

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Διδακτικοί Στόχοι

Η απόκτηση ικανότητας:

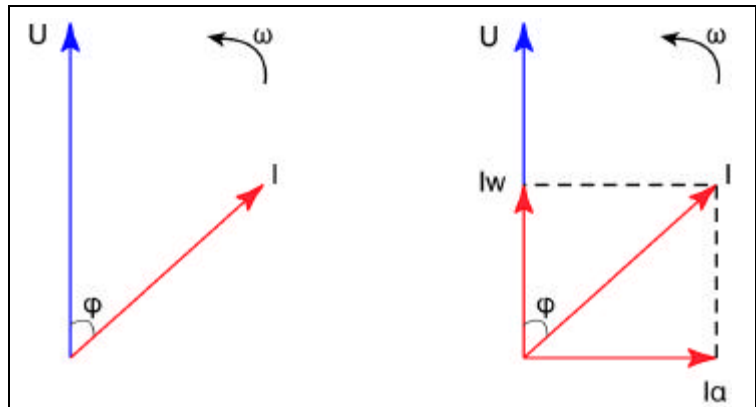
- α. Στον προσδιορισμό του συνφ
- β. Στον υπολογισμό χωρητικότητας πυκνωτή
- γ. Στη σύνδεση του πυκνωτή ή των πυκνωτών στη συσκευή για τη διόρθωση του συνφ.

I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εαν τροφοδοτήσουμε έναν καταναλωτή με εναλλασσόμενο ρεύμα, η τάση U που εφαρμόζουμε στον καταναλωτή και το ρεύμα I που τον διαρρέει είναι μεγέθη διανυσματικά. Ανάλογα με τη φύση του καταναλωτή (ωμικός, επαγωγικός, χωρητικός) το διάνυσμα του ρεύματος I είναι δυνατόν να βρίσκεται σε φάση, σε επιπορεία και σε προπορεία αντίστοιχα προς το διάνυσμα της τάσης U .

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φωτισμού και κίνησης περιλαμβάνουν πολλά επαγωγικά φορτία, όπως λαμπτήρες φθορισμού, επαγωγικούς κινητήρες και μετασχηματιστές.

Επομένως, το διάνυσμα του ρεύματος σε τέτοιες εγκαταστάσεις θα βρίσκεται σε επιπορεία (καθυστέρηση) σε σχέση με το διάνυσμα της τάσης. (Είναι γνωστό ότι τα διανύσματα των εναλλασσόμενων μεγεθών θεωρούμε ότι περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα $\omega = 2\pi f$, όπου f η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης, αντίστροφα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ωρολογιού.)



Φασική απόκλιση U, I σε επαγωγικό καταναλωτή



Πυκνωτές για βελτίωση συνφ

Έστω Φ η γωνία επιπορείας μεταξύ τάσης U και ρεύματος I . Αν αναλύσουμε το διάνυσμα του ρεύματος σε δυο συνιστώσες προκύπτει ένα ρεύμα ενεργό I_w συμφασικό με την τάση και ένα ρεύμα άεργο I_a σε 90 μοίρες επιπορεία.

Ένας επαγωγικός καταναλωτής, λοιπόν, μπορούμε να δεχθούμε ότι διαρρέεται από δύο ρεύματα. Ένα ρεύμα ενεργό I_w που είναι υπεύθυνο για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλης μορφής ενέργεια (π.χ. Μηχανική, Θερμότητα κ.λπ) και την παραγωγή έργου και ένα ρεύμα άεργο I_a που είναι υπεύθυνο για την μαγνητική ενέργεια που ανταλλάσσεται μεταξύ πηγής και καταναλωτή.

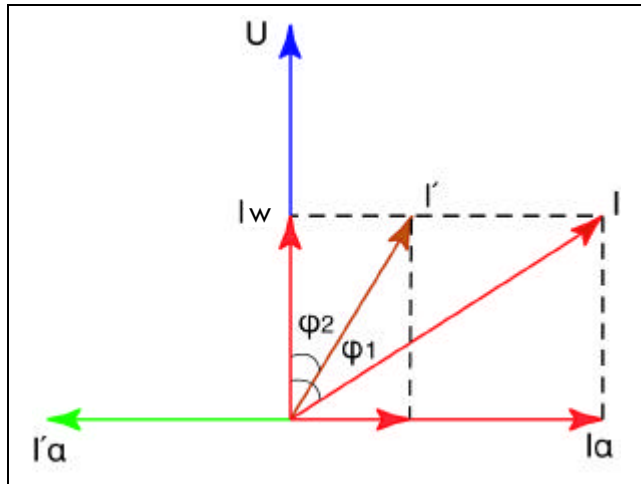
Η μαγνητική ενέργεια είναι απαραίτητη για τη λειτουργία των επαγωγικών καταναλώσεων .

Το $\cos \phi$ είναι ο συντελεστής ισχύος που καθορίζει το ποσό της πραγματικής ισχύος που καταναλώνεται στον επαγωγικό καταναλωτή σε σχέση με το ποσό της συνολικής φαινόμενης ισχύος που απαιτείται για την τροφοδότησή του. Όσο πιο χαμηλό είναι το $\cos \phi < 0,85$, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιβάρυνση των δικτύων με άεργη ισχύ.

Για να περιορίσουμε την άεργη ισχύ , συνδέουμε παράλληλα με τους καταναλωτές πυκνωτές ή σύγχρονους αντισταθμιστές (σύγχρονους κινητήρες που λειτουργούν με υπερδιέγερση και παρουσιάζουν χωρητική συμπεριφορά). Οι διατάξεις αυτές παρέχουν άεργη χωρητική ισχύ στο δίκτυο που αντισταθμίζει την επαγωγική άεργη ισχύ. Το ρεύμα I_c που απορροφούν βρίσκεται σε προπορεία 90 μοιρών σε σχέση με την τάση U .

Με την είσοδό τους στο κύκλωμα τα χωρητικά φορτία απορροφούν χωρητικό ρεύμα $I' a$ το οποίο αντισταθμίζει μέρος του επαγωγικού ρεύματος I_a .

Το ρεύμα που τελικά διαρρέει το κύκλωμα I' είναι μικρότερο τότε από αρχικό I , η γωνία Φ_2 μεταξύ U και I' είναι μικρότερη από τη γωνία Φ_1 και $\cos \phi_2 > \cos \phi_1$.



Διανυσματικό διάγραμμα $U - I$ μετά την αντιστάθμιση

Για λόγους οικονομικούς δεν πραγματοποιούμε πλήρη βελτίωση του συντελεστή σε $\cos \phi = 1$. Οι εταιρείες ηλεκτροδότησης απαιτούν η τιμή του $\cos \phi$ να κυμαίνεται γύρω στο 0,85

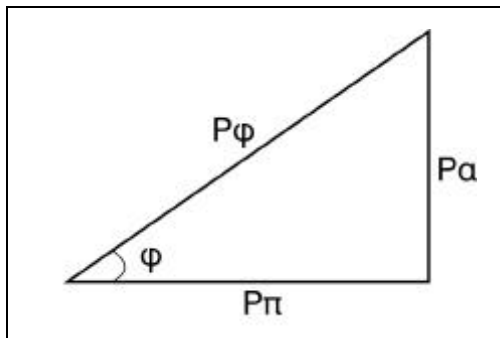
$$\cos \phi = \frac{P_p}{P_\phi} \quad P_\phi = \sqrt{P_p^2 + P_a^2}$$

όπου P_p η πραγματική ισχύς που καταναλώνεται

P_ϕ η φαινόμενη ισχύς που παρέχει το δίκτυο στον καταναλωτή

P_a η άεργη ισχύς που απαιτείται για την ανταλλαγή της μαγνητικής ενέργειας μεταξύ δικτύου και καταναλωτή

Τα τρία μεγέθη $P\phi, P\pi, P\alpha$ συνθέτουν το τρίγωνο των ισχύων



Τρίγωνο των ισχύων

Μέθοδοι για την βελτίωση του $\cos \phi$

α. Ατομική αντιστάθμιση

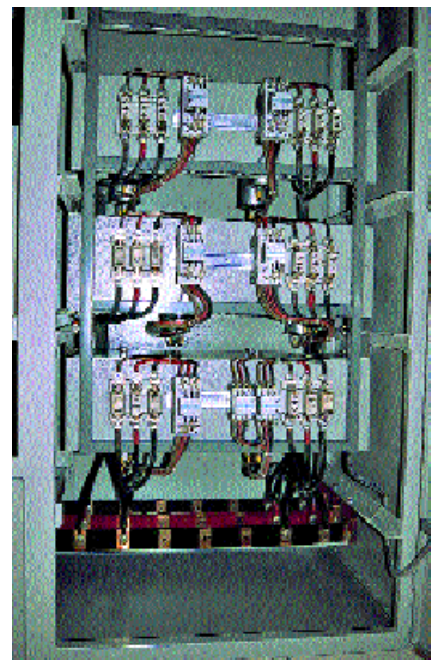
Στη μέθοδο αυτή εγκαθιστούμε σε κάθε φορτίο μια μονάδα πυκνωτών κατάλληλης χωρητικότητας. Η λύση αυτή είναι συμφέρουσα μόνο όταν υπάρχουν μεγάλα και συγκεντρωμένα φορτία.

