

Συστήματα αντιστάθμισης αέργου ισχύος

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ.GR Φεβρουάριος 3, 2012



Τα σύγχρονα ΣΗΕ χαρακτηρίζονται από προβλήματα αυξημένων απωλειών και ευστάθειας τάσεως που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα αέργου ισχύος.

Στο άρθρο αυτό αναλύεται η συμμετοχή επιμέρους ομάδων καταναλωτών και ειδικών κατηγοριών φορτίων στη ζήτηση αέργου ισχύος. Αναδεικνύεται η αναγκαιότητα εγκατάστασης μέσων αντιστάθμισης ισχύος. Σε επόμενο άρθρο θα γίνει αναλυτική παρουσίαση τεχνικών και μέσων αντιστάθμισης αέργου ισχύος, σε εφαρμογές μέσης και χαμηλής τάσεως.

ΑΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ

Η άεργος ισχύς είναι μη παραγωγική ισχύς, η οποία είναι αναγκαία αφενός για τη λειτουργία ορισμένων ευρέως διαδεδομένων φορτίων, και αφετέρου για τη λειτουργία των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κάθε φορτίο που περιλαμβάνει εξοπλισμό η λειτουργία του οποίου απαιτεί τη δημιουργία μαγνητικών πεδίων εμφανίζει κατανάλωση άεργου ισχύος, δηλαδή έχει «επαγωγική συμπεριφορά». Οι ασύγχρονοι (επαγωγικοί) κινητήρες και οι εφαρμογές τους στον οικιακό και βιομηχανικό τομέα (συστήματα μετάδοσης κίνησης, αντλητικά συστήματα, κλιματιστικά μηχανήματα, ψυγεία, πλυντήρια κλπ) είναι το πιο κλασσικό παράδειγμα.

Ο βαθμός κατανάλωσης άεργου ισχύος από τα φορτία εκφράζεται με το μέγεθος «Συντελεστής Ισχύος ($\cos\phi$)», το οποίο αντιστοιχεί στο λόγο της κατανάλωσης ενεργού ισχύος προς τη «φαινόμενη» ισχύ του φορτίου, η οποία είναι το γεωμετρικό άθροισμα της ενεργού και της άεργου ισχύος του φορτίου.

Ένα «καλό» φορτίο παρουσιάζει τιμές του Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) κοντά στη μονάδα ενώ ένα «κακό» φορτίο παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές. Για παράδειγμα, ένα φορτίο ενεργού ισχύος 100 kW καταναλώνει 48,4 / 32,8 / 14 kVAr άεργου ισχύος εάν ο Συντελεστής Ισχύος του είναι 0,90 / 0,95 / 0,99 αντίστοιχα.

Η συσχέτιση άεργου ισχύος και ικανότητας μεταφοράς ενεργού ισχύος, είναι ένα θέμα το οποίο δεν έχει γίνει απόλυτα κατανοητό. Τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να φορτίζονται στη σωστή τάση ώστε να καθίσταται δυνατή η μεταφορά της παραγωγικής ισχύος («ενεργού ισχύος») από τους σταθμούς παραγωγής προς την κατανάλωση, με τις ελάχιστες δυνατές ενεργές (ωμικές) και άεργες (επαγωγικές) απώλειες. Η τάση των δικτύων αυτών, η οποία σχετίζεται άμεσα με τη ροή της άεργου ισχύος, πρέπει να διατηρείται εντός αυστηρά προκαθορισμένων ορίων διακύμανσης (+/- 5%), και μάλιστα υπό συνθήκες διαρκούς μεταβολής των φορτίων, για λόγους καλής λειτουργίας του εξοπλισμού.

Σε καταστάσεις, υψηλής κατανάλωσης ενεργού και άεργου ισχύος, η λειτουργία των δικτύων γίνεται οριακή, καθώς τα περιθώρια ελέγχου της ροής άεργου ισχύος στενεύουν, με αποτέλεσμα να υφίσταται κίνδυνος black out.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της άεργου ισχύος είναι ότι δεν μεταφέρεται εύκολα. Οι απώλειες μεταφοράς άεργου ισχύος δύνανται να συνιστούν υψηλό ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης, ενώ προκύπτουν και πρόσθετες απώλειες ενεργού ισχύος.

