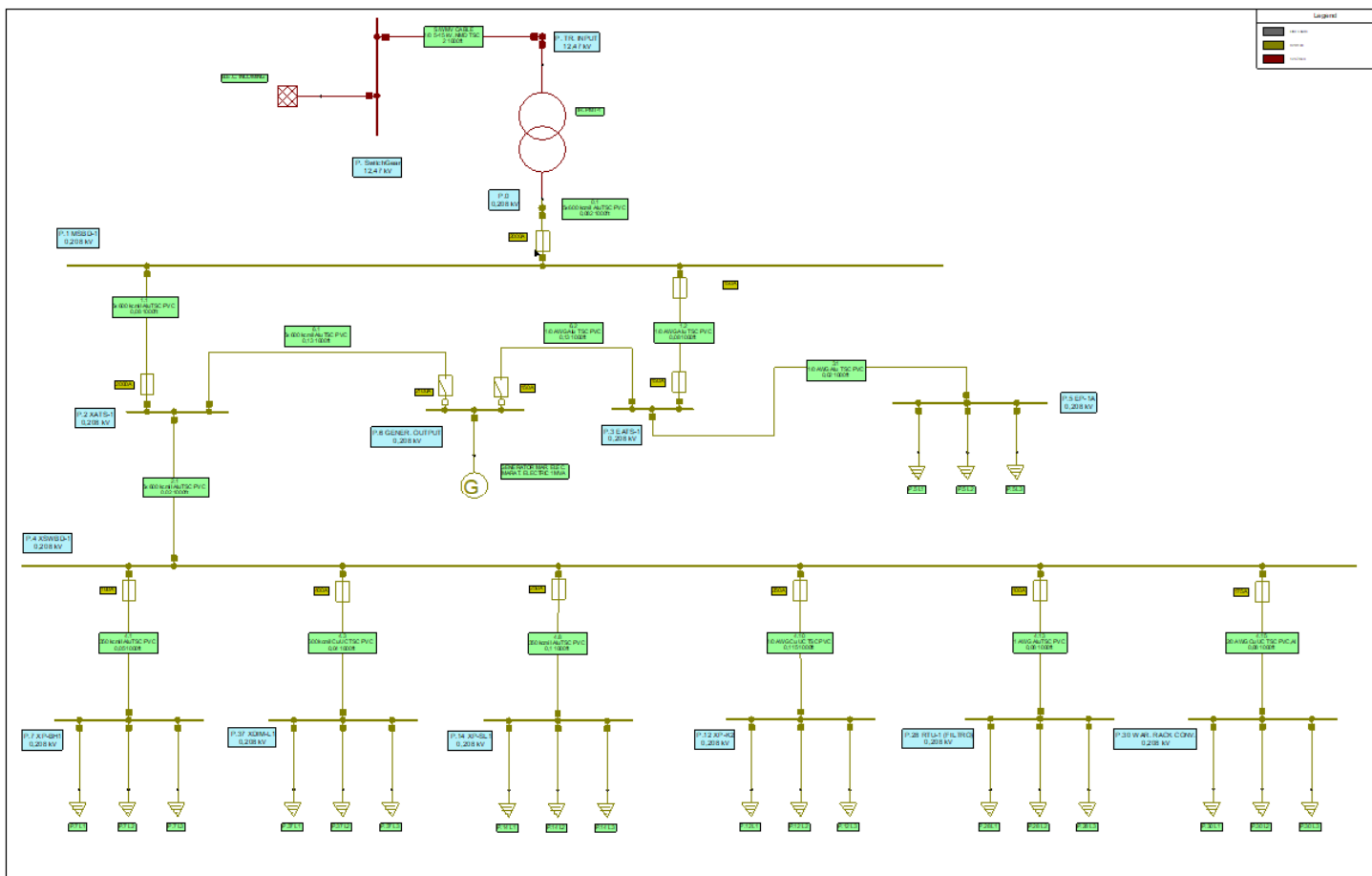


Δημιουργία μονογραμμικού ηλεκτρολογικού διαγράμματος

■ Σημεία Μετρήσεων Ηλεκτρικών Μεγεθών



Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών

- Η ορθή και ολοκληρωμένη διαχείριση του προβλήματος των αρμονικών προϋποθέτει την εκτέλεση σωστών και επαρκών μετρήσεων.
- Στην πράξη όμως, παρατηρούνται πολύ σοβαρά λάθη και παραλείψεις, τα οποία οδηγούν στη συλλογή λανθασμένων ή ανεπαρκών δεδομένων και συνεπώς, στην ελλιπή αντιμετώπιση του προβλήματος των αρμονικών.
- Στη χειρότερη εκδοχή, γίνονται σκόπιμα επιλεκτικές μετρήσεις, ώστε με πρόχειρους υπολογισμούς να προκύπτουν στοχευμένα αποτελέσματα (π. χ. υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης, μεγάλες ανάγκες για διόρθωση συνημιτόνου, κλπ.) που αποσκοπούν στη δημιουργία παραπλανητικής εικόνας για τις πραγματικές ανάγκες της εγκατάστασης και τον απαιτούμενο εξοπλισμό.
- Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα συνηθέστερα λάθη που παρατηρούνται κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων αρμονικών.

N. Λέπτας



Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



1. Ακατάλληλος εξοπλισμός μέτρησης

- Πρώτη και βασικότερη προϋπόθεση για τη σωστή διενέργεια μετρήσεων αρμονικών είναι η χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού.
- Παρατηρείται συχνά, είτε από άγνοια είτε και από πρόθεση, το φαινόμενο να γίνονται απόπειρες μέτρησης με μονοφασικές αμπεροτσιμπίδες, βολτόμετρα, συνημιτόμετρα ή χαμηλής ακρίβειας αναλυτές ενέργειας.
- Καμία από τις παραπάνω μεθόδους δεν συνιστά σωστή μέτρηση αρμονικών.
- Για τη μέτρηση των αρμονικών πρέπει απαραίτητως να χρησιμοποιούνται τριφασικοί αναλυτές ενέργειας με υψηλό βαθμό ακρίβειας μέτρησης.