β. Κεντρική βελτίωση στην είσοδο της εγκατάστασης

Η μέθοδος αυτή, αν και μειώνει την απορροφούμενη από το δίκτυο άεργη ισχύ, δεν εξασφαλίζει την ιδανική εκμετάλλευση όλης της εγκατάστασης.

γ. Αυτόματη αντιστάθμιση με παρακολούθηση των άεργων φορτίων

Συνήθως, στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις παρουσιάζονται καταστάσεις μεταβλητού φορτίου και είναι προτιμότερο στη θέση των σταθερά συνδεδεμένων μονάδων βελτίωσης, να τοποθετούμε αυτόματες διατάξεις βελτίωσης του συντελεστή ισχύος, με βαθμίδες που παρακολουθούν την πορεία του άεργου φορτίου, ρυθμίζοντας την χωρητική ισχύ της εγκατάστασης ανάλογα με τις μεταβολές του συνολικού φορτίου.



Εγκατάσταση αυτόματης αντιστάθμισης

Η εισαγωγή των πυκνωτών στις εγκαταστάσεις αποτελεί αιτία προβλημάτων που πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν. Τέτοια προβλήματα είναι η δημιουργία υπερεντάσεων και αρμονικών στο δίκτυο.

Οι πυκνωτές είναι τα πλέον δύσκολα φορτία ως προς τη ζεύξη στο δίκτυο και απαιτούν όργανα χειρισμού και ασφάλειες με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Η επιλογή των ηλεκτρονόμων ζεύξης, αλλά και των διακοπών πρέπει να γίνει από την αντίστοιχη κατηγορία.

Συνήθως, στην πράξη συνίσταται το ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη που προστατεύει το

σύστημα βελτίωσης του συντελεστή ισχύος να είναι μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα των πυκνωτών, τουλάχιστον, κατά 50%. Η ονομαστική τιμή των ασφαλειών συνίσταται να είναι δύο με δύομιση φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική τιμή του ρεύματος της εγκατεστημένης μονάδας πυκνωτών.

Πρακτικά, για να υπολογίσουμε την άεργο ισχύ των πυκνωτών που θα εισάγουμε για αντιστάθμιση, χρησιμοποιούμε τον τύπο

$$\varphi_{\text{KVAR}} = k \cdot P_{\text{Π(KW)}}$$

όπου $k = (\epsilon\varphi\varphi_1 - \epsilon\varphi\varphi_2)$.

Ο συντελεστής πολλαπλασιασμού k βρίσκεται από τον πίνακα 1 όταν γνωρίζουμε το αρχικό $\text{συν}\varphi_1$ και το τελικό $\text{συν}\varphi_2$.



Συσκευή αυτόματης ρύθμισης $\text{συν}\varphi$

Τιμές συντελεστή k για την βελτίωση του $\text{συν}\varphi$

$\text{συν}\varphi_1$ που υπάρχει	$\text{συν}\varphi_2$ που επιθυμούμε									
	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
0,25	3,87	3,67	3,58	3,51	3,44	3,39	3,25	3,12	2,99	2,85
0,30	3,18	ζ98	2,89	2,82	2,75	2,69	2,56	2,42	2,29	2,15
0,35	2,67	2,47	2,38	2,31	2,24	2,19	2,05	1,92	1,79	1,65
0,40	2,29	2,09	2,00	1,93	1,86	1,81	1,67	1,54	1,41	1,27
0,45	1,99	1,79	1,70	1,63	1,56	1,51	1,37	1,24	1,11	0,97
0,50	1,73	1,53	1,44	1,37	1,30	1,25	1,11	0,98	0,85	0,71
0,55	1,52	1,32	1,23	1,16	1,09	1,04	0,90	0,77	0,64	0,50
0,60	1,33	1,13	1,04	0,97	0,90	0,85	0,71	0,58	0,45	0,31
0,65	1,17	0,97	0,88	0,81	0,74	0,69	0,55	0,42	0,29	0,15
0,70	1,02	0,82	0,73	0,66	0,59	0,54	0,40	0,27	0,14	
0,75	0,88	0,68	0,59	0,52	0,45	0,40	0,26	0,13		
0,80	0,75	0,55	0,46	0,39	0,32	0,27	0,13			
0,85	0,62	0,42	0,33	0,26	0,19	0,14				

Παράδειγμα

Φορτίο μονοφασικού ρεύματος ισχύος 2,5 kw, λειτουργεί με τάση 230V και $\cos\phi=0,55$. Να βρεθεί η απαιτούμενη χωρητικότητα πυκνωτή, ώστε ο συντελεστής ισχύος να γίνει 0,85.

Επίσης να βρεθεί η ισχύς του ζητούμενου πυκνωτή σε KVAR.

Λύση:

Η ισχύς του φορτίου είναι 2,5 kw.

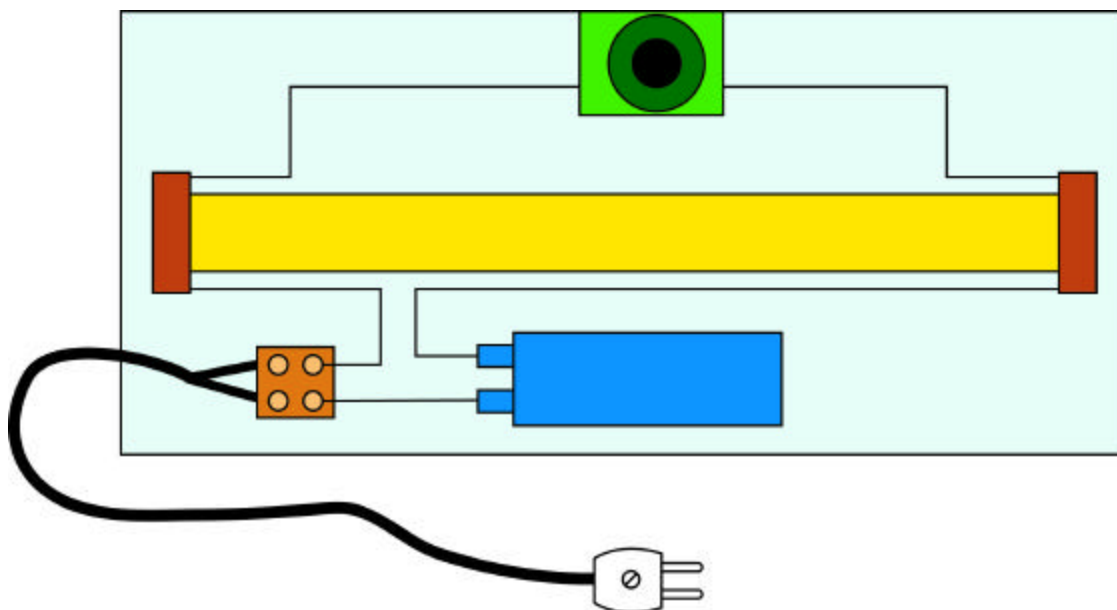
Ο αρχικός συντελεστής ισχύος είναι 0,55 και ο επιθυμητός 0,85. Από πίνακες βρίσκουμε ότι ο συντελεστής πολλαπλασιασμού των kw για τον καθορισμό των KVAR, είναι ο 0,90. Κατά συνέπεια, η ισχύς του πυκνωτή σε KVAR θα είναι:

$$2,5 \times 0,90 = 2,25 \text{ KVAR}$$

Επειδή έχουμε τάση 230V και $f=50 \text{ Hz}$, για κάθε KVAR άεργης ισχύος χρειάζεται χωρητικότητα:

$$C = \frac{10^9 \times 2,25}{2\pi f U^2} = \frac{10^9 \times 2,25}{314 \times 230^2} = \frac{10^9 \times 2,25}{16,6 \times 10^6} = 135 \mu\text{F}$$