Εντούτοις, σημαντικό πλεονέκτημα της άεργου ισχύος έναντι της ενεργού είναι ότι δύναται να παράγεται εύκολα σε τοπικό επίπεδο, κοντά στα σημεία κατανάλωσής της, από συσκευές οι οποίες δεν απαιτούν κατά κανόνα κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και δεν έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Διακύμανση και διαχρονική εξέλιξη της ζήτησης άεργου ισχύος

Η ζήτηση της άεργου ισχύος αυξάνεται σημαντικά σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών κατά τις οποίες γίνεται αυξημένη χρήση κλιματιστικών συσκευών και αντλητικών συστημάτων άρδευσης. Επισημαίνεται ότι κατά τις περιόδους αυτές, η αύξηση της ζήτησης

άεργου ισχύος είναι υψηλότερη από την αύξηση της ζήτησης ενεργού ισχύος, λόγω της σύνθεσης του φορτίου που περιλαμβάνει αυξημένο ποσοστό επαγωγικών κινητήρων.

Το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή το σύστημα της ηπειρωτικής Ελλάδας και των συνδεδεμένων ηλεκτρικά νησιών, εμφανίζει συνεχή επιδείνωση της λειτουργίας του από πλευράς άεργου ισχύος, ιδίως κατά τα τελευταία 10 έτη.

Στον Πίνακα 1 αναφέρονται ενδεικτικά οι μεταβολές στην ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία έτη, στην ετησίως μέγιστη ζήτηση ενεργού ισχύος και στην τιμή του Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) του φορτίου του Συστήματος Μεταφοράς κατά την ώρα του ετήσιου μέγιστου του φορτίου. Επισημαίνεται ότι παρότι από τα στοιχεία αυτά προκύπτει σταθερή ουσιαστικά τιμή του Συντελεστή Ισχύος διαχρονικά, αυτό επιτυγχάνεται μόνο με τη συνεχή προσθήκη μέσων αντιστάθμισης στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής.

Το πρόβλημα των αιχμών της ηλεκτρικής ζήτησης έχει πάρει ανησυχητικές διαστάσεις τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα. Το Σχήμα 1, δείχνει τις ημερήσιες αιχμές (μέσες ωριαίες τιμές) του φορτίου του Διασυνδεδεμένου Συστήματος κατά τη διάρκεια του έτους 2004. Οι παρατηρούμενοι κύκλοι είναι οι εβδομάδες του χρόνου. Η συμπεριφορά των αιχμών είναι σχεδόν σταθερή κατά τη διάρκεια του χρόνου, με εξαίρεση την καλοκαιρινή περίοδο κατά την οποία παρατηρείται μία αύξηση της τάξεως του 25%, η οποία για την εξεταζόμενη χρονιά διαρκεί περίπου 8 εβδομάδες. Η αύξηση αυτή απεικονίζει την επίδραση του κλιματισμού και της άρδευσης (αντλιοστάσια) στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ως βάση για την αξιολόγηση των ενδεχόμενων μέτρων βελτίωσης της λειτουργίας των φορτίων και του συστήματος παραγωγής και διακίνησης ηλεκτρικής ενέργειας, λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία του Πίνακα 2, στον οποίο καταγράφεται η κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα (στοιχεία ΔΕΗ 2003):

Καταναλωτές Υψηλής Τάσης

Ο αριθμός των καταναλωτών ΥΤ του ελληνικού Συστήματος είναι περιορισμένος. Λόγω όμως του μεγάλου μεγέθους της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές

αυτούς, παρέχονται σημαντικά κίνητρα για τον ετεροχρονισμό της ζήτησής τους με την αιχμή του Συστήματος, ήτοι για τη μείωση της κατανάλωσής τους κατά τις ώρες μεγάλης ζήτησης από τα λοιπά φορτία του Συστήματος.

Σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος (άρθρο 15), κάθε Πελάτης που συνδέεται με το Σύστημα (ΥΤ) οφείλει να διασφαλίζει ότι για φόρτιση μεγαλύτερη του 50% της μέγιστης ικανότητας τροφοδότησης, ο Συντελεστής Ισχύος του στο σημείο σύνδεσης παραμένει εντός του εύρους τιμών 0,90 επαγωγικό έως 1,00. Για το 2005, υπήρχε η πρόβλεψη [1] ότι οι Πελάτες ΥΤ θα καταναλώνουν κατά την ώρα θερινής αιχμής του 2005 περίπου 81,4 Mvar περισσότερο από την κατανάλωση αέργου ισχύος που ορίζεται ως άνω όριο βάσει της κατανάλωσης ενεργού ισχύος τους.