- Οι τριφασικοί αναλυτές ενέργειας είναι ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις ηλεκτρολογικές μετρήσεις, καθώς αφενός είναι οι μοναδικές συσκευές που μπορούν και μετρούν όλα τα σχετικά μεγέθη (τάσεις, εντάσεις, ισχείς, αρμονικές, κλπ.) και αφετέρου έχουν την δυνατότητα καταγραφής δεδομένων για μεγάλο χρονικό διάστημα, απαραίτητη προϋπόθεση για τη λήψη επαρκών δεδομένων.
- Επίσης, οι τριφασικοί αναλυτές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις αρμονικών θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτήσεις του διεθνούς προτύπου ποιότητας ισχύος [EN 50160](#).

Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



2. Σύντομος χρόνος εκτέλεσης των μετρήσεων

Ο αναγκαίος χρόνος εκτέλεσης των μετρήσεων αρμονικών ποικίλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της εκάστοτε εγκατάστασης. Υπάρχει τεράστια διαφορά ανάμεσα σε εκείνες τις εγκαταστάσεις που έχουν σχετικά σταθερή λειτουργία και σε εκείνες που η λειτουργία τους μεταβάλλεται συνεχώς.

Για παράδειγμα, εγκαταστάσεις εκτυπώσεων εφημερίδων ή συντήρησης τροφίμων έχουν παραπλήσια λειτουργία καθημερινά, ενώ αντίθετα οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής προϊόντων έχουν διαρκώς μεταβαλλόμενη λειτουργία, καθώς εξαρτώνται από πλήθος παραγόντων, όπως η ζήτηση παραγωγής προϊόντων, η εποχή του χρόνου, οι καιρικές συνθήκες, κ.α.

Έτσι, δεν έχει νόημα να γίνεται μέτρηση σε μια βαριά βιομηχανία σε μια εποχή που λειτουργεί μόνο στο 20% της συνολικής παραγωγικής της ικανότητας (λόγω μειωμένης ζήτησης), ή σε ένα ξενοδοχείο τους ανοιξιάτικους μήνες που δεν χρησιμοποιείται το σύστημα κλιματισμού.

Σε κάθε περίπτωση, οι μετρήσεις δεν νοείται να γίνονται για χρονικό διάστημα μικρότερο των 24 ωρών, δειγματοληπτικά ή σε χρόνους που δεν καταγράφονται κρίσιμα μεταβατικά φαινόμενα όπως εκκινήσεις, παύσεις λειτουργίας, προγραμματισμένες χρήσεις εφεδρικών γεννητριών, κλπ.

