους από την αυξημένη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

5.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Έξυπνα Συστήματα Διαχείρισης Διανομής (Distribution Management Systems (DMS)) βοηθούν στην παροχή πιο αξιόπιστων και πιο αποτελεσματικών υπηρεσιών. Οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού πάντα αναζητούν τρόπους για τη βελτίωση της εξυπηρέτησης των πελατών, ενώ ταυτόχρονα θέλουν να βελτιστοποιήσουν τη συνολική απόδοση και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος. Στο επίπεδο του κέντρου ελέγχου διανομής, οι εφαρμογές της διαχείρισης δίνουν τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να επιτύχουν τον παραπάνω στόχο, παρέχοντάς τους με ταχύτητα, ακριβείς και λεπτομερείς πληροφορίες για ένα δίκτυο διανομής. Ιστορικά, η κύρια πηγή πληροφοριών ήταν από το σύστημα εποπτικού ελέγχου και

αναζήτησης δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)). Με την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων, οι πηγές αυτές αυξήθηκαν κατά ένα πλήθος αισθητήρων με δυνατότητες επικοινωνίας, που έχουν αναπτυχθεί για την αυτοματοποίηση των υποσταθμών και της διανομής, καθώς και με τις προηγμένες υποδομές μέτρησης. Μέσω των προηγμένων αυτών εφαρμογών, το δίκτυο διανομής παρέχει πιο αποτελεσματικές και αξιόπιστες υπηρεσίες στους καταναλωτές, ενώ ταυτόχρονα συμβάλει στην ελάττωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Η διαθεσιμότητα πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο ενισχύει τις δυνατότητες των υπάρχουσών εφαρμογών και επιτρέπει την αξιοποίηση και προηγμένων εφαρμογών στα έξυπνα δίκτυα.

Ένας έξυπνος μετρητής δεν είναι απλά ένα όργανο μέτρησης, αλλά και ένα σημείο αλληλεπίδρασης ή με άλλα λόγια, ένας ευφυής κόμβος στο έξυπνο δίκτυο. Με την ταχεία ανάπτυξη των υποδομών μέτρησης στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, οι εφαρμογές του συστήματος διαχείρισης της διανομής πρέπει να ανανεωθούν, έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν πιο γρήγορα και πιο έξυπνα αποφάσεις για την επίτευξη των στόχων ελέγχου του δικτύου, με λιγότερο κόστος και μεγαλύτερη αξιοπιστία. Όπως περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους, εφαρμογές των έξυπνων δικτύων όπως είναι τα Συστήματα Διαχείρισης Διακοπών (Outage Management System (OMS)), η Εκτίμηση της Κατάστασης του Δικτύου Διανομής (Distribution State Estimation (DSE)) και η Απόκριση Ζήτησης (Demand Response (DR)) με τις μετρήσεις των έξυπνων μετρητών μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητά τους και οι επιχειρήσεις ηλεκτρισμού να έχουν πιο αποτελεσματική και αξιόπιστη για τους πελάτες λειτουργία. Η αξιοποίηση των δεδομένων των έξυπνων μετρητών θα δώσει τη δυνατότητα νέων εφαρμογών στο επίπεδο του κέντρου ελέγχου.

5.8 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΒΛΑΒΩΝ ΜΕ ΕΞΥΠΝΟΥΣ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

Μία διακοπή λειτουργίας είναι μία συνεχής διακοπή παροχής ισχύος και εμφανίζεται όταν μία ασφάλεια, ένας διακόπτης επαναφοράς ή ένας διακόπτης της διανομής λειτουργήσει ή υποστεί βλάβη και ως αποτέλεσμα, οι πελάτες που βρίσκονται κατάντη της προστατευτικής διάταξης δεν τροφοδοτούνται με ισχύ. Κατά τη διάρκεια της διακοπής και χωρίς την άμεση επικοινωνία μεταξύ του μετρητή, του πελάτη και του συστήματος διαχείρισης διανομής, η πιο λογική και ίσως η μόνη δυνατότητα για τον πελάτη είναι να καλέσει την τοπική εταιρεία ηλεκτρισμού και να δηλώσει τη διακοπή, περιμένοντας κατόπιν να αποκατασταθεί η παροχή ενέργειας. Με τα συστήματα Προηγμένων Υποδομών Μέτρησης (Advanced Metering Infrastructures (AMI)) το συμβάν διακοπής θα αναφέρεται αυτόματα στον διαχειριστή διανομής μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Τότε, ένα

