

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΑΣΗΣ – ΕΝΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η προσέγγιση βάσει της τεχνογνωσίας της SEMAN A.E.

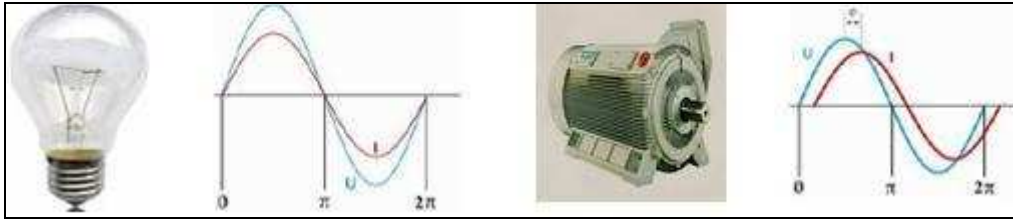
Η μη γραμμική φύση των σύγχρονων ηλεκτρικών φορτίων καθιστά συχνά αναγκαία τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των αρμονικών. Η βελτιστοποίηση της ποιότητας ισχύος σε ενεργοβόρες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

A. Το πρόβλημα των αρμονικών

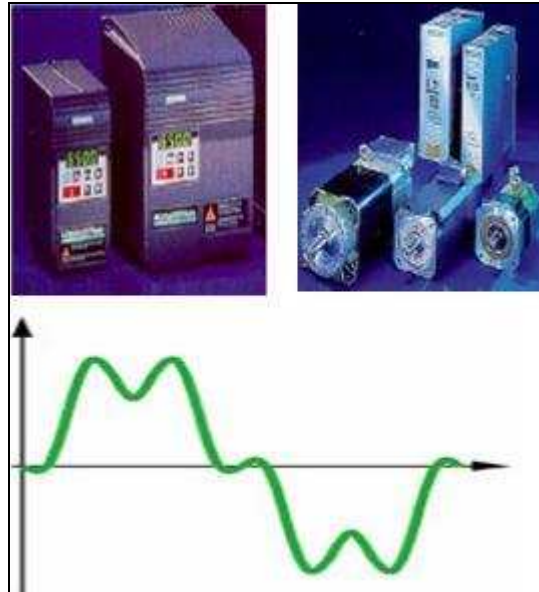
Τα προηγούμενα χρόνια, τα περισσότερα φορτία ήταν γραμμικά (επαγωγικοί κινητήρες, αντιστάσεις θέρμανσης, λάμπες πυρακτώσεως) δηλαδή η κυματομορφή της τάσης ήταν ίδια με αυτή του ρεύματος (εικ. 1). Σήμερα, όμως, χρησιμοποιούνται ευρέως φορτία μη γραμμικά (εικ. 2), τα οποία όταν συνδέονται με μία πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής άγουν ρεύμα μη ημιτονοειδούς μορφής. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μόλυνση του δικτύου με αρμονικές και ειδικότερα με συνιστώσες του ρεύματος σε συχνότητες πολλαπλάσιες των 50 Hz (3^{ης}, 5^{ης}, 7^{ης} ... τάξης) οι οποίες διαρρέουν τα καλώδια τροφοδοσίας των φορτίων και πλήττουν ολόκληρη την ηλεκτρική εγκατάσταση.

Οι κυριότερες κατηγορίες τέτοιων φορτίων είναι:

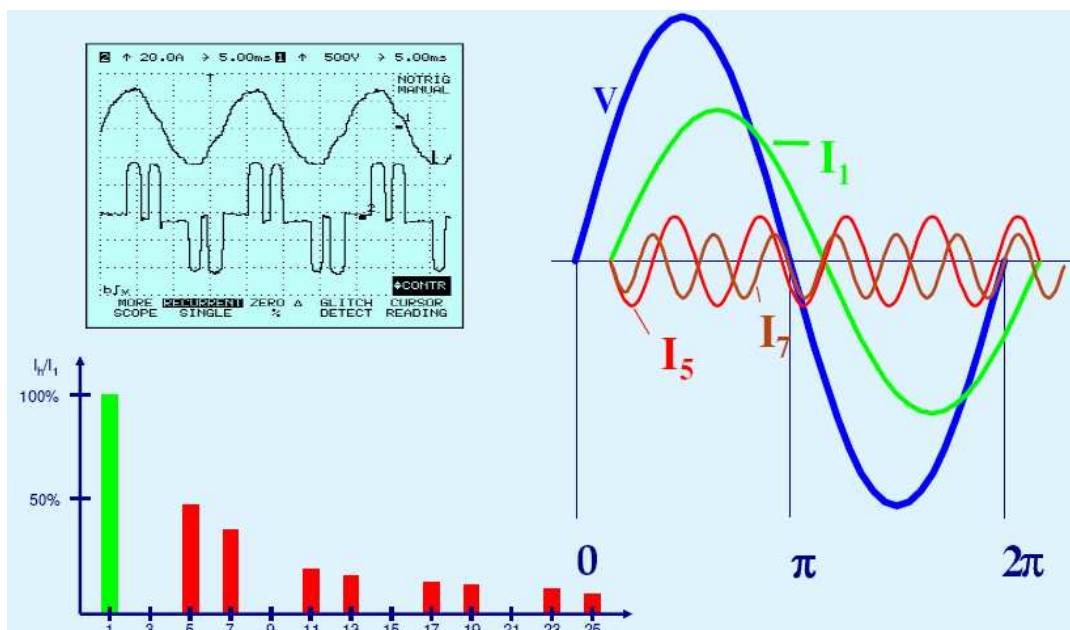
1. Τα ηλεκτρονικά ισχύος (π.χ. inverters)
2. Οι Μετασχηματιστές Ανόρθωσης
3. Οι συσκευές παραγωγής ηλεκτρικών τόξων (π.χ. υψικάμινοι τήξης μετάλλων, οξυγονοκολλήσεις)



Εικόνα 1. Λαμπτήρας πυρακτώσεως και επαγωγικός κινητήρας (γραμμικά φορτία)



Εικόνα 2. Μη γραμμικά φορτία τα οποία προκαλούν αρμονικές



Εικόνα 3. Η ύπαρξη των αρμονικών έγκειται στην ύπαρξη συνιστωσών ρεύματος σε συχνότητες πολλαπλάσιες της θεμελιώδους (50Hz)

B. Συνέπειες από την δημιουργία των αρμονικών

Συνέπεια των αρμονικών είναι να προκαλούνται προβλήματα, τα οποία είναι ποικίλα & πολυσύνθετα. Αυτά εν συντομία συνοψίζονται στα εξής:

1. Οι μετασχηματιστές και ο εξοπλισμός κίνησης υπερθερμαίνονται λόγω της επιπρόσθετης φόρτισης που υφίστανται. Επίσης, καταπονούνται μηχανικά με αποτέλεσμα να υπάρχουν σε αυξημένο βαθμό δονήσεις και θόρυβος κατά τη λειτουργία τους.
2. Ο ουδέτερος αγωγός υπερφορτίζεται, καθώς το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων που τον διαρρέουν δεν είναι πλέον ίσο με μηδέν (περίπτωση συμμετρικών φορτίων). Τα ρεύματα των διαφόρων συχνοτήτων προστίθενται και αποτελούν υπολογίσιμη ποσότητα, ενώ οι τιμές τάσης μεταξύ ουδετέρου – γης είναι μη αποδεκτές. Αποτέλεσμα αυτού είναι το ρεύμα του ουδετέρου να μην είναι εντός των αποδεκτών ορίων τις περισσότερες φορές.
3. Υπάρχουσες διατάξεις πυκνωτών κινδυνεύουν να καταστραφούν, σε περιπτώσεις όπου ο κλάδος στον οποίο συνδέονται, εμφανίζει ίδια συχνότητα με κάποιες από τις αρμονικές που υπάρχουν στο δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, η σύνθετη αντίσταση του συγκεκριμένου κλάδου ελαχιστοποιείται με αποτέλεσμα να αυξάνει κατά πολύ το ρεύμα που τον διαρρέει. Έτσι το πλάτος των αρμονικών αυξάνεται (ηλεκτρική ταλάντωση), αυξάνεται η ενεργός τάση και ένταση, οι πυκνωτές υπερθερμαίνονται και ενδέχεται είτε να καταστραφεί το διηλεκτρικό τους υλικό είτε να λιώσουν οι ασφάλειες τους με αποτέλεσμα τη θέση τους εκτός λειτουργίας.
4. Τα μέσα ζεύξης & προστασίας φθείρονται και είναι πιθανό να λειτουργήσουν ανεπιθύμητα, ιδιαίτερα αν η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται σε θερμικά μοντέλα ή για τον υπολογισμό της ενεργούς τιμής της έντασης χρησιμοποιείται το πλάτος της κυματομορφής της, το οποίο είναι στην περίπτωση αυτή παραμορφωμένο.
5. Η λειτουργία του ηλεκτρονικού εξοπλισμού και των γεννητριών καθίσταται αναξιόπιστη.