πρακτικά 200 μF

Συνδεσμολογία λαμπτήρα φθορισμού

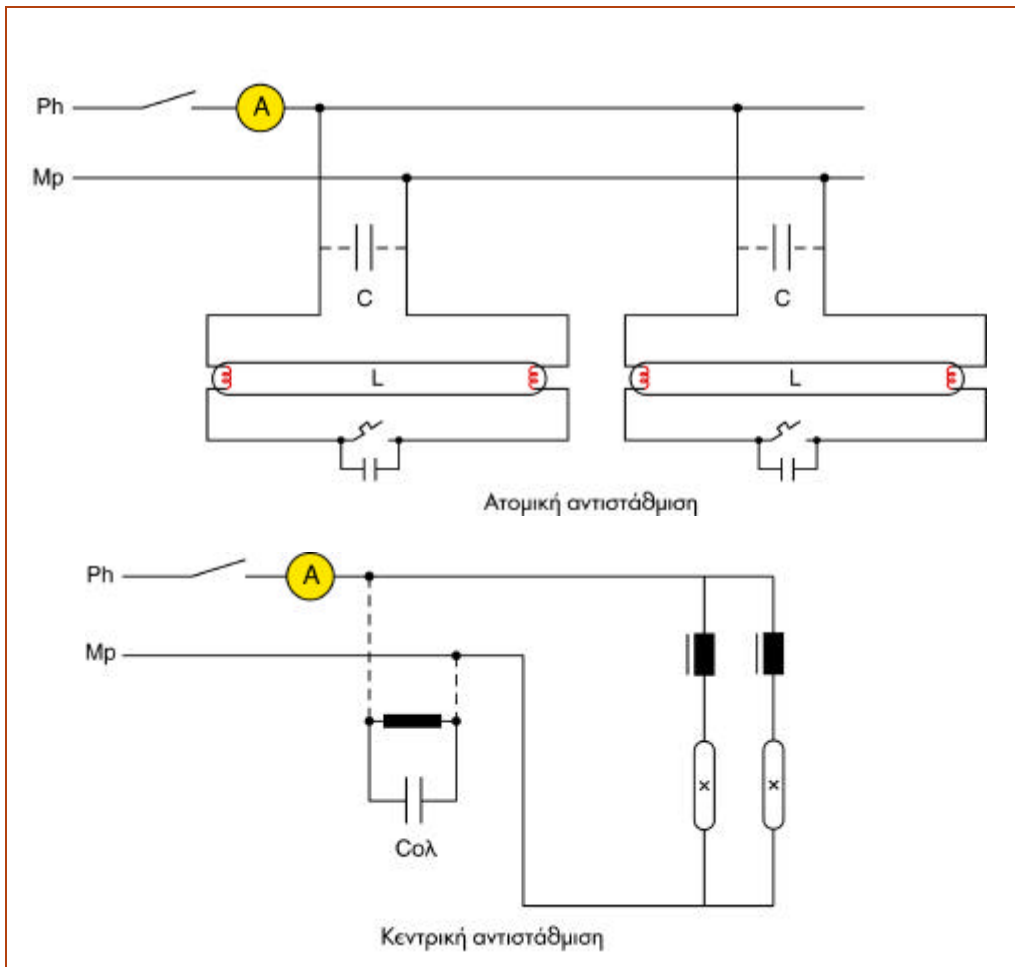
Οι εταιρείες κατασκευής των λαμπήρων φθορισμού έχουν συντάξει πίνακες για την βελτίωση του συνφ όπου εκλέγεται η κατάλληλη χωρητικότητα ανάλογα με την ισχύ των λαμπήρων.

Πίνακας 2: Απαιτούμενη χωρητικότητα πυκνωτή για λάμπες φθορισμού 220V 50Hz

Λυχνία		Χωρητικο- της μF	Λυχνία		Χωρητι- κότης μF
ΙΣΧΥΣ W	ΤΥΠΟΣ		ΙΣΧΥΣ W	ΤΥΠΟΣ	
	Gen.-Electric			Philips	
4	4W - T5	2	4	TL - 4W	2
8	8W - T5	2	6	TL - 6W	2
8	8W - T5	2	8	TL - 8W	2
13	13W - T5	2	13	TL - 13W	2
14	14W - T12	4,5	15	TL - C15W	4,5
15	15W - T8	4	15	TL - D15W	2,5*
15	15W - T12	4,5	20	TL - 20W	4,5
20	20W - T12	4,5	20	TL - F20W	3 *
22	22WC	4,5	25	TL - 25W	3,5
30	30W - T8	4	30	TL - D30W	4,5
32	32WC- T10	4,5	32	TL - E32W	4,5
40	40W - T12	4,5	40	TL - 40W-1	8
90	90W - T17	20	40	TL - 40W	4,6
			65	TL - 65W	7
	OSRAM			Südlicht	
10	HN..40	2	40	SL - 40	4,5
16	L16W/2,5	2			
16	HN..72	2		Sylvania	
20	HN..90	3*	4	T-5	2
25	L25W/3,5	3,5	8	T-5	2
32	HN..158	4,5	8	T-5	2
40	L40W/6-1	6	13	T-5	2
40	L40W/4,5	4,5	14	T-12	4,4
40	HN..204	4,5	15	T-8	4
40	HN..208	4,5	15	T-12	4,5
65	L65W/7	7	20	T-12	4,5
	Pintech				
15	43/15	4,5	30	T-8	4
20	59/20	4,5	40	T-12	4,5
25	97/25	3,5	40	T-17	4,6
40	97/40	4,5	85	T-17	20
40	120/40	4,5	100	T-17	20
65	150/65	7			

II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Σχέδιο έργου



2. Όργανα - συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

- Ξύλινη πινακίδα 50X70X2
- Λαμπήρες φθορισμού 60cm/20w
- Μπάλαστ 220V/20w
- Εκκινητές (starter)
- Αμπερόμετρο 0-5 A
- Πυκνωτές 4,5 μF
- Ασφαλειοαποζεύκτης μονοπολικός
- Αντίσταση εκφόρτισης
- Σειρίδα πλακέ
- Μικροϋλικά

3. Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω σκοπό πρέπει:

1. Να συγκεντρώσετε τα όργανα - υλικά - εξαρτήματα στο χώρο εργασίας.
2. Να συνδέσετε το κύκλωμα όπως το σχέδιο έργου.
3. Να ελέγξετε το κύκλωμα όταν είναι παρών ο καθηγητής.
4. Να τροφοδοτήσετε το κύκλωμα όταν είναι παρών ο καθηγητής και να καταγράψετε την ένδειξη του αμπερομέτρου.
5. Να διακόψετε την τροφοδοσία ανοίγοντας τον ασφαλειοαποζεύκτη.
6. Να συνδέσετε τον πυκνωτή παράλληλα στην κλέμα της εισόδου του κυκλώματος.
7. Να τροφοδοτήσετε το κύκλωμα κλείνοντας τον ασφαλειοαποζεύκτη και να διαβάσετε την ένδειξη του αμπερομέτρου.
8. Να αποσυναρμολογήσετε το κύκλωμα και να επιστρέψετε τα υλικά στην αποθήκη του εργαστηρίου.