Πρέπει να αφιερώνεται επαρκής αριθμός ημερών, ώστε να γίνεται πλήρης καταγραφή και αποτύπωση του κύκλου λειτουργίας της εγκατάστασης. Σε μεγάλες βιομηχανικές

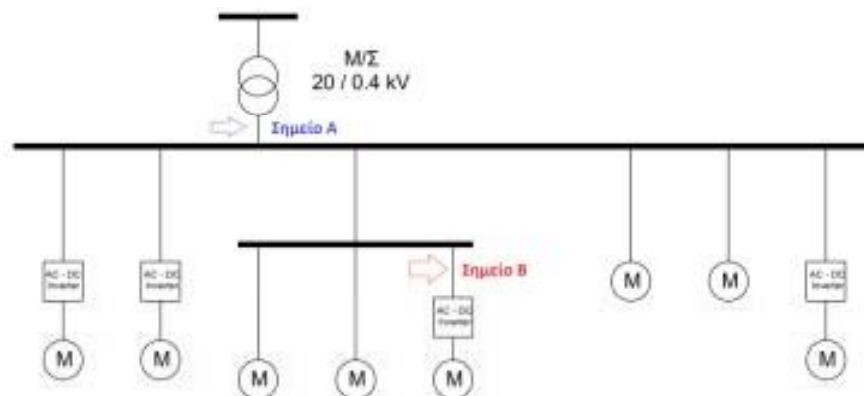
Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών

3. Λανθασμένο σημείο μέτρησης

Ένα ακόμη σημαντικό σφάλμα που παρατηρείται κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων αρμονικών, είναι η επιλογή του σημείου σύνδεσης του οργάνου. Αρκετοί μηχανικοί λαμβάνουν μετρήσεις δειγματοληπτικά από διάφορα σημεία του δικτύου, θεωρώντας ότι με αυτόν τον τρόπο θα αποκτήσουν πληρέστερη εικόνα της εγκατάστασης.

Όμως, οι δειγματοληπτικές μετρήσεις σε διάφορα σημεία του δικτύου είναι μία ελλιπής και εσφαλμένη μέθοδος διότι είναι πρακτικά αδύνατο με δειγματοληπτικούς ελέγχους να καλυφθεί το σύνολο της εγκατάστασης, ιδιαίτερα αν η εγκατάσταση περιλαμβάνει πολλά διαφορετικά φορτία.

Αν η μέτρηση γίνει μόνο στο (λάθος) σημείο B, το όργανο θα καταγράψει μόνο τις αρμονικές έντασης του συστήματος, τις οποίες θα κατέγραφε αν η μέτρηση γινόταν στο σημείο A.



Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



4. Ελλιπής αξιολόγηση μεγεθών

Μια μέτρηση προκειμένου να θεωρείται άρτια και επαρκής θα πρέπει να γίνεται βάσει των προδιαγραφών του διεθνούς προτύπου EN 50160, το οποίο αναφέρει όλα τα απαραίτητα ηλεκτρικά μεγέθη που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Στην πράξη όμως, κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μετρήσεων αρμονικών, συνηθίζεται η προσοχή να επικεντρώνεται μόνο στους δείκτες αρμονικής παραμόρφωσης THDV και THDI.

Ωστόσο για τη σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν και τα ακόλουθα μεγέθη που σχετίζονται με την ποιότητα ισχύος:

- ✓ Η τάση και οι διακυμάνσεις της,
- ✓ Η μέγιστη ένταση λειτουργίας της εγκατάστασης I_L και το ρεύμα βραχυκύκλωσης του Μετασχηματιστή Ισχύος I_{SC} .
- ✓ Η άεργος ισχύς και η τιμή του συνημιτόνου.

Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



5. Χρήση λανθασμένων ορίων των αρμονικών τάσης

Όσον αφορά τις προδιαγραφές των αρμονικών, υπάρχει πληθώρα προτύπων ανά τον κόσμο, γεγονός που δημιουργεί σύγχυση για το ποια είναι τελικά τα όρια που πρέπει κανείς να επιδιώκει προκειμένου η εγκατάστασή του να λειτουργεί με ασφάλεια.

Τα πιο γνωστά διεθνή πρότυπα αρμονικών είναι τα [IEEE 519](#), [IEC 61000](#) και [EN50160](#).

Επί σειρά ετών, υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα όρια των προτύπων, καθώς το αμερικανικής έμπνευσης [IEEE 519](#) ανέφερε ως όριο αρμονικής παραμόρφωσης τάσης THDV το 5%, ενώ τα ευρωπαϊκά πρότυπα [IEC 61004](#) και [EN50160](#) το 8%.

