

Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Άεργος ισχύς Q

- ♦ Στον πυκνωτή και στο πηνίο δεν καταναλώνεται ενέργεια ούτε δημιουργείται θερμότητα joule. Η πραγματική ισχύς είναι μηδέν.
- ♦ Είναι η ισχύς που παρουσιάζεται στο επαγωγικό (η ενέργεια αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο) ή χωρητικό (η ενέργεια αποθηκεύεται στο ηλεκτρικό πεδίο) μέρος της σύνθετης αντίστασης.
- ♦ Έτσι το γινόμενο $V \cdot I$ αντιπροσωπεύει την άεργο ισχύ.
- ♦ Η άεργος ισχύς μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές τιμές:
 $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ τότε $-1 \leq \eta\mu\varphi \leq 1$
- ♦ Σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πηνίο L ή πυκνωτή C :
 $\varphi=90^\circ$ ($\cos\varphi = 0$, $\eta\mu\varphi = 1$). Άρα υπάρχει μόνο άεργη ισχύς. $Q=S$



Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Φαινόμενη ισχύς S

- ♦ Σε κύκλωμα Ε.Ρ με ωμική αντίσταση R το γινόμενο $V \cdot I$ αντιπροσωπεύει την πραγματική ισχύ.
- ♦ Στην περίπτωση κυκλώματος Ε.Ρ. με πηνίο L ή πυκνωτή C το γινόμενο $V \cdot I$ αντιπροσωπεύει την άεργο ισχύ.
- ♦ Στην περίπτωση κυκλώματος RL σε σειρά το γινόμενο $V \cdot I$ δεν αντιπροσωπεύει τίποτα.
- ♦ Επειδή έχει διαστάσεις ισχύος ονομάζεται φαινόμενη ισχύς.
- ♦ Η φαινόμενη ισχύς είναι η ισχύς που προσφέρεται για κατανάλωση ενώ η πραγματική ισχύς είναι η ισχύς που αξιοποιείται για την παραγωγή του έργου.



Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

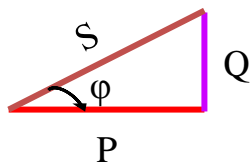
- ✚ Αν $Q > 0$, το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά. Η τάση προηγείται του ρεύματος κατά γωνία φ
- ✚ Το **συνφ** ονομάζεται συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και στη περίπτωση αυτή λέγεται επαγωγικός ή μεταπορείας.
- ✚ Αν $Q < 0$, το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά. Η τάση έπεται του ρεύματος κατά γωνία φ
- ✚ Το **συνφ** ονομάζεται συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και στη περίπτωση αυτή λέγεται χωρητικός ή πρωτοπορίας.



Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Τρίγωνο ισχύος

- ◆ Τη φαινόμενη, την πραγματική και την άεργο ισχύ μπορούμε να τις παρουσιάσουμε με ένα ορθογώνιο τρίγωνο:
- ◆ Από το τρίγωνο μπορούμε να γράψουμε τη σχέση:



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = V * I * \sigma\upsilon\nu\varphi$$

$$Q = V * I * \eta\mu\varphi$$

$$S = V * I$$

$$P = S * \sigma\upsilon\nu\varphi$$

$$Q = S * \eta\mu\varphi$$



Παράδειγμα 4

Ισχύς στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Σε ένα σύστημα η πραγματική και η άεργος ισχύς είναι αντίστοιχα $P=200\text{ W}$ και $Q=150\text{ VAr}$. Να υπολογίσετε την φαινόμενη ισχύ και το συντελεστή ισχύος.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250\text{ KVA} \Rightarrow P = S * \cos\phi \Rightarrow \cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{200}{250} = 0.8$$

Παράδειγμα 5

- ✚ Ένας πυκνωτής χωρητικότητας $C=20\text{ }\mu\text{F}$ συνδέεται σε εναλλασσόμενη τάση $v=220\text{ V}$ με συχνότητα $f=50\text{ Hz}$. Να βρείτε:
- Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή,
 - Την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει
 - Την άεργο ισχύ.

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 * 3.14 * 50 * 20 * 10^{-6}} = 159\Omega \quad I = \frac{V}{X_c} = \frac{220}{159} = 1.38\text{ A}$$

$$Q = V * I * \sin\phi = 220 * 1.38 * \sin 90^\circ = 303.6\text{ Var}$$



Χαρακτηριστικά των παραγόμενων τάσεων

- ✚ Τρεις τέτοιες τάσεις αποτελούν ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα.

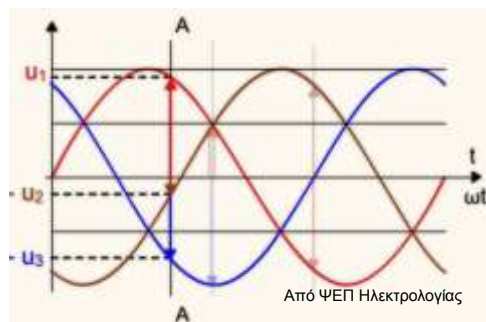
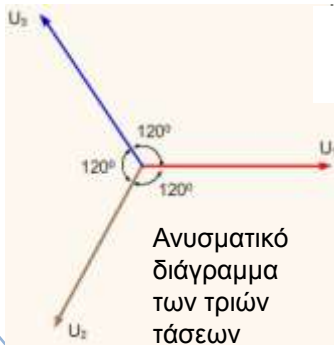
$$u_1 = U_m \eta \mu \omega t$$