4. Υπολογιστικό μέρος

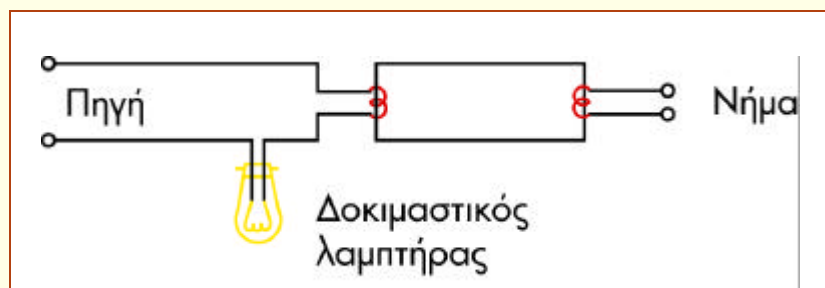
Να συγκρίνετε τις τιμές του αμπερομέτρου και στις δύο δοκιμές και να εξάγετε τα συμπεράσματα.

$$\text{Ρεύμα} = \frac{P}{V \times \text{συνφ}} = \frac{\text{πραγματική ισχύς}}{(\text{τάση}) \times (\text{συντελεστή ισχύος})}$$

III. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΕΡ: Πώς ελέγχεται η διακοπή στα νήματα ενός λαμπτήρα φθορισμού;

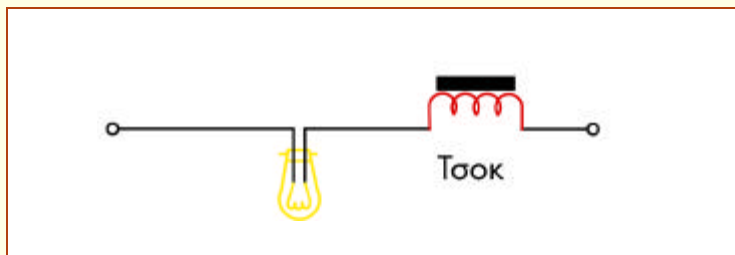
ΑΠ: Όταν θέλετε να ελέγξετε αν υπάρχει διακοπή στο νήμα ενός λαμπτήρα φθορισμού, πρέπει να πραγματοποιήσετε την παρακάτω συνδεσμολογία.



Κύκλωμα ελέγχου του νήματος λαμπτήρα φθορισμού.

Αν η λάμπα δοκιμής ανάβει, τότε δεν υπάρχει διακοπή στο κύκλωμα που εξετάζεται.

Επίσης, η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τον έλεγχο συνέχειας του μπάλαστ (τσοκ).



Κύκλωμα ελέγχου του μπάλαστ

ΕΡ: Ο λαμπτήρας φθορισμού μόνος του παρουσιάζει $\cos\phi = 0,9$. Ποιο εξάρτημα του μειώνει το $\cos\phi$ και το κάνει $0,9$;

ΑΠ: Το τσοκ ή μπάλαστ μειώνει το $\cos\phi$.

ΕΡ: Η ΔΕΗ υποχρεώνει τους πελάτες της να χρησιμοποιούν στους λαμπτήρες φθορισμού πυκνωτές για την βελτίωση του $\cos\phi$;

ΑΠ: Η ΔΕΗ υποχρεώνει τους πελάτες της να χρησιμοποιούν στους λαμπτήρες φθορισμού πυκνωτές με τους οποίους το $\cos\phi$ σε $0,8$. Μια συνηθισμένη τιμή των πυκνωτών είναι $e=4 \mu\text{F}$.

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

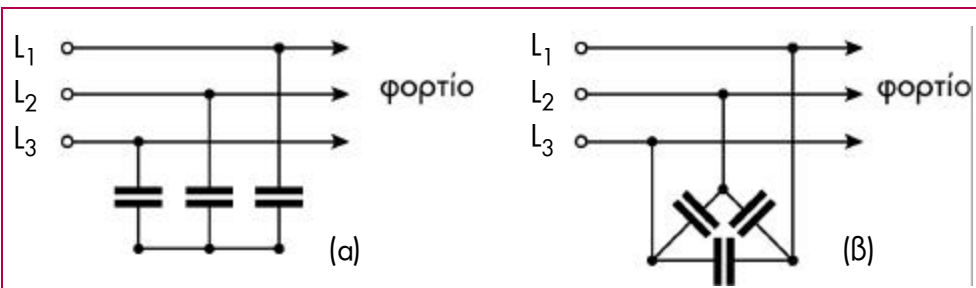
Διδακτικοί Στόχοι

Η απόκτηση ικανότητας:

- α. Στη σωστή επιλογή οργάνων και συσκευών για διόρθωση του συνφ
- β. Στο σωστό υπολογισμό της χωρητικότητας των πυκνωτών
- γ. Στη σωστή σύνδεση των πυκνωτών και γενικά όλου του κυκλώματος

I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος σε τριφασικά κυκλώματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τρεις πυκνωτές συνδεδεμένοι κατ' αστέρα ή κατά τρίγωνο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σύνδεση των πυκνωτών, (α) κατά αστέρα και (β) κατά τρίγωνο

Όπου οι πυκνωτές συνδέονται κατά αστέρα, η τάση στα όρια κάθε πυκνωτή είναι:

$$U_c = \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

Και η ισχύς που απορροφά κάθε πυκνωτής είναι $P_c/3$, υπό τάση $U_n/1,73$ και η χωρητικότητα σε μF είναι:

$$C = \frac{10^9 P_c}{\omega U_n^2}$$

Όπου οι πυκνωτές συνδέονται κατά τρίγωνο, η τάση στα όρια κάθε πυκνωτή είναι: $U_c = U_{\phi}$

Και η ισχύς που απορροφά κάθε πυκνωτής είναι $P_c/3$ υπό τάση U_{ϕ} . Και η χωρητικότητα σε μF είναι:

$$C = \frac{10^9 P_c}{3\omega U_{\phi}^2}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Τριφασικός ηλεκτρικός κινητήρας έχει ισχύ 70 ίππους, τροφοδοτείται από δίκτυο Ε.Ρ. τάσης 400V, συχνότητας 50Hz και λειτουργεί με $\cos\phi = 0,6$. Να υπολογιστεί η απαιτούμενη συστοιχία πυκνωτών, ώστε ο συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης να γίνει 0,8 ($\cos\phi_2 = 0,8$).

ΛΥΣΗ

Η λύση του προβλήματος θα γίνει με τη βοήθεια πινάκων.

$$P_{\eta\lambda} = 70 \text{ HP} \cdot 736 \text{ W} = 51.520 \text{ W} \text{ ή } 51.52 \text{ kW}$$

Ο συντελεστής πολλαπλασιασμού, που βρίσκεται από τον πίνακα του προηγούμενου είναι 0,583.

Κατά συνέπεια, η ισχύς κάθε πυκνωτή σε KVAR θα είναι:

$$51,52 \cdot 0,583 = 30 \text{ KVAR}$$

Επειδή έχουμε $U_{\phi} = 400\text{V}$ και 50Hz, για συνδεσμολογία πυκνωτών κατ' αστέρα έχουμε:

$$C = \frac{10^9}{\omega \times U_{\phi}^2} = \frac{10^9}{314 \times 400^2} = 20 \mu F$$

Κατά συνέπεια είναι:

$$30 \times 20 = 660 \mu F$$

Για συνδεσμολογία των πυκνωτών κατά τρίγωνο έχουμε:

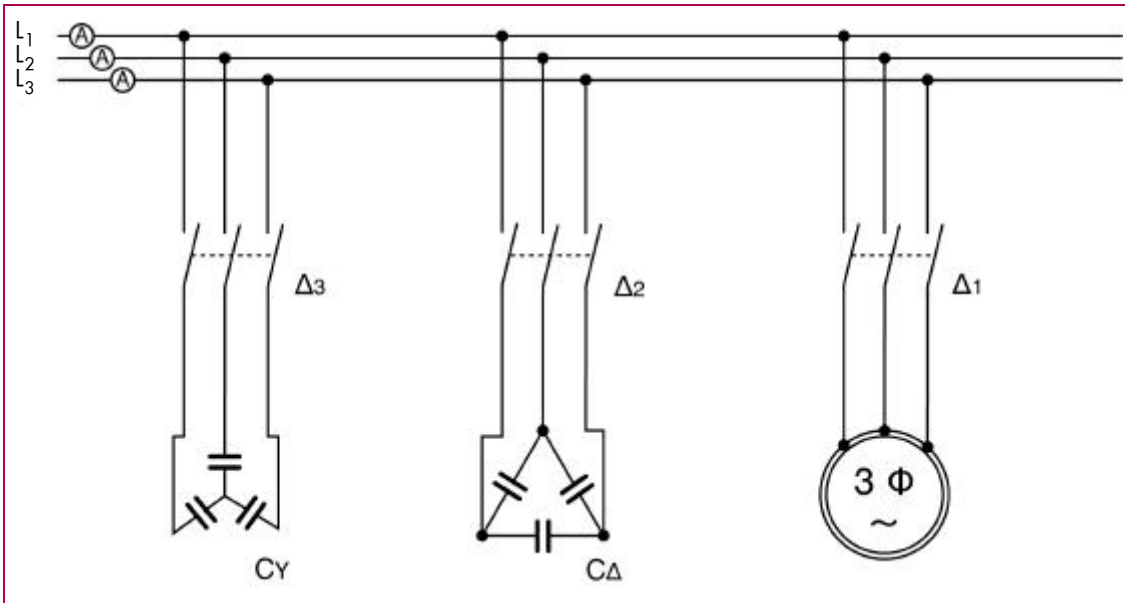
$$C = \frac{10^9}{3\omega \times U_{\phi}^2} = \frac{10^9}{3 \times 314 \times 400^2} = 6,63 \mu F$$

Κατά συνέπεια:

$$30 \times 6,63 = 198,9 \mu F$$

II. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Σχέδιο έργου



2. Όργανα - συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

- Κινητήρας τριφασικός βραχυκυκλωμένου δρομέα
- Αυτόματος διακόπτης ζεύξης κινητήρα
- Αυτόματος διακόπτης ζεύξης πυκνωτών
- Ασφαλειοαποζεύκτης
- Πυκνωτές κατάλληλης χωρητικότητας
- Αμπερόμετρα A.C 0-10A

3. Πορεία εργασίας

1. Υπολογίζουμε την απαιτούμενη άεργη ισχύ που πρέπει να παρασχεθεί στο δίκτυο για την επιθυμητή βελτίωση συνφ στην τιμή συνφ₂
2. Υπολογίζουμε τη χωρητικότητα που πρέπει να έχουν οι πυκνωτές όταν θα συνδεθούν σε τρίγωνο και τη χωρητικότητα που πρέπει να έχουν όταν θα συνδεθούν σε αστέρα.
3. Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος.
4. Κλείνουμε το διακόπτη Δ₁ και ο κινητήρας ξεκινά.
5. Τοποθετούμε ονομαστικό φορτίο στον κινητήρα.
6. Παρατηρούμε και καταγράφουμε τις ενδείξεις

των αμπερόμετρων.

7. Κλείνουμε το διακόπτη Δ₂ και παρατηρούμε τις ενδείξεις των αμπερόμετρων.
8. Ανοίγουμε το διακόπτη Δ₂ θέτοντας τη συνδεσμολογία των πυκνωτών σε τρίγωνο εκτός δικτύου.
9. Κλείνουμε το διακόπτη Δ₃ και συνδέουμε στο δίκτυο τη συνδεσμολογία των πυκνωτών σε αστέρα.
10. Παρατηρούμε τις ενδείξεις των αμπερόμετρων.

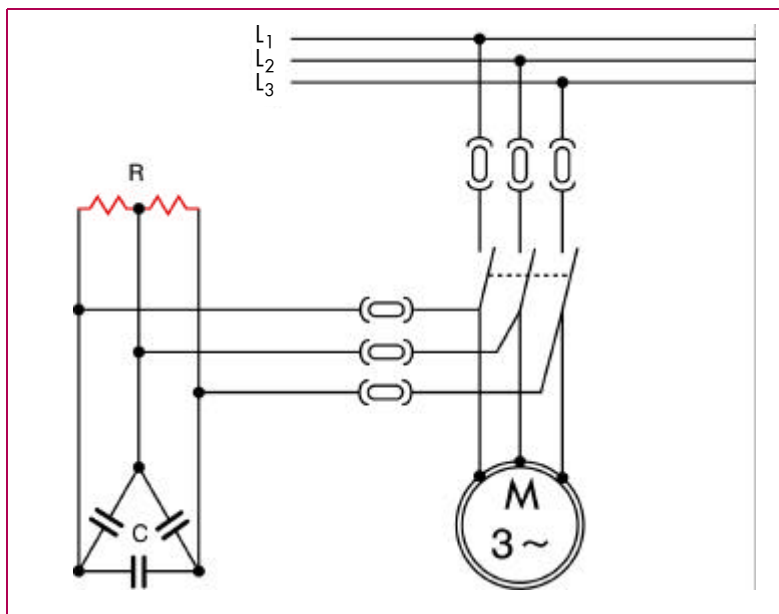
Σημείωση: οι διακόπτες Δ₁, Δ₂, Δ₃ μπορούν να είναι και τηλεχειριζόμενοι με το αντίστοιχο κύκλωμα λειτουργίας.

Βελτίωση συνφ ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με αντιστάσεις εκφόρτισης

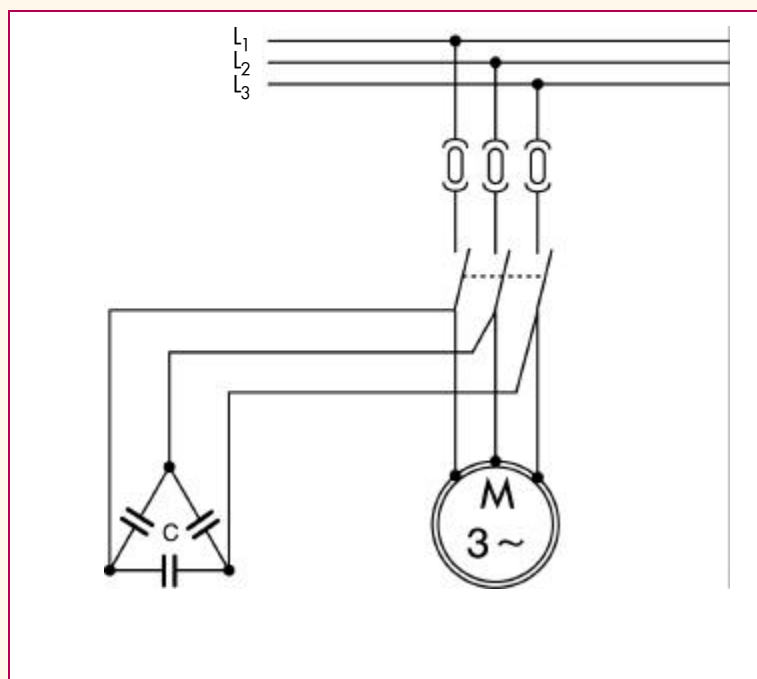
Η σύνδεση των πυκνωτών γίνεται με τη βοήθεια ασφαλειών στον τριφασικό διακόπτη.

Είναι φανερό, ότι για λόγους προστασίας του χειριστή, συνδέονται αντιστάσεις εκφόρτισης παράλληλα με τον πυκνωτή.

Κλείνοντας τον τριφασικό διακόπτη, συνδέονται οι πυκνωτές. Ανοίγοντας τον τριφασικό διακόπτη, οι πυκνωτές εκφορτίζονται στις αντιστάσεις που είναι συνδεδεμένες παράλληλα.