Μετά την τελευταία όμως αναθεώρησή του το 2014, το πρότυπο [IEEE 519](#) υιοθέτησε επίσης το 8% ως όριο αρμονικής παραμόρφωσης τάσης, με αποτέλεσμα να υπάρχει πλέον πλήρης τυποποίηση μεταξύ των προτύπων.

Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



6. Χρήση μη ενδεδειγμένου δείκτη μέτρησης αρμονικών

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \quad \text{THD}_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \quad \text{TDD} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_L}$$

Ο δείκτης TDD υπολογίζει την αρμονική παραμόρφωση πάντοτε ως προς το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας της εγκατάστασης I_L (σταθερό μέγεθος) και όχι ως προς το στιγμιαίο ρεύμα λειτουργίας (διαρκώς μεταβαλλόμενο μέγεθος), όπως ο δείκτης THDI.

Αξιολόγηση των μετρήσεων των αρμονικών έντασης. Μετά τον υπολογισμό των τιμών του δείκτη TDD, και προκειμένου να διαπιστωθεί ποια είναι τα επιτρεπτά όρια αρμονικών έντασης, θα πρέπει να γίνουν επιπλέον τα εξής:

- ✓ Να υπολογιστεί ο λόγος του ρεύματος βραχυκύκλωσης του Μετασχηματιστή προς το μέγιστο ρεύμα της εγκατάστασης I_{sc} / I_L .
- ✓ Με βάση αυτό το λόγο και ανατρέχοντας στον πίνακα τιμών TDD του προτύπου IEEE 519 πρέπει να ελεγχθεί σε ποια τιμή του δείκτη TDD (5%, 8%, 12%, 15% ή 20%) αντιστοιχεί (βλ. τιμές Πίνακα επόμενης διαφάνειας).

Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



6. Χρήση μη ενδεδειγμένου δείκτη μέτρησης αρμονικών

Όρια αρμονικής παραμόρφωσης ρεύματος για δίκτυα ονομαστικής τάσης από 120 V έως 69 kV (Table 2 IEEE-519.2004).

Όρια αρμονικής παραμόρφωσης τάσης (Table 1 IEEE-519.2004).

Maximum harmonic current distortion in percent of I_L						
Individual harmonic order (odd harmonics) ^{a, b}						
I_{sc}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
$< 20^c$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

^aEven harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

^bCurrent distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

^cAll power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L .

where

I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC

I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component)
at the PCC under normal load operating conditions

N. Λέττας

Bus voltage V at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
1 kV $< V \leq 69$ kV	3.0	5.0
69 kV $< V \leq 161$ kV	1.5	2.5
161 kV $< V$	1.0	1.5 ^a

^aHigh-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal whose effects will have attenuated at points in the network where future users may be connected.

Μετρήσεις Ποιότητας Ισχύος - Αρμονικών



Συμπέρασμα:

Η διενέργεια σωστών μετρήσεων, αλλά και η κατάλληλη τεχνική κατάρτιση για την ορθή λήψη των μετρήσεων και την ορθή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ποιότητας ισχύος στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Χωρίς αξιόπιστες ολοκληρωμένες μετρήσεις και ακριβή αποτελέσματα δεν μπορεί να γίνει σωστή εξαγωγή συμπερασμάτων, ενώ η λανθασμένη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, ακόμη και αν οι μετρήσεις έχουν εκτελεσθεί με το σωστό τρόπο, ενέχει σημαντικούς κινδύνους, όπως:

- Να μη γίνει ολοκληρωμένη καταγραφή των μεγεθών της εγκατάστασης συνολικά, αλλά μόνο ενός μέρους αυτής κι έτσι να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα μερικώς.
- Να προταθεί υπερδιαστασιολογημένος εξοπλισμός και ως εκ τούτου ακριβότερος, ο οποίος δεν θα είναι κατάλληλος για τις πραγματικές ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής.
- Να μη γίνει σωστή διάγνωση της φύσης του προβλήματος και να προταθεί ακατάλληλος εξοπλισμός (π.χ. πυκνωτές αντί φίλτρων, ή φίλτρα αντί σταθεροποιητών).
- Να δοθεί ψευδής εικόνα της εγκατάστασης με αποτέλεσμα την άσκοπη σπατάλη νοσημάτων για μη απαραίτητα εξοπλισμό.