Με αυστηρότερα – υψηλότερα όρια στην επιτρεπόμενη τιμή του Συντελεστή Ισχύος για τους καταναλωτές ΥΤ, υπάρχει μεγάλο περιθώριο μείωσης της άεργου ισχύος. Από τα σχετικά στοιχεία προκύπτει ότι με Τιμές Κατωφλίου Συντελεστή Ισχύος (συν φ) = 0,9 / 0,95 / 0,99 επέρχεται βελτίωση της άεργου Ισχύος = 81,4 / 217,7 / 413,9 Mvar αντίστοιχα. Η αναμενόμενη αυτή μείωση ζήτησης άεργου ισχύος συνεπάγεται σημαντικά μεγαλύτερη μείωση της αναγκαίας παραγωγής άεργου ισχύος από τις κεντρικές μονάδες παραγωγής του Συστήματος, π.χ. σε συνθήκες κανονικής λειτουργία του Συστήματος αναμένεται μείωση της παραγωγής άεργου ισχύος 100 / 280 / 490 Mvar αντίστοιχα.

Καταναλωτές Μέσης Τάσης

Μεγάλοι καταναλωτές, όπως βιομηχανίες, νοσοκομεία, κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία κ.λ.π., συνδέονται κατά κανόνα στη Μέση Τάση.

Στη ΜΤ η τιμολόγηση της Χρεωστέας Ζήτησης ισχύος (XZ) αποτελεί συνάρτηση της Μέγιστης Ζήτησης (MZ) και του Συντελεστή Ισχύος (cosφ) με βάση τη σχέση :

Αν ο συντελεστής χρησιμοποίησης είναι μεγαλύτερος από 30%, μειώνεται η χρέωση ισχύος κατά $50 \cdot (1 - MA/MZ) \%$ όπου MZ η καταγραφής μέγιστη ζήτηση ισχύος και MA η μέγιστη ζήτηση ισχύος κατά τις ώρες αιχμής.

Αυτό αποτελεί ένα οικονομικό κίνητρο για τον καταναλωτή Μέσης Τάσης ώστε:

- Να διορθώνει-βελτιώνει το Συντελεστή Ισχύος (cosφ), αφού η χρεωστέα Ζήτηση ισχύος (XZ) εξαρτάται αντιστρόφως ανάλογα από αυτόν.

- Να μειώνει ή / και να μετατοπίζει τη Μέγιστη Ζήτησης εκτός ωρών αιχμής.

Από το Πίνακα 3 των συγκεντρωτικών στοιχείων των Καταναλωτών MT που ακολουθεί, προκύπτει ότι με Τιμές Κατωφλίου Συντελεστή Ισχύος (συν ϕ) = 0.9 / 0.95 / 0.99 επέρχεται βελτίωση της άεργου Ισχύος = 39.3/ 92.2 / 207.1 Mvar αντίστοιχα. Η αναμενόμενη αυτή μείωση ζήτησης άεργου ισχύος συνεπάγεται σημαντικά μεγαλύτερη μείωση της αναγκαίας παραγωγής άεργου ισχύος από τις κεντρικές μονάδες παραγωγής του Συστήματος, π.χ. σε συνθήκες κανονικής λειτουργία του Συστήματος αναμένεται μείωση παραγωγής άεργου ισχύος 45 / 118 / 260 Mvar αντίστοιχα. Δηλαδή παρότι η MT συμμετέχει στη κατανάλωση με υψηλότερο ποσοστό από την YT (18.2% έναντι 14%) τα περιθώρια μείωσης της άεργου στη MT βρίσκονται στο 50% των αντιστοιχών της YT και τούτο οφείλεται στη τιμολογιακή πολιτική που ισχύει για τη κατηγορία αυτή.

Καταναλωτές του Βιομηχανικού και Εμπορικού – τριτογενή τομέα

Ο εμπορικός τομέας χρήζει ιδιαίτερης προσοχής λόγω της υψηλής απόλυτης τιμής της κατανάλωσης αλλά και του ρυθμού αύξησης κατά την τελευταία δεκαετία. Οι μεγάλες εμπορικές αλυσίδες, έχουν την τεχνική υποδομή και ενδιαφέρονται, σε γενικές γραμμές, για την ενεργειακή κατανάλωση των εγκαταστάσεών τους.