6. Σημειώνονται λανθασμένες καταγραφές ηλεκτρικών μεγεθών από τις μετρητικές διατάξεις.
7. Γίνεται σπατάλη ενέργειας με αποτέλεσμα οι λογαριασμοί κατανάλωσης ενέργειας να είναι υψηλότεροι.
8. Μειώνεται η εφεδρεία της ηλεκτρικής εγκατάστασης, καθώς τα ρεύματα που διαρρέουν τα καλώδια και τους ηλεκτρικούς πίνακες, είναι σημαντικά μεγαλύτερα λόγω των αρμονικών.

Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε επιβάρυνση της ηλεκτρικής εγκατάστασης η οποία ισοδυναμεί με οικονομικό κόστος που προκύπτει από την:

1. μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας άρα την πληρωμή υψηλότερων λογαριασμών
2. αδικαιολόγητα σταματήματα στην παραγωγή – χαμένοι χρόνοι – πρόσθετο κόστος
3. ταχύτερη φθορά του εξοπλισμού η οποία έχει ως αποτέλεσμα επιπρόσθετες επενδύσεις
4. υψηλότερο κόστος συντήρησης και επισκευών
5. μειωμένη ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος ή της παρεχόμενης υπηρεσίας.

Γ. Η επιστημονική λύση για την αντιμετώπιση των αρμονικών που προτείνει η SEMAN A.E.

Η SEMAN καινοτομεί με πρωτοποριακές λύσεις για την αντιμετώπιση των αρμονικών, οι οποίες εμπεριέχουν τεχνογνωσία αιχμής που έχουν αναπτύξει οι καταξιωμένοι επιστήμονες της. Ενδεικτικό είναι ότι το 20% των στελεχών της SEMAN, είναι επιστήμονες που έχουν εκπονήσει διδακτορικές διατριβές πάνω σε θέματα απόσβεσης αρμονικών και εξοικονόμησης ενέργειας. Το δε επιστημονικό τους έργο πάνω στην εξοικονόμηση ενέργειας έχει τιμηθεί από το πανεπιστήμιο του Cambridge και από το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Βιογραφιών.

Οι λύσεις αυτές οδηγούν σε σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων από τα τιμολόγια ΔΕΗ και σε προστασία όλου του εξοπλισμού των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

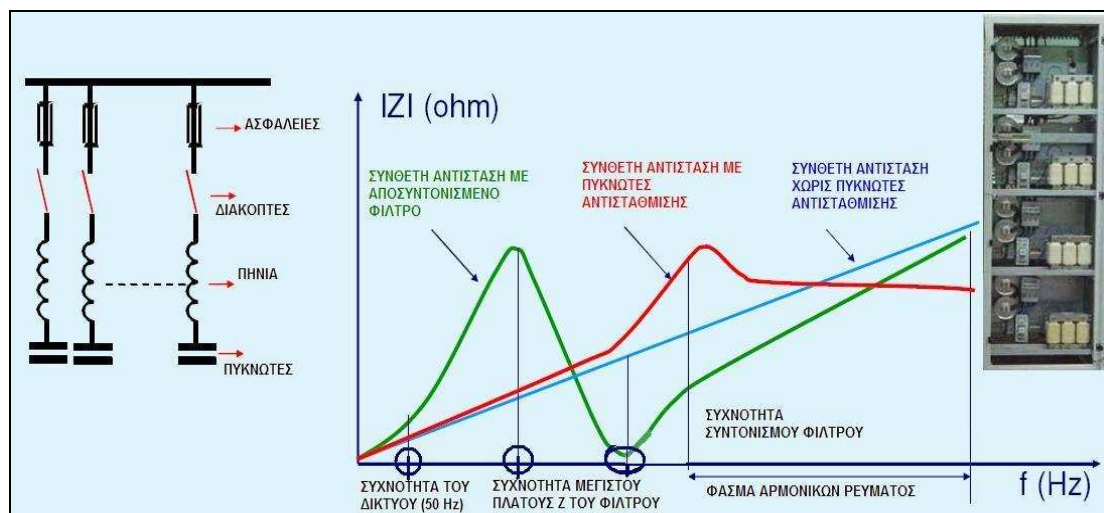
Μερικές από αυτές τις λύσεις που εφαρμόζει η SEMAN A.E. βάσει της τεχνογνωσίας της αφορούν τα φίλτρα απόσβεσης αρμονικών.