Μετρήσεις ηλεκτρικών φορτίων

Σημεία Μετρήσεων Ηλεκτρικών Φορτίων Καταναλωτών Μέσης Τάσης

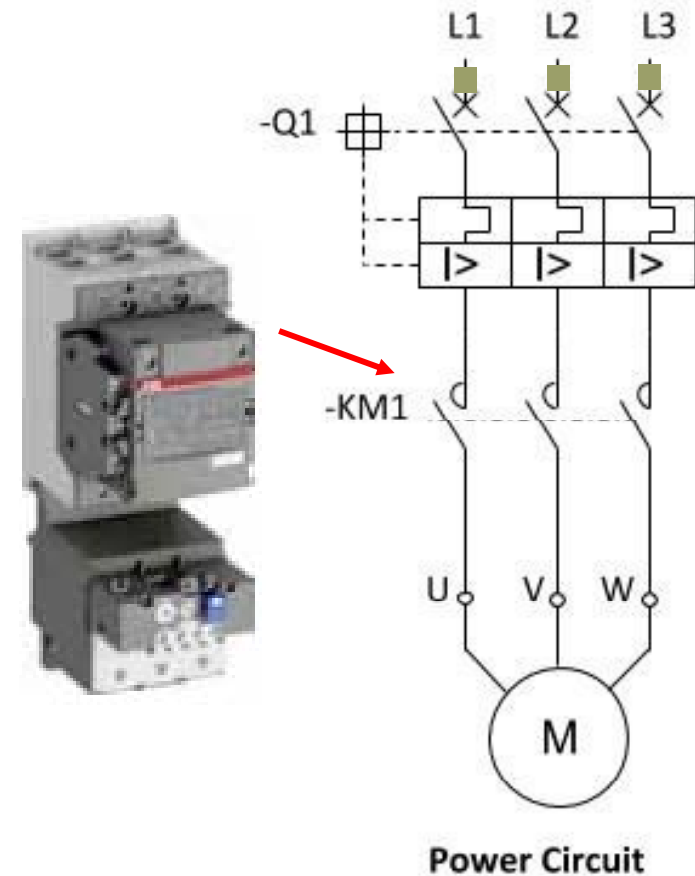


Μετρήσεις ηλεκτρικών φορτίων

Απ' ευθείας εκκίνηση κινητήρα

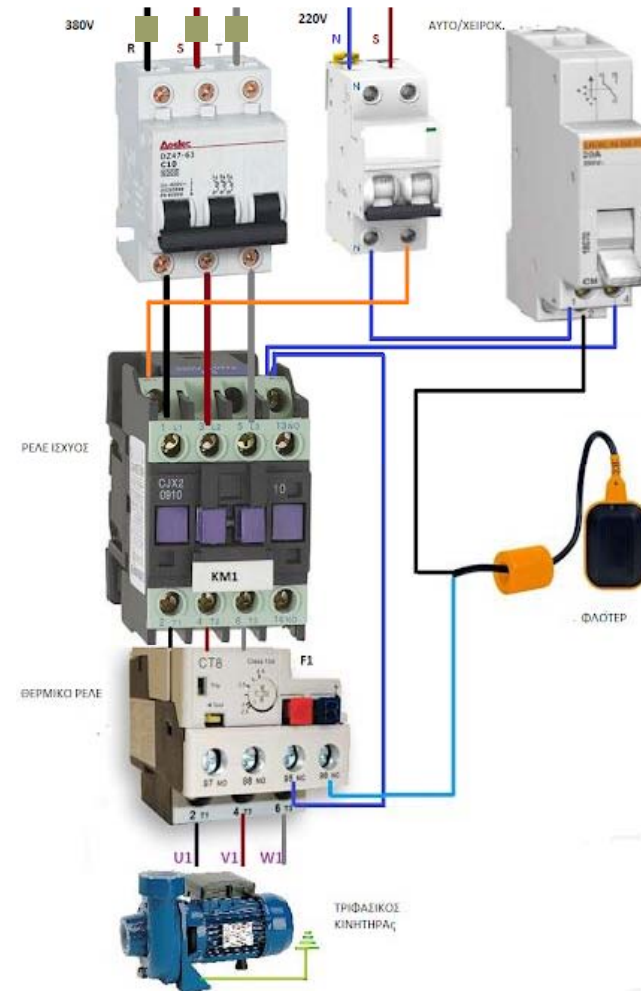
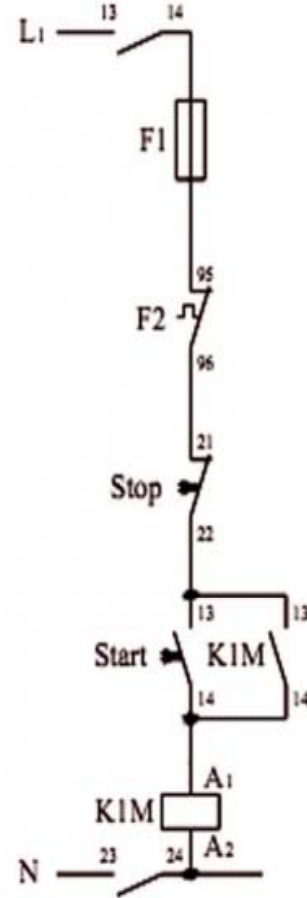
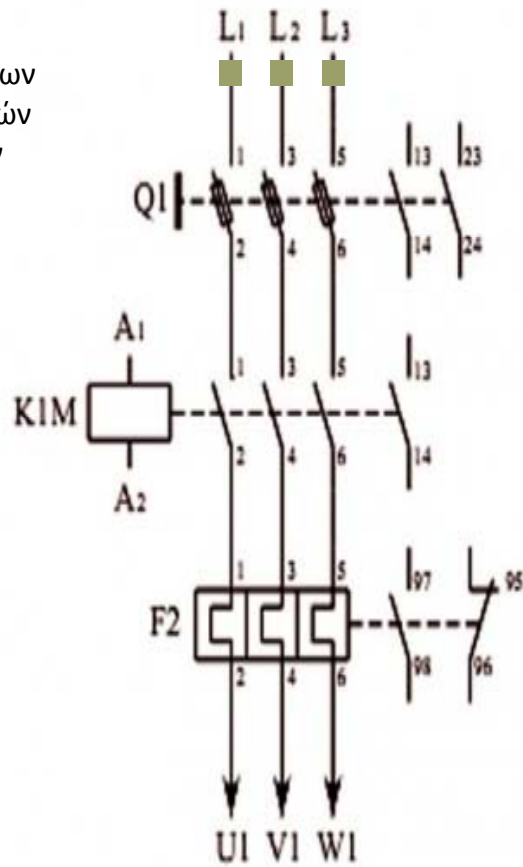
- Η απευθείας εκκίνηση (Direct Online - DOL) είναι η ευκολότερη, απλούστερη, φθηνότερη και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος εκκίνησης.
- Είναι κατάλληλη για σταθερά δίκτυα και μηχανικά άκαμπτα λόγω του υψηλού ρεύματος και της ροπής που δημιουργείται κατά την εκκίνηση.
- Η εκκίνηση DOL δεν μπορεί να ρυθμιστεί, πράγμα που σημαίνει ότι ο κινητήρας θα ξεκινήσει με μέγιστο ρεύμα και ροπή ανεξάρτητα από τον τύπο φορτίου.