Η εμπειρία δείχνει ότι το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως σε μικρά καταστήματα, όπου συνυπάρχουν απαράδεκτα υψηλά επίπεδα φωτισμού με μέσης ή κακής ποιότητας φωτιστικά συστήματα, πλήρης κλιματισμός με τις εισόδους των καταστημάτων να παραμένουν μόνιμα ανοικτές. Οι σχεδιαστές τέτοιων εγκαταστάσεων, ενδιαφέρονται για την προσέλκυση πελατών, την παρουσίαση των προϊόντων και συνήθως αγνοούν την παράμετρο ενεργειακής κατανάλωσης.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Λειτουργία συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων

Τα κύρια προβλήματα της λειτουργίας των συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων είναι οι συχνές εκκινήσεις και η αδυναμία προσαρμογής του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου κατά τη λειτουργία του. Η παρούσα κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

α) Τα σύγχρονα, πιστοποιημένα και υψηλού κόστους κτήσης, «επώνυμα» κλιματιστικά μηχανήματα ρυθμίζουν το ρεύμα εκκίνησης με inverter και συνήθως προσαρμόζουν τη λειτουργία του κινητήρα ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου. Το πρόβλημα των εν λόγω κλιματιστικών μηχανημάτων δεν είναι κυρίως η χαμηλή τιμή του Συντελεστή Ισχύος, αλλά η εισαγωγή αρμονικών στο δίκτυο με αντίστοιχη υποβάθμιση της ποιότητας τάσης.

β) Τα παλαιού τύπου κλιματιστικά μηχανήματα (χωρίς inverter) και γενικότερα «ανώνυμες» συσκευές, συνήθως χαμηλού κόστους κτήσης και χωρίς οποιαδήποτε τυποποίηση, συνήθως λειτουργούν με χαμηλή τιμή του Συντελεστή Ισχύος (από 0,55 έως 0,8).

Για παράδειγμα, μια τυπική επώνυμη μονάδα 18000 BTU έχει ισχύ $P=1850W$ με Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) περίπου ίσο με 0,9 για τάση λειτουργίας $U=230V$ μονοφασικό και ασφαρίζεται με μικροαυτόματο 16A. Εάν μία τέτοια μονάδα λειτουργεί 14 ώρες ημερησίως στη θερινή περίοδο σε ένα χώρο με μέτριες θερμικές απώλειες (όχι συχνά ανοιγο-κλεισίματα παραθύρων και θυρών κλπ) αναμένονται 8-10 εκκινήσεις συνολικά, στην διάρκεια των οποίων το φορτίο δεν είναι σταθερό. Συνεπώς έχουμε:

α) Σημαντικό αριθμό εκκινήσεων στη διάρκεια των οποίων το ρεύμα εκκίνησης είναι πολλαπλάσιο του αντίστοιχου κανονικής λειτουργίας και προκαλεί τοπική πτώση τάσης στο δίκτυο.

β) Κατά την εκκίνηση (αρχικά στις χαμηλές στροφές περιστροφής κινητήρα) η τιμή του Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) είναι ιδιαίτερα χαμηλή.

γ) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μηχανήματος, χωρίς δυνατότητα προσαρμογής των στροφών του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου, έχουμε χαμηλό συντελεστή ισχύος για φόρτιση μικρότερη του 100% (ιδανική συνθήκη). Ενδεικτικά για φόρτιση 100% έχουμε Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,9, για φόρτιση 75% έχουμε Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,87, για φόρτιση 50% Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,78 και για φόρτιση 25% Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,6.

Τα ίδια προβλήματα παρουσιάζουν μηχανήματα που λειτουργούν με ασύγχρονους (επαγωγικούς) κινητήρες π.χ. για οικιακής καταναλώσεως ψυγεία και αντίστοιχα ψυκτικές μονάδες μεγαλύτερης ισχύος ή κεντρικές κλιματιστικές μονάδες.