Δ. Φίλτρα απόσβεσης αρμονικών

Τα φίλτρα απόσβεσης αρμονικών είναι συστήματα τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τις επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο. Αποτελούνται από συνδυασμό πηνίων και ειδικών πυκνωτών κατάλληλα διαστασιοποιημένων, ώστε να συντονίζονται (να ελαχιστοποιούν τη σύνθετη αντίδρασή τους) σε επιλεγμένες συχνότητες και διαχωρίζονται σε βαθμίδες. Έχουν τη δυνατότητα ελέγχου από ρυθμιστή ο οποίος ανάλογα με τη ζήτηση του φορτίου είτε βάζει εντός, είτε θέτει εκτός βαθμίδες πηνίων – πυκνωτών, ούτως ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο της υπεραντιστάθμισης.

Τα **αποσυντονισμένα φίλτρα** είναι σχεδιασμένα να αποκόπτουν ρεύματα σε συχνότητες κοντινές σε αυτές των ρευμάτων αρμονικών που εμφανίζονται στο δίκτυο. Ο λόγος που σχεδιάζονται κατ'αυτόν τον τρόπο είναι για να μπορούν να αποκόπτουν ένα εύρος ρευμάτων αρμονικών (στην περιοχή των συχνοτήτων που ενδιαφέρει), περιορίζοντας ταυτόχρονα περισσότερες από μία αρμονικές και μειώνοντας συγχρόνως την ολική αρμονική παραμόρφωση (THD-I %). Είναι φίλτρα που απαιτούν ιδιαίτερη τεχνογνωσία κατά το σχεδιασμό τους, καθώς δε συντονίζονται απόλυτα στις αρμονικές που εμφανίζονται στο εκάστοτε δίκτυο κι έτσι δεν παρουσιάζεται κίνδυνος εμφάνισης πολύ υψηλών ρευμάτων στους βρόχους που συνδέονται.

Ο τρόπος με τον οποίο τα αποσυντονισμένα φίλτρα αποκόπτουν τις αρμονικές του δικτύου φαίνεται καλύτερα και στο παρακάτω διάγραμμα (εικ. 4) συσχέτισμού της **Σύνθετης Αντίστασης** ενός κλάδου και της **Συχνότητας** του ρεύματος το οποίο τον διαρρέει.



Εικόνα 4. Σχηματική απεικόνιση ενός αποσυντονισμένου φίλτρου και της αρχής λειτουργίας του

Στο πιο πάνω διάγραμμα φαίνεται καθαρά η διαφοροποίηση της σύνθετης αντίστασης του κλάδου ενός αποσυντονισμένου φίλτρου σε σχέση με αυτήν που θα είχε ο κλάδος αυτός αν δεν υπήρχε το φίλτρο. Στην περίπτωση λοιπόν που τοποθετείται αποσυντονισμένο φίλτρο σε κάποιο σημείο του δικτύου, αυτό εμφανίζει μία πολύ μικρή σύνθετη αντίσταση στη συχνότητα συντονισμού του, με αποτέλεσμα τα ρεύματα τόσο σε αυτήν όσο και σε κοντινές συχνότητες στη συχνότητα συντονισμού του φίλτρου να διέρχονται όλα από τον εν λόγω κλάδο (αποκοπή). Έτσι τα αποσυντονισμένα φίλτρα αποκόπτουν ένα εύρος αρμονικών ρευμάτων και όχι μία συγκεκριμένη αρμονική ρεύματος. Μειονέκτημά τους όμως είναι ότι έτσι δεν μπορούν να φιλτράρουν το 100% της αρμονικής παραμόρφωσης, με αποτέλεσμα να παραμένουν έπειτα και κάποιες αρμονικές στο δίκτυο.