πρόγραμμα ανάλυσης διακοπής λειτουργίας θα επεξεργάζεται διαρκώς τα εισερχόμενα μηνύματα σε περίπτωση διακοπής, ώστε να προσδιοριστεί ακριβώς η θέση της βλάβης, πριν από την ενημέρωση από τους πελάτες. Έτσι, μειώνεται σημαντικά, ο χρόνος που απαιτείται για την ανάλυση των σφαλμάτων από ώρες σε λεπτά και το κυριότερο, μειώνεται η διάρκεια διακοπής για τους πελάτες. Μετά από μία διακοπή λειτουργίας το σύστημα διαχείρισης διακοπών πρέπει να προσδιορίσει γρήγορα και με ακρίβεια τη θέση της διακοπής, ώστε να αποκατασταθεί η βλάβη και οι καταναλωτές να ενημερωθούν για τον αναμενόμενο χρόνο επισκευής. Επιπλέον, αξιοποιώντας και ενσωματώνοντας διαθέσιμα στοιχεία από τους έξυπνους μετρητές, μπορούν να βελτιωθούν οι επόμενες λειτουργίες:

- Επαλήθευση των βλαβών.
- Αναγνώριση πολλαπλών διακοπών στο ίδιο κύκλωμα.
- Προσδιορισμός των αγωγών που υπέστησαν βλάβη.
- Επιβεβαίωση της αποκατάστασης.

5.9 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΕΞΥΠΝΟΥΣ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

Μία άλλη λειτουργία, που θα μπορέσει να εφαρμοστεί με την ενσωμάτωση των έξυπνων μετρητών και των δεδομένων από τους αισθητήρες στα συστήματα διαχείρισης διανομής, είναι η εκτίμηση της κατάστασης του δικτύου διανομής. Μία κατάσταση ορίζεται ως ένα σύνολο πληροφοριών, το οποίο χαρακτηρίζει, με μοναδικό τρόπο, τις συνθήκες λειτουργίας ενός συστήματος και όλες τις κύριες λειτουργίες του (π.χ. προστασία, έλεγχος, βελτιστοποίηση), που απαιτούν γνώση της κατάστασης του συστήματος. Οι εκτιμητές της κατάστασης του δικτύου χρησιμοποιούν στατιστική ανάλυση και τεχνικές βελτιστοποίησης για τον προσδιορισμό της καλύτερης εκτίμησης της κατάστασης του συστήματος, αξιοποιώντας όλες τις διαθέσιμες μετρήσεις (παρατηρήσεις), που είναι πλεονασματικές (πολύ περισσότερες από τις μεταβλητές κατάστασης που θέλουμε να υπολογίσουμε). Από αυτήν την εκτίμηση προέρχεται το μοντέλο πραγματικού χρόνου, που αντιπροσωπεύει καλύτερα την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος και επιτρέπει στους μηχανικούς να ελέγξουν εάν υπάρχουν υπερφορτωμένα κυκλώματα στο δίκτυο. Για συστήματα σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, ο προσδιορισμός των μιγαδικών τάσεων σε όλους τους κόμβους του συστήματος καθορίζει με μοναδικό τρόπο την κατάσταση λειτουργίας τους. Γνωρίζοντας τις μιγαδικές τάσεις σε κάθε κόμβο, καθώς και το ισοδύναμο μοντέλο για τους μετασχηματιστές και τις γραμμές διανομής, μπορούμε να υπολογίσουμε το ρεύμα και τη ροή ισχύος μεταξύ δύο γειτονικών κόμβων στη διανομή.

Μέχρι σήμερα η εκτίμηση της κατάστασης δεν χρησιμοποιείται στα δίκτυα διανομής για δύο λόγους:

1. Οι διαθέσιμες μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο είναι λίγες. Για ένα δίκτυο διανομής με χιλιάδες κόμβους, συνήθως μόνο ένα ζευγάρι μετρήσεων είναι διαθέσιμα κοντά στη γραμμή τροφοδοσίας.
2. Η μοντελοποίηση ασύμμετρων πολυφασικών δικτύων διανομής αποτελεί μεγάλη πρόκληση για την ανάπτυξη αποτελεσματικών και ισχυρών αλγορίθμων, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους μετρήσεων.