$$u_2 = U_m \eta \mu (\omega t - 120^\circ)$$

$$u_3 = U_m \eta \mu (\omega t - 240^\circ)$$

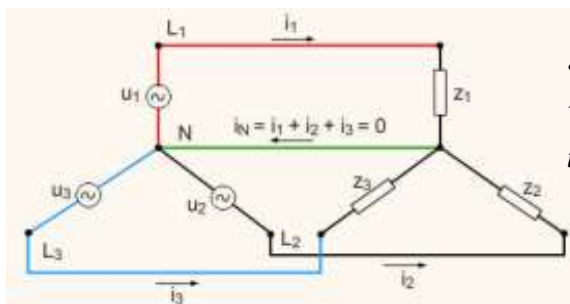
- ✚ Σε ένα τέτοιο σύστημα το αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των τάσεων ισούται σε κάθε χρονική στιγμή με μηδέν:

$$u_1 + u_2 + u_3 = 0$$



Ισοζυγισμένο φορτίο

- ✚ Ένα τριφασικό φορτίο είναι ισοζυγισμένο όταν η σύνθετη αντίσταση Z είναι ίδια σε κάθε φάση του φορτίου.
- ✚ Σε ισοζυγισμένο τριφασικό σύστημα το άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των τάσεων και των ρευμάτων είναι ίσο με μηδέν.
- ✚ Σε μια τέτοια περίπτωση έχουμε συμμετρικό αλληλένδετο τριφασικό σύστημα.
- ✚ Ουδέτερος αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα και μπορεί να καταργηθεί.



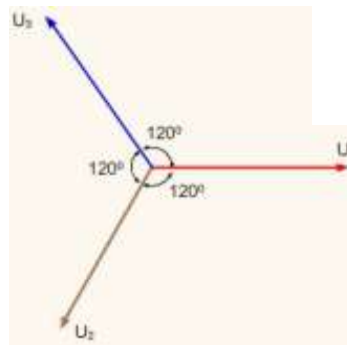
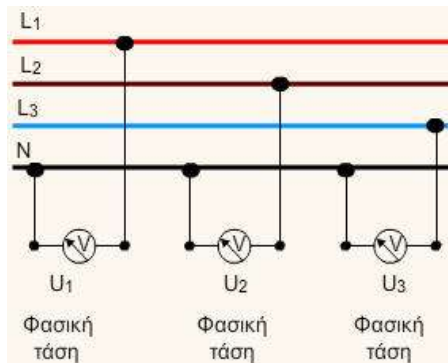
$$\text{εάν } Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$$

$$\text{τότε: } i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$u_1 + u_2 + u_3 = 0$$

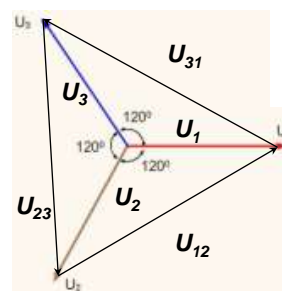
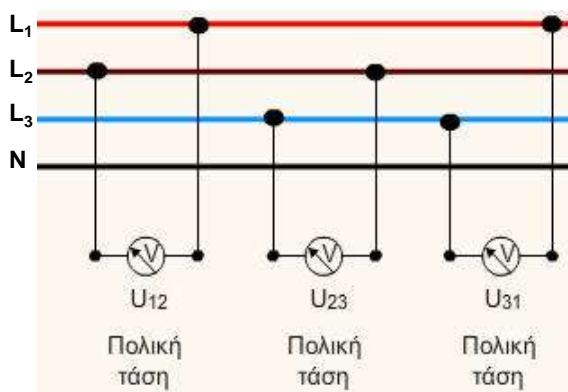
Φασική τάση

- ✚ Το τριφασικό ρεύμα μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε δύο τάσεις: α) Τη φασική τάση (U_ϕ), β) την πολική τάση (U_π).
- ✚ Με το νόμο του Ωμ υπολογίζουμε το φασικό ρεύμα.
- ✚ Φασική τάση (U_ϕ) είναι η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου αγωγού.
- ✚ Σε ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα $U_{\phi 1} = U_{\phi 2} = U_{\phi 3} = U_\phi$



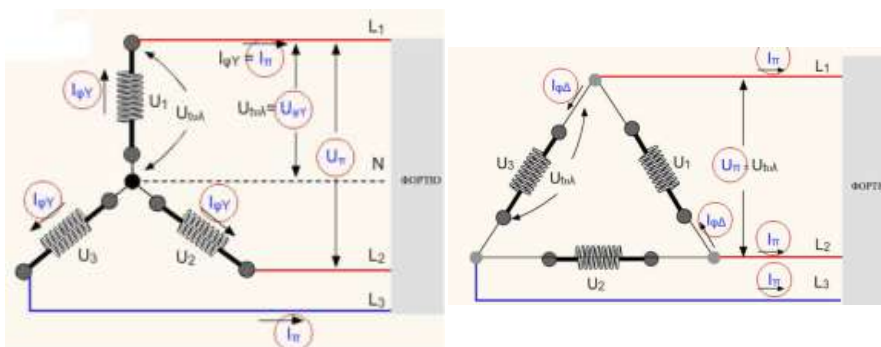
Πολική τάση

- ✚ Πολική τάση (U_π) είναι η τάση μεταξύ των αγωγών δύο φάσεων.
- ✚ Σε ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα $U_{12} = U_{23} = U_{31} = U_\pi$