Τα **συντονισμένα φίλτρα** είναι σχεδιασμένα να αποκόπτουν ρεύματα σε συχνότητες ίδιες με αυτές των αρμονικών ρευμάτων που εμφανίζονται στο δίκτυο. Αποτελούνται από βαθμίδες πυκνωτών και πηνίων συνδεδεμένων

εν σειρά. Η κάθε βαθμίδα έχει τη δική της συχνότητα συντονισμού και μάλιστα τέτοια που να αποκόπτει μία συγκεκριμένη αρμονική ρεύματος. Αυτό φαίνεται αναλυτικά και στο παρακάτω σχήμα (εικ. 5).

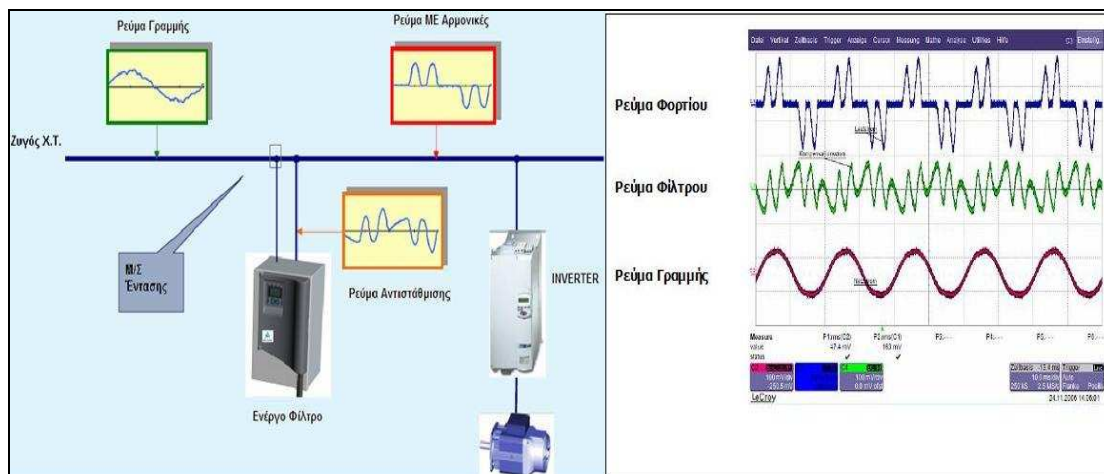


Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση ενός συντονισμένου φίλτρου και της αρχής λειτουργίας του

Με τα συντονισμένα φίλτρα αποκοπής αρμονικών πετυχαίνεται άριστη μείωση της ολικής αρμονικής παραμόρφωσης στο δίκτυο καθώς αποκόπτουν ακριβώς τις αρμονικές (5^η, 7^η, 11^η...) που υπάρχουν στο τελευταίο. Οι συχνότητες συντονισμού των συντονισμένων φίλτρων βρίσκονται πάρα πολύ κοντά (σχεδόν ακριβώς) στις αντίστοιχες συχνότητες των αρμονικών ρευμάτων που αποκόπτουν. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι σύνθετες αντιστάσεις των φίλτρων να είναι υπερβολικά μικρές και έτσι να δημιουργούνται υψηλά ρεύματα αρμονικών που οδηγούν τις πυκνωτικές διατάξεις του φίλτρου σε μεγάλη καταπόνηση. Το παραπάνω, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν αντισταθμίζουν εύκολα την άεργο ισχύ σε δυναμικά φορτία και ενέχουν τον κίνδυνο απορρόφησης αρμονικών ρευμάτων από τη μεριά της Υψηλής Τάσης του Μετασχηματιστή Ισχύος, τα καθιστά ιδιαίτερα απαιτητικά στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και τελικά την

εγκατάστασή τους στη βιομηχανία. Η τεχνογνωσία της SEMAN A.E. βέβαια εξασφαλίζει την άριστη διαστασιολόγηση τους για κάθε περίπτωση. Παράλληλα, βασικά τους πλεονεκτήματα αποτελούν η άριστη αποκοπή των αρμονικών του δικτύου - σε ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό που πετυχαίνεται με τα αποσυντονισμένα φίλτρα - καθώς και το γεγονός ότι παράλληλα με τον καθαρισμό των αρμονικών αντισταθμίζουν και την άεργο ισχύ του δικτύου.

Τα **ενεργά φίλτρα** είναι διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος που παράγουν και διοχετεύουν στο δίκτυο το αντίθετο ρεύμα αρμονικών από αυτό που δημιουργούν οι πηγές αρμονικών του δικτύου. Σχηματικά αυτό φαίνεται στις εικόνες (εικ. 6, 7) που ακολουθούν.



Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση της αρχής λειτουργίας ενός ενεργού φίλτρου

Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου ο ΜΗ αντισταθμισμένος συντελεστής ισχύος είναι κοντά στη μονάδα και επομένως δεν απαιτείται τόσο αντιστάθμιση άεργου όσο μείωση της Ολικής Αρμονικής Παραμόρφωσης (THD %). Είναι ιδιαίτερα ακριβές λύσεις και γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου ισχύουν αρκετές ή όλες από τις παρακάτω συνθήκες σε μια εγκατάσταση:

- Υπάρχει μεγάλο περιεχόμενο σε ΜΗ γραμμικά φορτία
- Οι απαιτήσεις για καλή ποιότητα τάσης και ρεύματος είναι ιδιαίτερα αυξημένες (THD V % < 3)

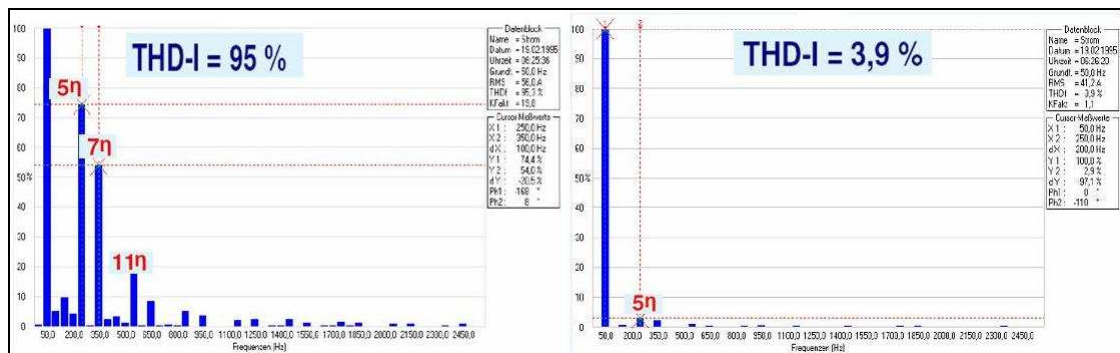
- Υπάρχει Δυναμική Μεταβολή της Ολικής Αρμονικής Παραμόρφωσης
- Υπάρχουν ταχέως μεταβαλλόμενα ΜΗ γραμμικά φορτία (π.χ. Νοσοκομεία, ακτίνες Χ κλπ.)
- Υπάρχει ευαίσθητος ηλεκτρονικός Εξοπλισμός

Το βασικότερο πλεονέκτημα των ενεργών φίλτρων είναι ότι πετυχαίνουν ολοκληρωτική αποκοπή των αρμονικών που εμφανίζονται στο δίκτυο μειώνοντας σχεδόν 100% την Ολική Αρμονική Παραμόρφωση. Επιπλέον, είναι εύκολα στην εγκατάσταση αφού δεν πιάνουν ιδιαίτερο χώρο. Ακόμη δεν υπερφορτίζονται, ενώ η δυναμική αλλαγή στην Ολική Αρμονική Παραμόρφωση του δικτύου δεν επηρεάζει τη λειτουργία τους, αφού παράγουν και διοχετεύουν στο δίκτυο το αντίθετο ρεύμα από αυτό των αρμονικών την κάθε χρονική στιγμή.

Το μεγαλύτερο τους μειονέκτημα αποτελεί η τιμή τους, η οποία δεδομένου του γεγονότος ότι ΔΕΝ αντισταθμίζουν την άεργο ισχύ, είναι κατά πολύ αυξημένη σε σχέση με τη λύση ενός παθητικού φίλτρου, το οποίο πετυχαίνει και βελτίωση του συντελεστή ισχύος στο δίκτυο που τοποθετείται.

Η εικόνα που ακολουθεί (εικ. 7) είναι αρκετά διαφωτιστική τόσο όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας όσο και την αποτελεσματικότητα ενός ενεργού φίλτρου.

Στην εικόνα 7, αριστερά, δίνεται η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση που προκαλείται στο ρεύμα γραμμής από έναν Inverter συνδεδεμένο με έναν Ασύγχρονο Τριφασικό Κινητήρα. Ο κινητήρας είναι ονομαστικής ισχύος 45 kW και είναι φορτισμένος στα 30 kW. Στα δεξιά της εικόνας 7 δίνεται η νέα Ολική Αρμονική Παραμόρφωση που προκύπτει έπειτα από την εγκατάσταση ενός ενεργού φίλτρου και η οποία είναι εμφανώς μικρότερη και εντός των ορίων που θέτουν οι κανονισμοί.