Διόρθωση συνφ ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα χωρίς αντίσταση εκφόρτισης

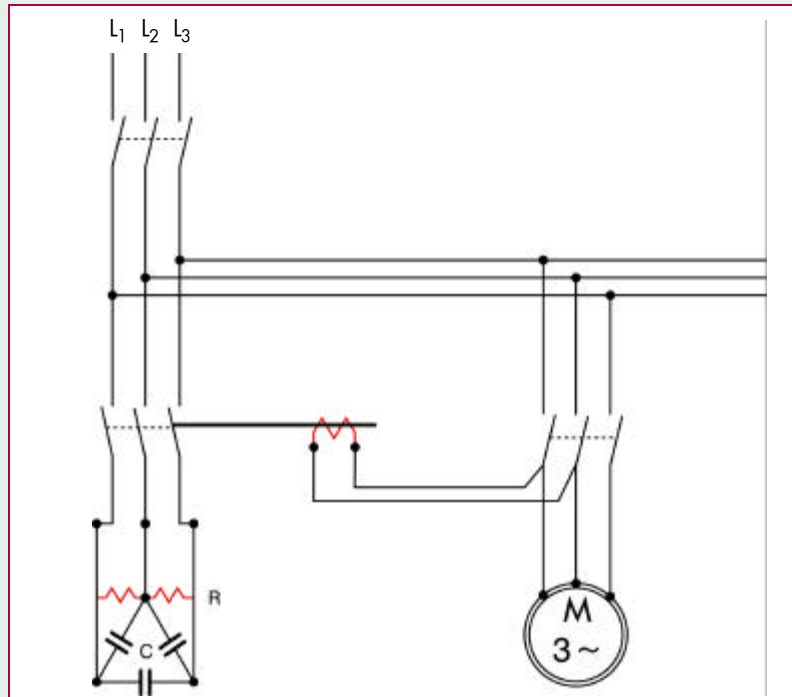


Οι πυκνωτές είναι συνδεδεμένοι άμεσα στον τριφασικό διακόπτη και παράλληλα με τον κινητήρα. Πρέπει να έχουμε υπόψη μας, ότι οι ασφάλειες πρέπει να έχουν 3πλάσια ονομαστική τιμή του ρεύματος της πινακίδας του πυκνωτή.

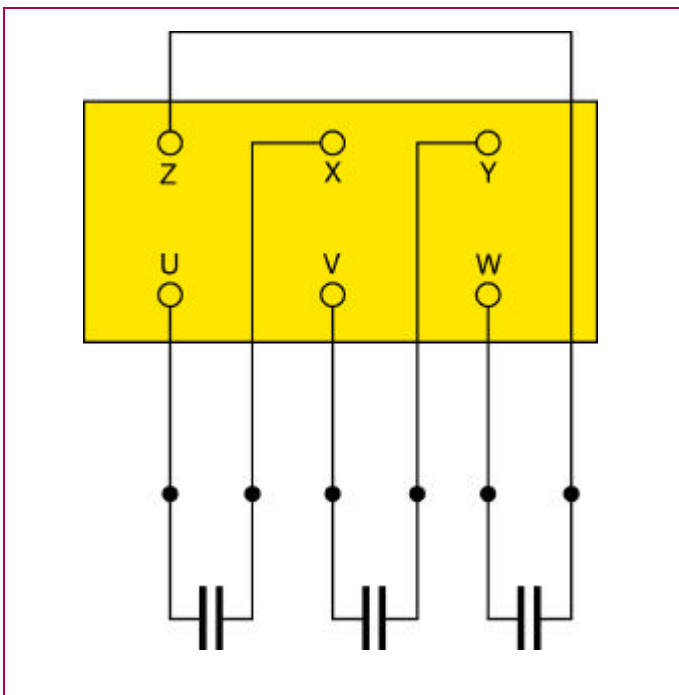
Δεν απαιτούνται αντιστάσεις εκφόρτισης, γιατί οι πυκνωτές εκφορτίζονται στα τυλίγματα των πυκνωτών.

Διόρθωση συνφ ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με αυτόματο διακόπτη

Αυτός ο τύπος διόρθωσης του συνφ χρησιμοποιείται όταν πρέπει να μην υπερφορτωθεί ο αυτόματος διακόπτης του κινητήρα. Επίσης, σε αυτή την περίπτωση, οι πυκνωτές πρέπει να εκφορτίζονται σε αντιστάσεις εκφόρτισης.



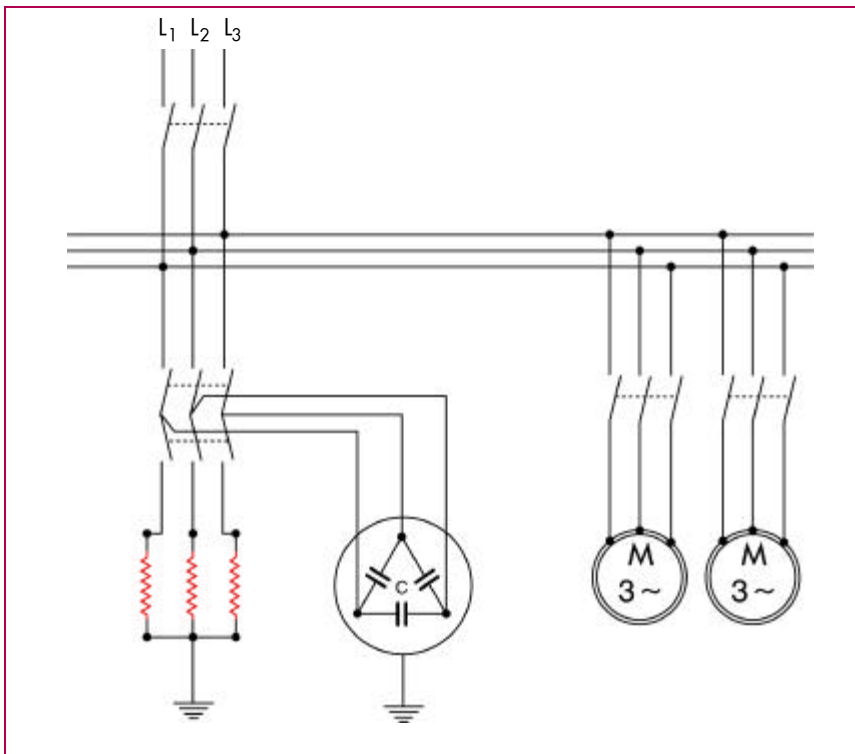
Διόρθωση συνφ ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με μονοφασικούς πυκνωτές



Αυτό το σύστημα διόρθωσης του συνφ χρησιμοποιείται σε μεγάλους κινητήρες (δηλαδή με μεγάλη ισχύ).

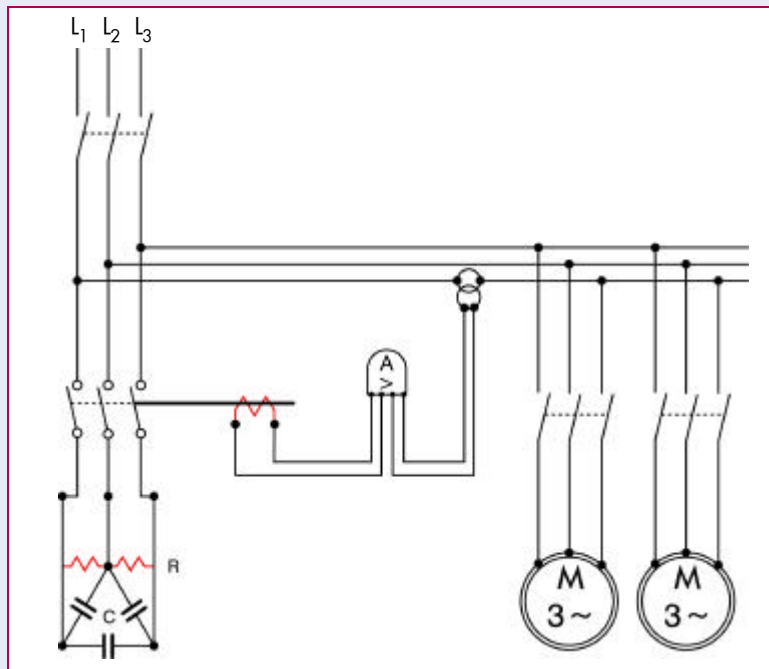
Οι τρεις μονοφασικοί πυκνωτές συνδέονται παράλληλα με τα τυλίγματα των φάσεων του κινητήρα για την καλύτερη συνύπαρξη των πυκνωτών, των τυλιγμάτων και της αυτοδιέγερσης του κινητήρα κατά το πέρασμά του από αστέρα σε τρίγωνο.