Μη γραμμικά φορτία: Εισαγωγή αρμονικών

Η ύπαρξη διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος (inverters, soft starters κλπ), ανορθωτικών διατάξεων AC-DC και γενικότερα η ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων επηρεάζει και αλλοιώνει την ημιτονοειδή μορφή της τάσης. Αποτελέσματα της αλλοίωσης αυτής είναι η δημιουργία αρμονικών στο δίκτυο και η μη αποτελεσματική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αρμονικές που εγχέονται στο δίκτυο επηρεάζουν τον υπόλοιπο εξοπλισμό δημιουργώντας τα ακόλουθα προβλήματα:

α) αυξημένες απώλειες

β) θέρμανση κινητήρων, καλωδίων και μετασχηματιστών

γ) παρεμβολές σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό και ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις. Είναι σκόπιμο το ζήτημα αυτό να μελετηθεί εκτενώς, με στόχο τη λήψη μέτρων αναφορικά με την πιστοποίηση του εξοπλισμού και την εφαρμογή των σχετικών προτύπων.

Αρδευτικά συστήματα άντλησης και επίδραση στις αιχμές

Τα αρδευτικά συστήματα άντλησης έχουν σημαντικά μειωμένο τιμολόγιο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με τις σχετικές συμβάσεις προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, υφίσταται υποχρέωση των Πελατών αυτών να μην απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής του φορτίου του Συστήματος, οι οποίες καθορίζονται από τη ΔΕΗ, δηλαδή το μειωμένο τιμολόγιο ισχύει μόνο για τις ώρες εκτός αιχμής του Συστήματος.

Ο περιορισμός αυτός υπεβλήθη αφενός για λόγους καλής λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος, και ιδίως μετά τη μετατόπιση της αιχμής του φορτίου του Συστήματος στο θέρος (μετά το 1992) και αφετέρου για σοβαρούς περιβαλλοντικούς λόγους, οι οποίοι έχουν να κάνουν με την εύλογη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Ειδικότερα, υπολογίζεται ότι, στην περίπτωση άρδευσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, 40% του ύδατος εξατμίζεται πριν καταπέσει στο έδαφος, ενώ 20% της ποσότητας που πέφτει στο έδαφος εξατμίζεται πριν απορροφηθεί από αυτό (ήτοι συνολικές απώλειες ύδατος άνω του 50%).

Δυστυχώς, η ανεξέλεγκτη παραβίαση κατά τα προηγούμενα έτη των περιορισμών αυτών, έχει οδηγήσει αφενός στην επιβάρυνση της συνολικής κατανάλωσης του ηλεκτρικού

συστήματος με περίπου 700 MW σε όλη την Ελλάδα, από τα οποία 400 MW περίπου στη Θεσσαλία, κατά τις ώρες της θερινής αιχμής, και μάλιστα σε περιοχές ιδιαίτερα σημαντικές για την ευστάθεια του Συστήματος μεταφοράς, και αφετέρου στην δραματική υποβάθμιση του υδροφόρου ορίζοντα των γεωργικών περιοχών με ορατό τον κίνδυνο ερημοποίησης.

Από πλευράς ηλεκτρικού συστήματος, η τήρηση του περιορισμού μη λειτουργίας των αρδευτικών συστημάτων κατά τις ώρες της ημέρας θα συμβάλει αποφασιστικά στη διασφάλιση της καλής λειτουργίας του συστήματος και στη σημαντική μείωση της πιθανότητας εμφάνισης προβλημάτων αστάθειας τάσης ή ανεπάρκειας ισχύος.

Η ελεγχόμενη περικοπή μη κρίσιμων φορτίων κατά τις ώρες αιχμής του Συστήματος, με προτεραιότητα στα αρδευτικά φορτία, θα ήταν δυνατή χωρίς πρόσθετες παρεμβάσεις, αφού για το μέγεθος του αναμενόμενου οφέλους κατά τις ώρες της θερινής αιχμής (περίπου 250 MW) η περικοπή είναι δυνατή μέσω των τοπικών συστημάτων τηλεχειρισμών.

Για να επιτευχθεί ικανοποιητική διόρθωση του Συντελεστή Ισχύος, θα πρέπει το Σύστημα Διόρθωσης Συνημίτονου να σχεδιαστεί ειδικά για το σύστημα στο οποίο προορίζεται.

πηγή: <http://www.technicalreview.gr>, του Ηλ. Αντωνίου