Η ενσωμάτωση των μετρήσεων των έξυπνων μετρητών βοηθά ώστε να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, κυρίως επειδή είναι σε θέση να προσφέρουν ένα τεράστιο όγκο μετρήσεων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (συμπεριλαμβανομένων ισχύων, τάσεων και εντάσεων ηλεκτρικού ρεύματος), σε κάθε σημείο σύνδεσης. Η διαθεσιμότητα αυτών των πληροφοριών βελτιώνει δραστικά την ποιότητα της εκτίμησης. Με την ανάπτυξη ενός πιο λεπτομερούς μοντέλου του συστήματος, οι λειτουργίες βελτιστοποίησης της τάσης και της άεργου ισχύος, οι υπηρεσίες αποκατάστασης, η εξισορρόπηση του φορτίου και η βελτιστοποίηση ρύθμισης παραμέτρων του συστήματος μπορούν να γίνουν πιο αξιόπιστες.

5.10 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ

Ως απόκριση της ζήτησης (DR) ορίζονται οι βραχυπρόθεσμες αλλαγές στην ηλεκτρική κατανάλωση που αποφασίζουν οι τελικοί καταναλωτές, ανταποκρινόμενοι στις μεταβολές της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας ή σε κίνητρα για μείωση χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους υψηλής τιμής της ή όταν η αξιοπιστία του συστήματος είναι σε κίνδυνο. Βασικός στόχος της είναι η μείωση των αιχμών και η εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου, αλλά σημαντική είναι και η συμβολή της στη βελτίωση της αξιοπιστίας του όλου συστήματος και στη διαχείριση των παρεπόμενων υπηρεσιών. Εκτός από τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχει λόγω της διαφορετικής ρύθμισης της παραγωγής, η εφαρμογή της απόκρισης της ζήτησης:

- Βοηθά τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού να εξοικονομήσουν χρήματα με την αναβολή των επενδύσεων στην επέκταση του δικτύου διανομής και της παραγωγής.
- Παρέχει οικονομικά οφέλη στους πελάτες.
- Κάνει το σύνολο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας λιγότερο ασταθές στις ωριαίες τιμές της αγοράς.

Η απόκριση ζήτησης στηρίζεται στις προβλέψεις για τη ζήτηση, που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του περιθωρίου (διαφοράς) δυναμικότητας παραγωγής (capacity margin) και φορτίου. Μία μείωση στο περιθώριο αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει πρόβλημα στη ομαλή λειτουργία του συστήματος, αν παρουσιαστούν έκτακτα συμβάντα στο σύστημα. Διάφορα προγράμματα απόκρισης ζήτησης που προσφέρονται από τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, μπορούν να προσαρμοστούν, ώστε να καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες. Τα προγράμματα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Με βάση την τιμή που κερδίζουν οι τελικοί καταναλωτές αν μειώσουν το φορτίο τους, σύμφωνα με τα μηνύματα των τιμών που λαμβάνουν εκ των προτέρων. Οι τιμές μπορούν να ενημερώνονται σε μηνιαία βάση, καθημερινά ή σε πραγματικό χρόνο. Τέτοια παραδείγματα είναι η Τιμολόγηση σε Πραγματικό Χρόνο (Real-Time Pricing (RTP)), η Τιμολόγηση Αιχμής Ζήτησης (Critical Peak Pricing (CPP)) και η Τιμολόγηση με βάση τον Χρόνο Χρήσης (Time of Use (TOU)).
- Με βάση την αξιοπιστία, όπου οι πελάτες συμφωνούν για τον περιορισμό της ζήτησης όταν ειδοποιηθούν από τις επιχειρήσεις. Σε αντάλλαγμα ανταμείβονται με διάφορα κίνητρα πληρωμής, πίστωση λογαριασμών ή προνομιακές τιμές. Από την άλλη πλευρά, οποιαδήποτε μη συμμόρφωση μπορεί να οδηγήσει σε κυρώσεις. Παραδείγματα προγραμμάτων αυτού του τύπου είναι τα: άμεσου ελέγχου φορτίου, διακοπτόμενου φορτίου και απόκριση ζήτησης έκτακτης ανάγκης.
- Τα προγράμματα προσφορών, που ενεργοποιούνται όταν η επιχείρηση ηλεκτρισμού προβλέπει αδυναμία της παραγωγής να καλύψει τη ζήτηση. Τότε ανοίγει η διαδικασία προσφορών, επιτρέποντας στους πελάτες να υποβάλουν προσφορές ή να περιορίσουν τη ζήτηση τους ή να πουλήσουν ενέργεια στην επιχείρηση με χρηματικά ανταλλάγματα.