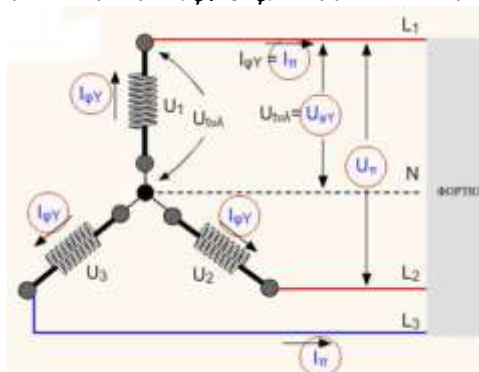
Σύνδεση αστέρα και σύνδεση τριγώνου

- ✚ Στις τριφασικές γεννήτριες υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης των φάσεων, ώστε να δημιουργείται τριφασικό σύστημα ρευμάτων:
 - ◆ Σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε αστέρα
 - ◆ Σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε τρίγωνο.



Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικής γεννήτριας σε αστέρα

- ✚ Στα άκρα των τυλιγμάτων επικρατεί η φασική τάση $U_{\text{τυλ}} = U_{\phi Y} = U_{\phi}$
- ✚ Όταν υπάρχει ουδέτερος αγωγός, φασική τάση (U_{ϕ}) είναι η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου αγωγού.
- ✚ Πολική τάση (U_{π}) είναι η τάση μεταξύ των αγωγών δύο φάσεων
- ✚ Ρεύμα γραμμής ή πολικό ρεύμα (I_L ή I_{π}) είναι το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων L_1, L_2, L_3 .
- ✚ Το φασικό ρεύμα ($I_{\phi Y}$ ή I_{ϕ}) διαρρέει κάθε φάση (πηνίο) της γεννήτριας



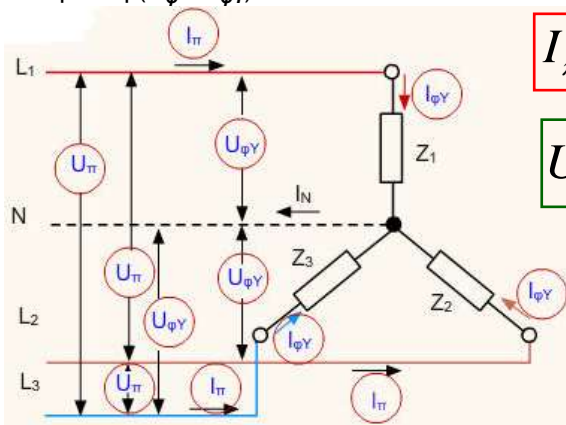
$$U_{\text{τυλ}} = U_{\phi Y} = U_{\phi}$$

$$U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$$

$$I_{\pi} = I_{\phi Y} = I_{\phi}$$

Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικού φορτίου σε αστέρα

- Όταν το φορτίο είναι ισοζυγισμένο $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ το $I_N = 0$.
- Σύμφωνα με το Νόμος Ωμ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων διαρρέει και την κάθε φάση του φορτίου $I_{\pi} = I_{\phi Y} = I_{\phi}$
- Στα άκρα κάθε φάσης φορτίου συνδεδεμένου σε αστέρα επικρατεί η φασική τάση ($U_{\phi} = U_{\phi Y}$)



$$I_{\pi} = I_{\phi Y} = I_{\phi}$$

$$U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$$

$$I = \frac{U_{\phi}}{Z}$$

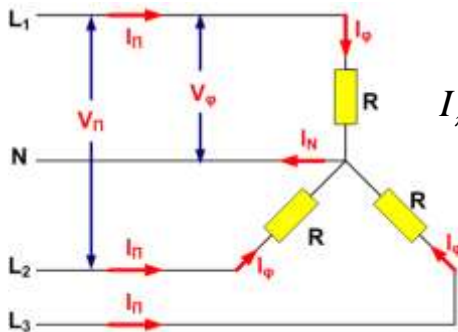
Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 3 (Λύση)

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_{\pi}=380V$	α) $U_{\phi}=;$
$R=20\Omega$	β) $I_{\pi}=;$
	γ) $I_{\phi}=;$

$$U_{\pi} = 380V$$

$$U_{\phi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.3V$$

$$I_{\pi} = I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R} = \frac{219.3}{20} = 11A$$



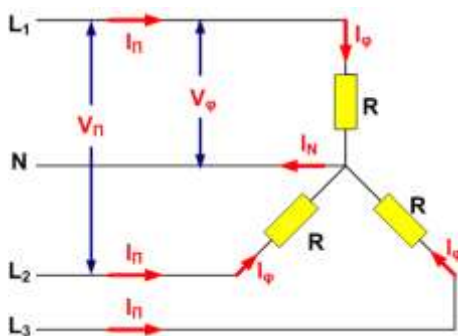
Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 4 (Λύση)

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_{\pi}=415V$	α) $U_{\phi}=;$
$R=30\Omega$	β) $I_{\pi}=;$
	γ) $I_{\phi}=;$