Διόρθωση συνφ δύο ή περισσότερων ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων



Διόρθωση συνφ δύο ή περισσότερων κινητήρων ασύγχρονων τριφασικών με ρελέ αμπερομετρικού μεγίστου

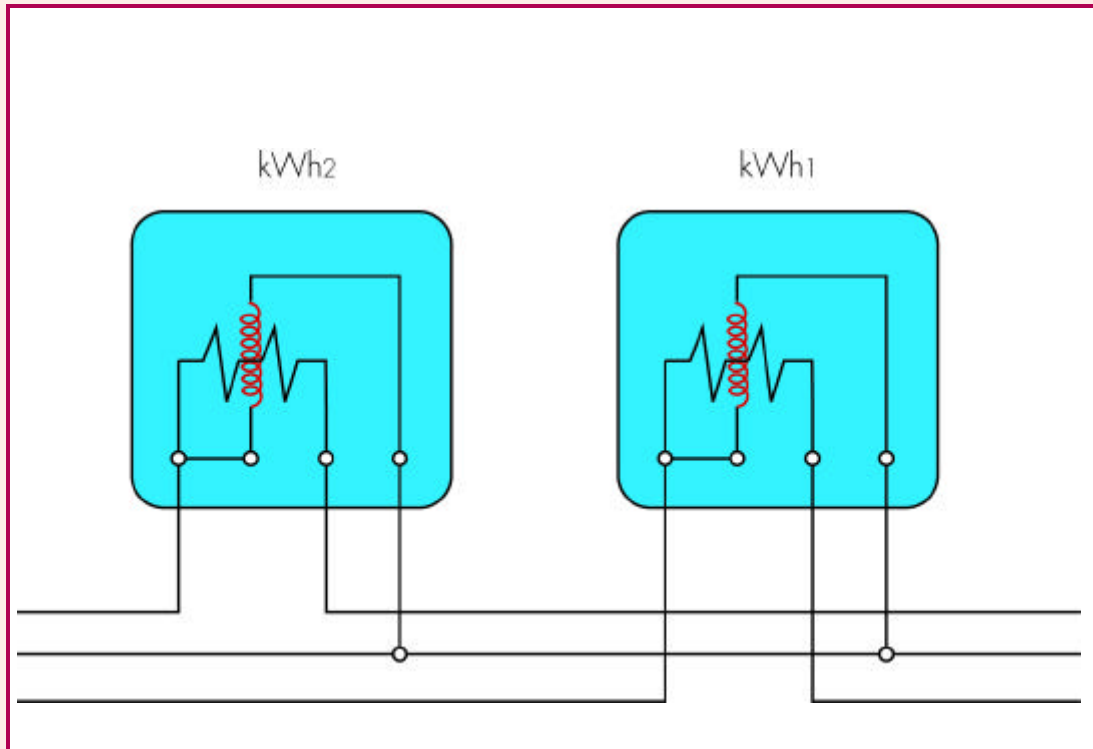
Το αμπερομετρικό ρελέ ρυθμίζεται σε συγκεκριμένη τιμή, γνωρίζοντας ότι η διόρθωση του συνφ μιας βιομηχανικής εγκατάστασης δύο ή περισσότερων ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων πραγματοποιείται όταν το φορτίο ξεπεράσει μία προκαθορισμένη τιμή.



Πρακτικός υπολογισμός της τιμής της άεργης ισχύος που απαιτείται να αντισταθμιστεί

Σύστημα Aron

Δύο επαγωγικοί μονοφασικοί μετρητές συνδέονται όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα



Σύνδεση δύο μονοφασικών μετρητών σε σύνδεση Aron

Αν η τιμή που δείχνει ο μετρητής kWh1 είναι μικρότερη (ή αρνητική) σε σχέση με την τιμή που δείχνει ο μετρητής kWh2, από το λόγο

$$\frac{kwh1}{kwh2}$$

προκύπτει η αντίστοιχη τιμή του συνφ και από αυτήν η τιμή της ισχύος KVAR, του πυκνωτή ή της συστοιχίας των πυκνωτών, που είναι αναγκαία για την διόρθωση του συνφ.

Η αλγεβρική διαφορά μεταξύ των kWh2 & kWh1 δίνει την τιμή της ενέργειας που καταναλίσκεται.

Υπολογισμός ισχύος KVAR των πυκνωτών

Η πρώτη στήλη δίνει το λόγο ανάγνωσης των δύο μετρητών συνδεδεμένων κατά Αρον.

Η δεύτερη στήλη αναφέρει το λόγο.

Η τρίτη στήλη αναφέρει την αντίστοιχη τιμή του συνφ.

Η τέταρτη στήλη αναφέρει τον συντελεστή κ με τον οποίο πολλαπλασιάζουμε την πραγματική ισχύ (kw) του φορτίου για να προκύψει η ισχύς σε KVAR.

$\frac{\text{kwh1}}{\text{kwh2}}$	$\frac{\text{kVA2h}}{\text{kwh2}}$	συνφ	Συντελεστής κ
- 0,292	3,180	0,30	2,428
- 0,212	2,679	0,35	1,925
- 0,138	2,289	0,40	1,538
- 0,068	1,986	0,45	1,237
0,000	1,732	0,50	0,981
0,065	1,520	0,55	0,768
0,130	1,329	0,60	0,583
0,194	1,166	0,65	0,419
0,259	1,020	0,70	0,271
0,325	0,882	0,75	0,132
0,396	0,750	0,80	-
0,473	0,620	0,85	-
0,562	0,484	0,90	-
0,682	0,328	0,95	-

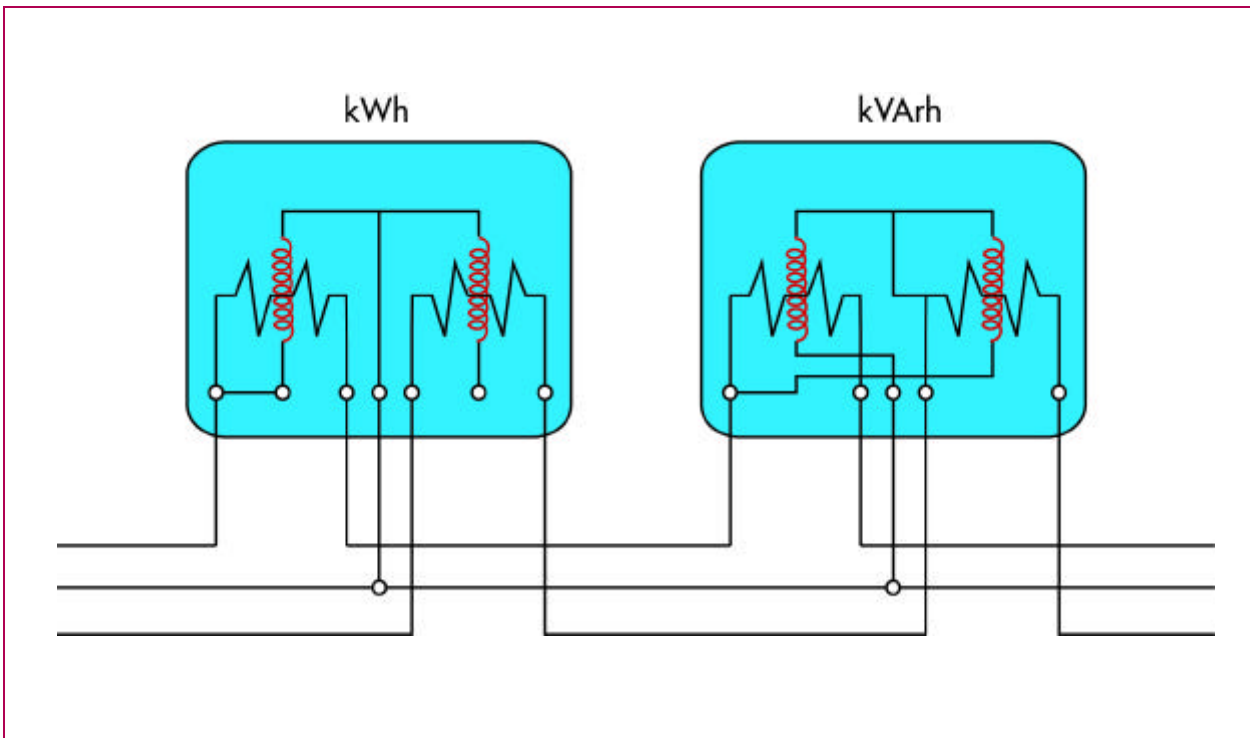
Υπολογισμός της χωρητικότητας του πυκνωτή σε μF

Να πολλαπλασιάσετε την άεργη ισχύ KVAR:

- Με 60 αν η τάση λειτουργίας είναι 230V
- Με 20 αν η τάση λειτουργίας είναι 400V

Στο παρακάτω σχήμα ο μετρητής kWh δείχνει την πραγματική ενέργεια, ενώ ο μετρητής KVAR μετράει την άεργη ισχύ.