Εικόνα 7. Παράδειγμα μείωσης της Ολικής Αρμονικής Παραμόρφωσης που προκαλείται από την εγκατάσταση ενός ενεργού φίλτρου σε έναν κινητήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με inverter

Η τεχνογνωσία της SEMAN A.E. εξασφαλίζει την εφαρμογή ενεργών φίλτρων σε συνδυασμό με παθητικά φίλτρα με βέλτιστο τεχνικοοικονομικό αποτέλεσμα.

E. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, όπως διαπιστώνεται, κάθε επιχείρηση, πλέον, θα πρέπει ή θα αναγκαστεί στο εγγύς μέλλον να αναζητήσει τρόπους για την επίτευξη δύο πολύ βασικών στόχων, της εξοικονόμησης ενέργειας και της βελτιστοποίησης της ποιότητας ισχύος της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Οι παρεμβάσεις που αναλύθηκαν παραπάνω αποτελούν βέλτιστες λύσεις οι οποίες ενσωματώνουν τεχνογνωσία αιχμής και κορυφαίας τεχνολογίας εξοπλισμό για την απόσβεση των αρμονικών ρεύματος - τάσης. Η παρουσία αρμονικών, όπως επεξηγήθηκε, δημιουργεί τρομερά προβλήματα στην ηλεκτρική εγκατάσταση και οδηγεί σε αυξημένο κόστος κατανάλωσης ενέργειας, αστοχίες και πρόωρη φθορά του εξοπλισμού, τα οποία έχουν ως συνέπεια την σπατάλη χρημάτων, την ανάγκη συχνότερων συντηρήσεων του εξοπλισμού όσο και την αντικατάσταση του προτού περάσει το «προσδόκιμο» της διάρκειας ζωής του.

Συμπερασματικά, λοιπόν, τα άμεσα οφέλη που επιτυγχάνονται για μία ηλεκτρική εγκατάσταση από την εφαρμογή, στην πράξη, της τεχνογνωσίας της SEMAN A.E. με τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την εγκατάσταση

των παραπάνω παρεμβάσεων βέλτιστης διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας για την απόσβεση των ανεπιθύμητων αρμονικών είναι:

1. **Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας.**
2. **Μείωση της Καταγραφείσας Μέγιστης Ζήτησης Ισχύος (KMZ).**
3. **Βελτιστοποίηση του συντελεστή ισχύος cosφ.**
4. **Μείωση των αρμονικών ρεύματος-τάσης** στα επιτρεπτά επίπεδα που θέτουν οι κανονισμοί, με αποτέλεσμα να μην ρυπαίνουν πλέον την ηλεκτρική εγκατάσταση του εργοστασίου και να μειωθούν σημαντικά οι απώλειες που αυτές δημιουργούν.
5. **Βελτίωση του βαθμού απόδοσης των κινητήρων**, λόγω της ελαχιστοποίησης των αριστερόστροφων ηλεκτρομαγνητικών ροπών που προκαλούν οι αρμονικές.

Επιπλέον, άλλα οφέλη τα οποία οδηγούν **σε δραστική μείωση του κόστους παραγωγής και συντήρησης και σε αύξηση της διάρκειας ζωής όλου του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού**, είναι:

1. **Εξάλειψη καταστροφών** ρελέ ισχύος, ασφαλειών, διακοπών και **απωλειών μνήμης προγραμμάτων PLC.**
2. Μικρότερη φθορά και αποφόρτιση όλου του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και κατά συνέπεια **αύξηση του χρόνου ζωής όλου του εξοπλισμού.**
3. **Βελτιστοποίηση της ποιότητας τάσης-ρεύματος.**
4. **Ελαχιστοποίηση των προβλημάτων που δημιουργούνται στην ηλεκτρική εγκατάσταση**, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα να χάνεται πολύτιμος χρόνος της λειτουργικής περιόδου και της παραγωγικής διαδικασίας, και να προκαλούνται πρόσθετες οικονομικές απώλειες.
5. **Αποφυγή προβλημάτων** που δημιουργούνται στους κινητήρες, όπως κάψιμο τυλιγμάτων.