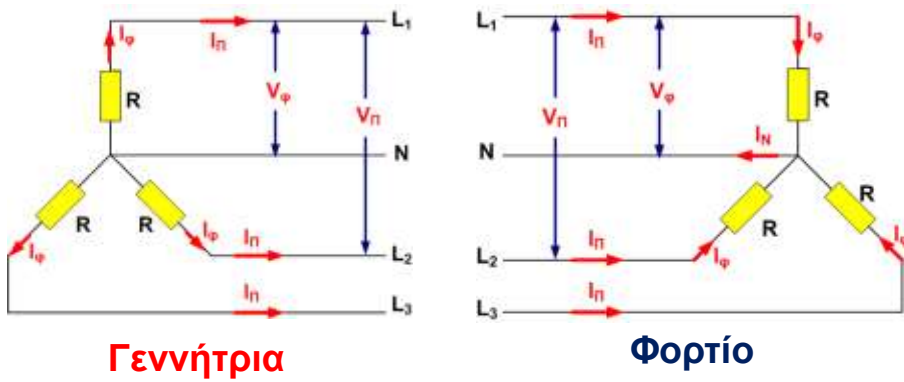
$$U_{\pi} = 380V$$

$$U_{\phi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{415}{\sqrt{3}} = 240V$$

$$I_{\pi} = I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R} = \frac{240}{30} = 8A$$



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ Συνδεσμολογία αστέρα



$$I_\pi = I_\phi$$

$$U_\Pi = \sqrt{3} U_\phi$$

$$I = \frac{U_\phi}{R}$$

**Συνδεσμολογία τριγώνου στο
Τριφασικό ρεύμα**



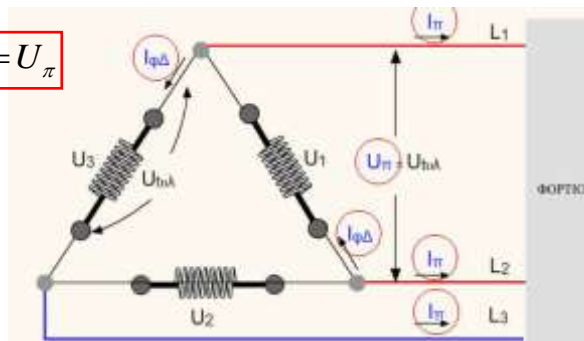
Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικής γεννήτριας σε τρίγωνο

- ✚ Στα άκρα των τυλιγμάτων επικρατεί η πολική τάση ($U_{\pi\lambda} = U_{\pi}$)
- ✚ Φασική τάση (U_{φ}) είναι η τάση στα άκρα κάθε πηνίου της γεννήτριας.
- ✚ Στη σύνδεση τριγώνου η φασική τάση είναι ίδια με την πολική τάση
- ✚ Ρεύμα γραμμής ή πολικό ρεύμα είναι το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων L_1, L_2, L_3 . Συμβολίζεται ως I_L ή I_{π} .
- ✚ Φασικό ρεύμα τριγώνου είναι το ρεύμα που διαρρέει κάθε φάση των πηνίων της γεννήτριας στη σύνδεση τριγώνου ($I_{\varphi\Delta}$)

$$U_{\pi\lambda} = U_{\varphi\Delta} = U_{\varphi} = U_{\pi}$$

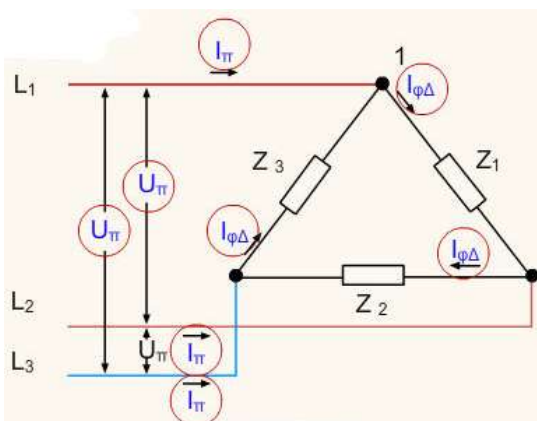
$$I_{\varphi\Delta} = I_{\varphi}$$

$$I_{\Pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$$



Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικού φορτίου σε τρίγωνο

- Όταν το φορτίο είναι ισοζυγισμένο $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ στα άκρα κάθε φάσης του φορτίου συνδεδεμένου σε τρίγωνο επικρατεί η πολική τάση.
- Υπάρχουν τα ρεύματα γραμμής ($I_{\phi\Delta}$) των αγωγών L_1, L_2, L_3 .
- Υπάρχουν τα ρεύματα που διαρρέουν τους καταναλωτές (I_{π})



$$U_{\phi\Delta} = U_{\Pi} = U_{\phi}$$

$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\phi}$$

Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 4 (Λύση)

Δεδομένα | Ζητούμενα

$U_{\pi}=480V$

$R=10\Omega$

$f=50 \text{ Hz}$

α) $U_{\phi}=;$

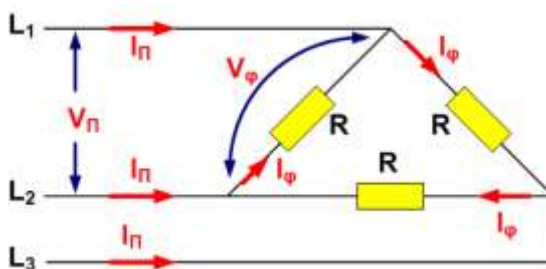
β) $I_{\pi}=;$

γ) $I_{\phi}=;$

$$U_{\Pi} = 480V = U_{\phi}$$

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R} = \frac{480}{10} = 48A$$

$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\phi} = \sqrt{3} * 48 = 83A$$



Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 5 (Λύση)