- Εφαρμόζεται σε τριφασικούς κινητήρες μέχρι περίπου 2kW.
- Το ρεύμα εκκίνησης είναι $(2,5-7,5) \cdot I_N$.

■ Σημεία Μετρήσεων Ηλεκτρικών Μεγεθών



Μετρήσεις ηλεκτρικών φορτίων

- Σημεία Μετρήσεων Ηλεκτρικών Μεγεθών



Μετρήσεις ηλεκτρικών φορτίων

Εκκίνηση αστέρα-τρίγωνο (Υ/Δ)

- Εκκίνηση με αστέρα, με μειωμένο ρεύμα και ροπή, που μεταβαίνει σε τρίγωνο.
- Το ρεύμα εκκίνησης είναι περίπου το 1/3 σε σύγκριση με την απευθείας σύνδεση, αν και μειώνει επίσης τη ροπή εκκίνησης σε περίπου 25%.
- Η μεταγωγή Υ σε Δ ελέγχεται με χρονοδιακόπτη.
- Οι κορυφές ρεύματος εμφανίζονται κατά την μεταγωγή.
- Εάν η ροπή μειωθεί πάρα πολύ, ο κινητήρας δεν θα μπορεί να εκκινήσει.
- Το ρεύμα εκκίνησης είναι $(0,8-2,33) \cdot I_N$.

■ Σημεία
Μετρήσεων
Ηλεκτρικών
Μεγεθών