Ο λόγος $\frac{\text{KVARh}}{\text{kWh}}$ δίνει αποτέλεσμα από το οποίο προκύπτει η τιμή του $\cos\phi$ και άρα η τιμή της ισχύος του πυκνωτή ή της συστοιχίας των απαραίτητων πυκνωτών.



Παράδειγμα 1ο

Η μέτρηση της ενέργειας πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια δύο μονοφασικών μετρητών συνδεδεμένων κατά Aron.

Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 15kw και η τάση 400V.

Η διαφορά των αναγνώσεων (νέας και προηγούμενης) του μετρητή kWh1 είναι -628 kWh, η διαφορά των αναγνώσεων του μετρητή kWh2 είναι 4690 kWh.

$$\text{Ο λόγος } \frac{\text{kWh1}}{\text{kWh2}} = \frac{-628}{4690} = 0.133 \text{ στην 1η στήλη του πίνακα.}$$

Πλησιάζει πολύ την τιμή -0,138 η οποία αντιστοιχεί στο $\cos\phi=0,4$.

Στο $\cos\phi=0,4$ αντιστοιχεί ο συντελεστής $k=1,538$.

Εξάλλου, η ισχύς του πυκνωτή ή της συστοιχίας των πυκνωτών που είναι απαραίτητη για τη διόρθωση του συνφ του φορτίου των 15 kw με συνφ=0,8 είναι:

$$15 \times 1,538 = 23\text{KVAR περίπου}$$

Η κατανάλωση της ενέργειας δίνεται από το αλγεβρικό άθροισμα των $kwh_2 + kwh_1$, δηλαδή

$$4690 + (-628) = 4690 - 628 = 4062\text{kwh}$$

Η τιμή της χωρητικότητας των πυκνωτών (ή της συστοιχίας των πυκνωτών) σε KVAR x 20 δηλαδή $23 \times 20 = 460\mu\text{F}$.

Παράδειγμα 2ο

Η μέτρηση της ενέργειας πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός τριφασικού μετρητή kwh και ενός μετρητή άεργης ισχύος kvarh.

Η διαφορά των αναγνώσεων (νέας και προηγούμενης) του μετρητή kwh είναι 4062kwh, η διαφορά αναγνώσεων του μετρητή άεργης ισχύος είναι 1270kvarh.

Εξάλλου, ο λόγος $\frac{kwh}{kvarh}$ ή $\frac{12701}{5318} = 2,27$

Από την 2 στήλη του πίνακα βλέπουμε ότι το 2,27 αντιστοιχεί στο συντελεστή $\kappa=1,538$ ίδιο με τον προηγούμενο.

Επειδή το γινόμενο της εγκατεστημένης ισχύος επί το συντελεστή δίνει την τιμή ισχύος του πυκνωτή.

Προχωρούμε όπως στο προηγούμενο παράδειγμα.

Παραδείγματα βελτίωσης του συνφ σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις:

Παράδειγμα 1ο

Μια τριφασική κατανάλωση έχει ισχύ $P_c=100\text{KW}$, λειτουργεί σε τάση 400V και έχει συνφ=0,6 επαγωγικό. Να υπολογίσετε την ισχύ των πυκνωτών, τους οποίους πρέπει να παρεμβάλουμε στο κύκλωμα για να βελτιωθεί ο συντελεστής ισχύος από συνφ=0,6 σε συνφ=0,85.

Λύση:

Η λύση του προβλήματος θα γίνει με τη χρήση πινάκων.

Εφ' όσον η ισχύς του τριφασικού καταναλωτή είναι 100KW, ο συντελεστής πολλαπλασιασμού από τον πίνακα του προηγούμενου θέματος είναι 0,713. Κατά συνέπεια, η ισχύς κάθε πυκνωτή σε KVAR θα είναι:

$$100 \cdot 0,713 = 71,3 \text{ KVAR}$$

Επειδή έχουμε $U_{\text{φ}} = 400\text{V}$ και $f = 50\text{Hz}$, για τη συνδεσμολογία πυκνωτών κατ' αστέρα θα έχουμε:

$$C = \frac{10^9}{\omega \cdot U_{\text{φ}}^2} = \frac{10^9}{314 \cdot 400^2} = 20 \mu\text{F} \text{ ανά KVAR}$$

Άρα $71,3 \cdot 20 = 14\mu\text{F}$

Για συνδεσμολογία των πυκνωτών κατά τρίγωνο έχουμε:

$$C = \frac{10^9}{3 \cdot \omega \cdot U_{\text{φ}}^2} = \frac{10^9}{3 \cdot 314 \cdot 400^2} = 6,66\mu\text{F} \text{ ανά KVAR}$$

Άρα είναι:

$$71,3 \cdot 6,66 = 4,74\mu\text{F}$$

Παράδειγμα 2ο:

Σε ένα εργοστάσιο σας ζητούν να κάνετε βελτίωση του συνφ γιατί με το υπάρχον συνφ που παρουσιάζεται στους λογαριασμούς, η ΔΕΗ επιβάλλει πρόστιμο (ελάχιστο παραδεκτό συνφ από την ΔΕΗ 0,85).

Σας προσκομίζονται 3 λογαριασμοί ρεύματος τριών μηνών, οι οποίοι παρουσιάζουν την εξής εικόνα:

	1ος ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ	2ος ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ	3ος ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ
ΚΑΤΑΝΑΛ. ΕΝΕΡΓΕΙΑ	23.500KWh	24.000 KWh	34.500 KWh
συνφ	0,68KW	0,62KW	0,60KW
ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ	250KW	250KW	250KW
ΣΥΜΠΕΡ. ΙΣΧΥΣ	160KW	160KW	160KW

Το εργοστάσιο εργάζεται: 8 ώρες ανά ημέρα και συνολικά 22 ημέρες ανά μήνα.

Λύση:

Για την λύση του προβλήματος θα ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα:

Το βήμα: επιλογή του νέου συνφ που θα λειτουργεί το εργοστάσιο, έστω ότι αυτό επιλέγεται $\text{συνφ}_2 = 0,85$.

2ο βήμα: προσδιορισμός της μέσης καταναλισκόμενης ενέργειας.

$$E \text{ μέση} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{23.500 + 24.000 + 34.500 \text{ KWh}}{3} = 27.333 \text{ KWh/μήνα}$$

Ο μέσος όρος της απορροφούμενης ισχύος από το δίκτυο της ΔΕΗ για 22 ημέρες τον μήνα και για 8 ώρες την ημέρα είναι:

$$22 \text{ ημέρες} \times 8 \text{ ώρες} = 176 \text{ ώρες}$$

Άρα η απορροφούμενη ισχύς είναι:

$$P_{kw} = \frac{27.333 \text{ kwh} / \text{μήνα}}{176 \text{ h} / \text{μήνα}} = 155 \text{KW}$$

3ο βήμα: προσδιορισμός του μέσου συνφ της εγκατάστασης.

$$\text{συνφ}_m = \frac{\text{συνφ}_1 + \text{συνφ}_2 + \text{συνφ}_3}{3} = \frac{0,68 + 0,62 + 0,6}{3} = \frac{1,9}{3} = 0,63$$

4ο βήμα: από τον πίνακα της προηγούμενης άσκησης βρίσκουμε το συντελεστή πολλαπλασιασμού 0,613. Κατά συνέπεια, η ισχύς κάθε πυκνωτή σε KVAR θα είναι:

$$155 \cdot 0,613 = 95 \text{ KVAR}$$

Επειδή έχουμε $U_p=400\text{V}$ και $f=50\text{Hz}$, για συνδεσμολογία πυκνωτών κατά τρίγωνο έχουμε:

$$C = \frac{10^9}{3 \cdot \omega \cdot U_p^2} = \frac{10^9}{3 \cdot 314 \cdot 400^2} = 6,66 \text{ } \mu\text{F} \text{ ανά KVAR}$$

Άρα $95 \times 6,66 = 633 \mu\text{F}$