Δεδομένα | Ζητούμενα

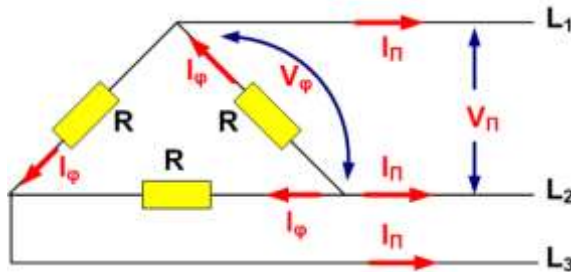
$U_{\varphi}=240V$
 $Z=10\Omega$

α) $U_{\Pi}=;$
β) $I_{\Pi}=;$
γ) $I_{\varphi}=;$

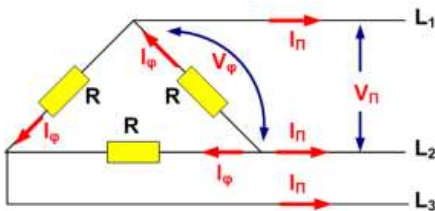
$$U_{\Pi} = 240V = U_{\varphi}$$

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\varphi}}{Z} = \frac{240}{10} = 24A$$

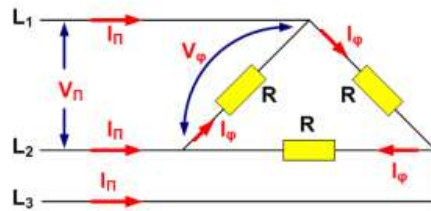
$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi} = \sqrt{3} * 24 = 41.6A$$



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ Συνδεσμολογία τριγώνου



Γεννήτρια



Φορτίο

$$U_{\Pi} = U_{\varphi}$$

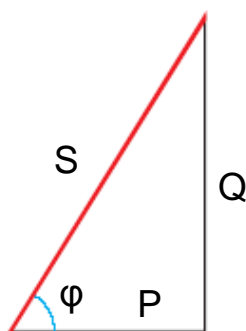
$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$$

$$I = \frac{U_{\varphi}}{R}$$

Συντελεστής ισχύος

- ✚ Το ένα μέρος του ρεύματος που μετατρέπεται σε χρήσιμο έργο ονομάζεται βαττικό ρεύμα και το δεύτερο που δεν παράγει έργο ονομάζεται άεργο.
- ✚ Η ισχύς που παράγεται από το βαττικό ρεύμα ονομάζεται ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ και μετρείται σε KW.
- ✚ Η ισχύς η οποία δημιουργείται από το άεργο ρεύμα ονομάζεται ΑΕΡΓΗ ΙΣΧΥΣ και μετρείται σε KVAr.
- ✚ Το ανυσματικό άθροισμα των δύο αυτών ισχύων ονομάζεται ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ και μετρείται σε KVA.
- ✚ Η ισχύς αυτή απορροφάται από την ηλεκτρική εγκατάσταση για να μας αποδώσει το έργο που χρειαζόμαστε.

Συντελεστής ισχύος



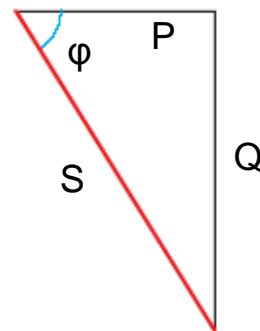
Επαγωγική συμπεριφορά

- ✚ Πραγματική ισχύς (Watt – W)
- ✚ Άεργος ισχύς (VAR)
- ✚ Φαινόμενη ισχύς (VA)

$$P = S \cos \phi$$

$$Q = S \sin \phi$$

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$



Χωρητική συμπεριφορά

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \cdot \cos \phi \\ Q &= V \cdot I \cdot \sin \phi \\ S &= V \cdot I \end{aligned}$$

Συντελεστής ισχύος

- ✚ Όταν το φορτίο που τροφοδοτείται δεν είναι καθαρά ωμικός καταναλωτής, τότε η τάση και το ρεύμα δεν βρίσκονται σε φάση.
- ✚ Ο συντελεστής ισχύος παίρνει τιμές από μηδέν μέχρι 1 και εξαρτάται αποκλειστικά από το είδος του φορτίου.
- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος ισούται με μονάδα, τότε η ισχύς θα αξιοποιείται στο μέγιστο βαθμό.
- ✚ Κάτι τέτοιο συμβαίνει όταν τροφοδοτούμε μια ωμική αντίσταση.
- ✚ Όμως τις περισσότερες περιπτώσεις, τα διάφορα φορτία περικλείουν και επαγωγικούς ή χωρητικούς καταναλωτές, με αποτέλεσμα ο συντελεστής ισχύος να είναι χαμηλός.

Παράδειγμα:

Γεννήτρια εργάζεται στα 400V και παράγει ρεύμα 2000 A.

- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος του φορτίου ισούται με 1, τότε η μηχανή θα έχει δυνατότητα να παράγει

$$P=400*2000*1=800KW$$

- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος του φορτίου ισούται με 0.5, τότε η μηχανή θα έχει δυνατότητα να παράγει

$$P=400*2000*0.5=400KW$$

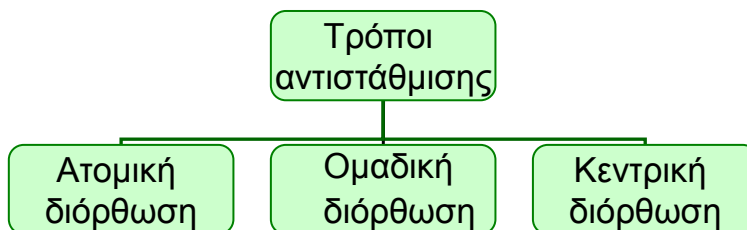
- ✚ Δηλαδή η γεννήτρια θα αναπτύσσει μόνο τη μισή της ισχύ.
- ✚ Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι, όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής ισχύος τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ισχύς που παράγεται και μεταφέρεται.