Για την εφαρμογή της απόκρισης της ζήτησης, η επιχείρηση ηλεκτρισμού διαθέτει ένα σύστημα λήψης αποφάσεων μέσω ενός μηχανισμού με αυτοματοποιημένες και ημιαυτοματοποιημένες λύσεις, που προσφέρονται απευθείας στους τελικούς καταναλωτές. Η επιχείρηση μπορεί να επικοινωνεί άμεσα με οικιακούς, εμπορικούς, βιομηχανικούς καταναλωτές ή έμμεσα μέσω φορέων παροχής υπηρεσιών απόκρισης ζήτησης, οι οποίοι αναλαμβάνουν την ευθύνη της ρύθμισης του φορτίου ομάδων τελικών καταναλωτών και τη διαβίβαση των απαιτήσεων τους στην επιχείρηση ως ένα φορτίο.

Ο μηχανισμός απόκρισης της ζήτησης επικοινωνεί με το Σύστημα Πληροφοριών των Πελατών (Customer Information System (CIS)) με στόχο να ενημερωθεί για

τα στοιχεία των συμβολαίων των πελατών και άλλα συναφή στοιχεία. Οι όροι και οι προϋποθέσεις αυτών των συμβάσεων περιέχουν λεπτομερώς τους περιορισμούς του κάθε πελάτη ή της ομάδας των πελατών, σχετικά με τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, όπως ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την κοινοποίηση απαιτήσεων, ο μέγιστος επιτρεπτός αριθμός διακοπών σε μία ημέρα, εβδομάδα ή εποχή και η μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια διακοπής.

Η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής DR εξαρτάται από την ακρίβεια του συστήματος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση και την επικύρωση της απόκρισης των πελατών. Σε περίπτωση απουσίας ακριβών αμφίδρομων συστημάτων μέτρησης, η επιχείρηση ηλεκτρισμού στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στον συνδυασμό μεγάλου όγκου διαθέσιμων μετρήσεων από τους κύριους υποσταθμούς του δικτύου και στοχαστικών μεθόδων. Με την εισαγωγή συστημάτων μετρητών AMI, η προοπτική της ακριβούς αμφίδρομης μέτρησης γίνεται ολοένα και πιο ρεαλιστική. Τα συστήματα AMI παρέχουν την αμφίδρομη επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, όχι μόνο με τον έξυπνο μετρητή αλλά και με τις έξυπνες συσκευές στο σπίτι, μέσα από ένα Οικιακό Δίκτυο (Home Area Network (HAN)). Με αυτόν τον τρόπο, οικιακές συσκευές του δικτύου, όπως έξυπνοι θερμοστάτες, οθόνες, ελεγχόμενα φορτία και διακόπτες ελέγχου φορτίων συνδέονται με τους έξυπνους μετρητές και μέσω αυτών με την επιχείρηση ηλεκτρισμού, η οποία μπορεί να λαμβάνει δεδομένα (π.χ. ενημερωμένες τιμές για ευφυείς επεξεργαστές) και εντολές. Έτσι, οδηγούμαστε σε ταχύτερους χρόνους απόκρισης, πιο ακριβή έλεγχο και κατά συνέπεια, ενισχυμένα οφέλη αξιοπιστίας για τους πελάτες και το δίκτυο.

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, συνδυασμένη με τις ανησυχίες για τη βιωσιμότητα και τα περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν οδηγήσει σε προσπάθειες, σε παγκόσμιο επίπεδο, για την ανάπτυξη συστημάτων μέτρησης και για τον έλεγχο του δικτύου διανομής. Ο αυτοματισμός των υποσταθμών και των γραμμών τροφοδοσίας και η ανάπτυξη των συστημάτων AMI, με επιταχυνόμενο ρυθμό σε όλο τον κόσμο, οδηγούν στην παροχή πληθώρας δεδομένων, διαθέσιμων για τον έλεγχο του δικτύου διανομής. Ακόμη και αν η ενσωμάτωση τεράστιου όγκου μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο αποτελεί πρόκληση, παρέχει ευκαιρίες για υλοποίηση νέων εφαρμογών, οι οποίες βοηθούν στη μείωση της διάρκειας της διακοπής (διαχείριση διακοπών), στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης (βελτιστοποίηση τάσης και άεργου ισχύος), στην επίγνωση της κατάστασης του δικτύου (εκτίμηση της κατάστασης) και στην ενθάρρυνση της συμμετοχής των καταναλωτών στη διαχείριση της ζήτησης (απόκριση ζήτησης).