Διόρθωση Συντελεστή ισχύος

- ✚ Η βελτίωση του συνφ (ή διαφορετικά η αντιστάθμιση της άεργης ισχύος των επαγωγικών φορτίων), γίνεται με τη σύνδεση πυκνωτών κατάλληλης χωρητικότητας παράλληλα με τα φορτία.
- ✚ Με την τοποθέτηση των πυκνωτών, όλη η άεργος ισχύς που καταναλώνεται μας την δίνουν πίσω οι πυκνωτές.
- ✚ Η τιμή (χωρητικότητα) του πυκνωτή αυτού πρέπει να υπολογισθεί ακριβώς για να μας δίνει τόση άεργη ισχύ όση καταναλώνεται από την επαγωγή, γιατί διαφορετικά θα φθάσουμε στο αντίθετο αποτέλεσμα και η άεργος ισχύς από επαγωγική θα καταλήξει χωρητική.

ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

- ✚ Ανάλογα με τη θέση που θα τοποθετήσουμε τους πυκνωτές στο κύκλωμα της εγκατάστασης διακρίνουμε τρεις τρόπους διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.



- ✚ Κατά την ατομική διόρθωση οι πυκνωτές τοποθετούνται κοντά στη συσκευή της οποίας θέλουμε να διορθώσουμε το συντελεστή ισχύος (συνφ).
- ✚ Οι πυκνωτές συνδέονται στο κύκλωμα όταν εργάζεται η συσκευή.

ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

- ✚ Κατά την ομαδική διόρθωση οι πυκνωτές τοποθετούνται κοντά στην ομάδα από συσκευές που θέλουμε να διορθώσουμε το συνφ με ειδικό αυτόματο πίνακα ελέγχου
- ✚ Κατά την κεντρική διόρθωση διορθώνεται ο συντελεστής ισχύος ολόκληρης της εγκατάστασης με την τοποθέτηση των πυκνωτών κοντά στο γενικό διακόπτη της εγκατάστασης.
- ✚ Η κεντρική βελτίωση του συντελεστή ισχύος είναι σήμερα ο πιο διαδεδομένος τρόπος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος στη Κύπρο.
- ✚ Με την κεντρική βελτίωση κύριος στόχος είναι η μεγαλύτερη ελάττωση των λογαριασμών προς την ΑΗΚ.

Σύνδεση πυκνωτή σε επαγωγικό φορτίο

- ✚ Όταν συνδέεται ο πυκνωτής παρέχει στον κινητήρα την άεργο ισχύ που χρειάζεται για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου.



Σύνδεση πυκνωτή σε επαγωγικό φορτίο

- ✚ Αντί δηλαδή, η άεργος ισχύς, να μεταφέρεται από την πηγή στο φορτίο και από το φορτίο πίσω στην πηγή, πηγαиноέρχεται από τον πυκνωτή στο φορτίο.
- ✚ Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η συνολική ένταση του ρεύματος που τραβά ο κινητήρας από το δίκτυο.
- ✚ Αν η χωρητικότητα του πυκνωτή ήταν μεγαλύτερη ώστε η γωνία ϕ να γίνεται μηδέν, θα είχαμε πλήρη βελτίωση του συντελεστή ισχύος, το συνολικό ρεύμα του κινητήρα θα γινόταν ίσο με το ωμικό ρεύμα και θα είχαμε μια παρόμοια περίπτωση με τον συντονισμό σε παράλληλο RLC κύκλωμα.
- ✚ Η σύνδεση του πυκνωτή παράλληλα στον κινητήρα κάνει το κύκλωμα να μοιάζει με το παράλληλο πρακτικό RLC κύκλωμα.

Υπολογισμός πυκνωτή - παράδειγμα

- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος από 0.85, τότε η ΑΗΚ επιβάλλει στον καταναλωτή να διορθώσει τον συντελεστή ισχύος.
- ✚ Πρέπει να υπολογίσουμε το μέγεθος σε KVAR του πυκνωτή που θα χρησιμοποιήσουμε
- ✚ Αυτό μπορεί να γίνει με την βοήθεια πίνακα.
- ✚ Για παράδειγμα για να βελτιώσουμε τον συντελεστή ισχύος ενός φορτίου 100 KVA από 0.60 σε 0.90, συχνότητας 50Hz τότε:

$$Q_c = S * \sin \phi_1 * n_s = 100 * 0.6 * 0.849 = 50.94 \text{ kVAR}$$

- ✚ Αυτή είναι η ισχύς του πυκνωτή που χρειαζόμαστε για να βελτιώσουμε τον συντελεστή ισχύος.

Υπολογισμός πυκνωτή - παράδειγμα

- ✚ Η χωρητικότητα του πυκνωτή που χρειαζόμαστε θα την βρούμε από τον τύπο:

$$\left. \begin{aligned} Q_C &= \frac{U^2}{X_C} \\ X_C &= \frac{1}{2\pi f C} \end{aligned} \right\} Q_C = U^2 2\pi f C \Rightarrow \boxed{C = \frac{Q_C}{3U_\pi^2 * 2\pi * f}}$$

Σε σύνδεση τριγώνου

$$C_\Delta = \frac{Q_{C\phi}}{U_\pi^2 * 2\pi * f} = \frac{50940}{3 * 415^2 * 2 * 3,14 * 50} = 313.8 * 10^{-6} F = 313.8 \mu F$$

Σε σύνδεση αστέρα

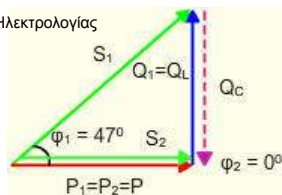
$$C_Y = \frac{Q_{C\phi}}{3U_\phi^2 * 2\pi * f} = \frac{50940}{3 * 240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 938 * 10^{-6} F = 938 \mu F$$

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

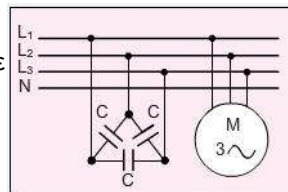
1. Τριφασικός επαγωγικός καταναλωτής ισχύος 15 kW και με συντελεστή ισχύος 0,68 συνδέεται σε τριφασικό δίκτυο πολικής τάσης 415 / 240V, συχνότητας 50Hz. Για να επιτευχθεί πλήρης αντιστάθμιση της άεργης ισχύος του κινητήρα συνδέονται στο δίκτυο 3 πυκνωτές. Να υπολογίσετε την απαιτούμενη χωρητικότητα κάθε πυκνωτή, εάν οι 3 πυκνωτές συνδεθούν α) σε αστέρα, β) σε τρίγωνο.

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_L = 415 V$	Q_L
$U_\phi = 240 V$	Q_C
$f = 50 \text{ Hz}$	C_Δ
$P = 15 \text{ kW}$	C_Y
$\cos \phi_1 = 0,68$	
$\cos \phi_2 = 1$	

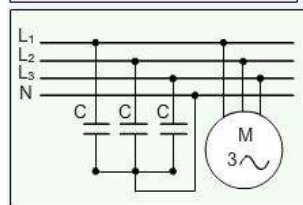
Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας



σύνδεση σε τρίγωνο



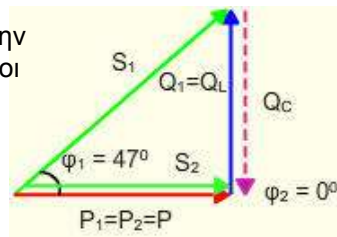
σύνδεση σε αστέρα



Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

- Υπολογίστε την άεργη ισχύ του φορτίου και την άεργη ισχύ που χρειάζεται να συνεισφέρουν οι πυκνωτές.

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1} \Rightarrow S_1 = \frac{P}{\cos\varphi_1} = \frac{15000}{0.68} = 22059 \text{ VA}$$



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

- Η άεργος ισχύς του κινητήρα:

$$Q_L = Q_C = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{22059^2 - 15000^2} = 16174 \text{ VAR}$$

- Για να γίνει πλήρης αντιστάθμιση πρέπει:

$$Q_C = Q_L = 16174 \text{ VAR}$$

- Αφού θα χρησιμοποιηθούν 3 πυκνωτές, ο κάθε ένας θα συνεισφέρει το 1/3 της ολικής άεργης ισχύος

$$Q_{C\varphi} = \frac{Q_C}{3} = \frac{16174}{3} = 5391 \text{ VAR}$$

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

- Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή σε σύνδεση τριγώνου.
- Η τάση κάθε πυκνωτή είναι η πολική

$$C_\Delta = \frac{Q_{C\varphi}}{U_\pi^2 * 2\pi * f} = \frac{5391}{415^2 * 2 * 3,14 * 50} = 99 * 10^{-6} \text{ F} = 99 \mu\text{F}$$

- Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή σε σύνδεση αστέρα.
- Η τάση κάθε πυκνωτή είναι η φασική

$$C_Y = \frac{Q_{C\varphi}}{U_\varphi^2 * 2\pi * f} = \frac{5391}{240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 298 * 10^{-6} \text{ F} = 298 \mu\text{F}$$

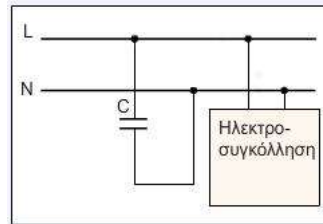
- Παρατήρηση: αν η σύνδεση των πυκνωτών γίνει σε αστέρα θα χρειαστούν πυκνωτές με τριπλάσια χωρητικότητα.

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

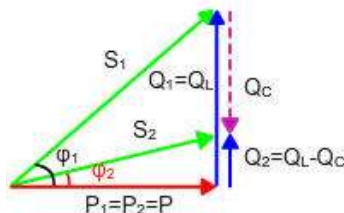
2. Μονοφασική συσκευή ηλεκτροσυγκόλλησης ισχύος 2,34kW όταν λειτουργεί σε δίκτυο 240V, 50 Hz τραβά από το δίκτυο ένταση ρεύματος 15 A. Να υπολογίσετε:

- α) τη χωρητικότητα πυκνωτή που όταν συνδεθεί στην παροχή της συσκευής θα βελτιώσει το συντελεστή ισχύος σε 0,95.
β) την ένταση του ρεύματος που θα τραβά η συσκευή από το δίκτυο μετά τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_p = 240 \text{ V}$	Q_L
$f = 50 \text{ Hz}$	Q_C
$P = 2,34 \text{ kW}$	$\cos\varphi_1$
$\cos\varphi_2 = 0,95$	C
	I_2



Κύκλωμα άσκησης



Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

- Υπολογίστε την άεργη ισχύ του φορτίου και την άεργη ισχύ που χρειάζεται να συνεισφέρει ο πυκνωτής.
- Υπολογίστε τη φαινόμενη ισχύ της συσκευής:

$$S_1 = U \cdot I = 240 \cdot 15 = 3600 \text{ VA}$$

- Υπολόγισε τον αρχικό συντελεστή ισχύος $\cos\varphi_1$ και τη διαφορά φάσης φ_1 :

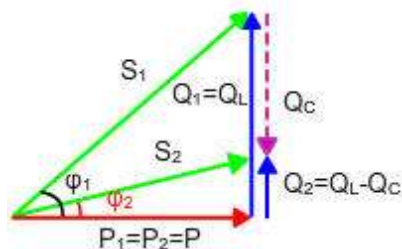
$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{2340}{3600} = 0.65 \Rightarrow \varphi_1 = 49.4^\circ$$

- Υπολόγισε τη διαφορά φάσης φ_2 :

$$\cos\varphi_2 = 0.95 \Rightarrow \varphi_2 = 18.2^\circ$$

- Υπολογίστε την άεργη ισχύ της συσκευής Q_1 :

$$Q_1 = Q_L = P \cdot \tan\varphi_1 = 2340 \cdot \tan 49.4^\circ = 2730 \text{ VAR}$$



Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ της συσκευής μετά τη σύνδεση του πυκνωτή Q_2 :

$$Q_2 = P * \varepsilon \varphi \varphi_2 = 2340 * \varepsilon \varphi 18.2^0 = 769 \text{VAR}$$

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ του πυκνωτή Q_C :

$$Q_2 = Q_1 - Q_C \Rightarrow Q_C = Q_1 - Q_2 = 2730 - 769 = 1961 \text{VAR}$$

- ✚ Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή.

$$C = \frac{Q_C}{U^2 * 2\pi * f} = \frac{1961}{240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 108 * 10^{-6} \text{F} = 108 \mu\text{F}$$

- ✚ Η ένταση του ρεύματος που τραβά η ηλεκτροσυγκόλληση από το δίκτυο μετά τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος θα είναι:

$$I_2 = \frac{P}{U * \sigma \nu \nu \varphi_2} = \frac{2340}{240 * 0,95} = 10,2 \text{A}$$

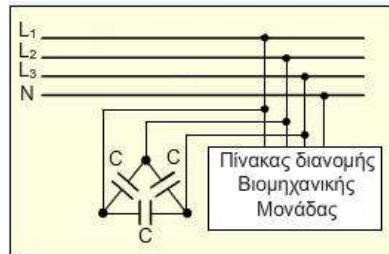
Υπολογισμός της άεργης ισχύος με χρήση ειδικών πινάκων – Παράδειγμα 3

3. Η εγκατεστημένη ισχύς σε μια τριφασική βιομηχανική μονάδα είναι 200 kVA και η τάση λειτουργίας της 415/240 V, 50 Hz. Για να βελτιωθεί ο συντελεστής ισχύος και να γίνει 0,95 συνδέονται στο δίκτυο 3 πυκνωτές σε τρίγωνο.

α) να χρησιμοποιήσετε τους ειδικούς πίνακες που δίνονται για να υπολογίσετε την άεργο ισχύ των πυκνωτών.

β) να υπολογίσετε την χωρητικότητα κάθε πυκνωτή.

Δεδομένα	Ζητούμενα
$S = 200 \text{ kVA}$	η_s
$U_n = 415 \text{ V}$	Q_c
$f = 50 \text{ Hz}$	$Q_{c\varphi}$
$\sigma \nu \nu \varphi_1 = 0,7$	C_φ
$\sigma \nu \nu \varphi_2 = 0,95$	



Κύκλωμα άσκησης

Υπολογισμός της άεργης ισχύος με χρήση ειδικών πινάκων – Παράδειγμα 3

- Χρησιμοποιήσε τους πίνακες για να βρείτε τον ειδικό συντελεστή n_s .
- Από τον πίνακα 3 για υφιστάμενο Σ.Ι. $\text{συν}\varphi_1=0,7$ και προτεινόμενο Σ.Ι. $\text{συν}\varphi_2=0,95$ βρίσκουμε ότι $n_s=0,691$
- Υπολογίστε την άεργη ισχύ των πυκνωτών:

$$Q_c = S * \text{συν}\varphi_1 * n_s = 200 * 0.7 * 0.691 = 96.74 \text{ kVAR}$$

- Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή. Αφού θα χρησιμοποιηθούν 3 πυκνωτές, ο κάθε ένας θα συνεισφέρει το 1/3 της ολικής άεργης ισχύος

$$Q_{c\varphi} = \frac{Q_c}{3} = \frac{96.74}{3} = 32.24 \text{ kVAR}$$

$$C_\varphi = \frac{Q_{c\varphi}}{U^2 * 2\pi * f} = \frac{32240}{415^2 * 2 * 3,14 * 50} = 596 * 10^{-6} \text{ F} = 596 \mu\text{F}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΕΞΕΥΡΕΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ					
Υφιστάμενος Σ.Ι.	Προτεινόμενος Σ.Ι.				
	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80
0,40	2,291	1,963	1,807	1,671	1,541
0,41	2,225	1,896	1,740	1,605	1,475
0,42	2,161	1,832	1,676	1,541	1,410
0,43	2,100	1,771	1,615	1,480	1,349
0,44	2,041	1,712	1,557	1,421	1,291
0,45	1,985	1,656	1,501	1,365	1,235
0,46	1,930	1,602	1,446	1,310	1,180
0,47	1,877	1,548	1,392	1,257	1,128
0,48	1,828	1,499	1,343	1,208	1,077
0,49	1,779	1,450	1,295	1,159	1,029