

Για τη σωστή λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης και τον περιορισμό του κινδύνου από ηλεκτροπληξία για τα άτομα που τη χρησιμοποιούν, πρέπει να τοποθετείται απαραίτητα γείωση προστασίας.

Αυτή η γείωση εφαρμόζεται υποχρεωτικά σε κάθε εγκατάσταση με σκοπό την προστασία των ανθρώπων από εμφάνιση επικίνδυνης τάσης στα μεταλλικά μέρη των συσκευών, τα οποία σε κανονική λειτουργία δεν είναι υπό τάση.

## ΚΙΝΔΥΝΟΙ

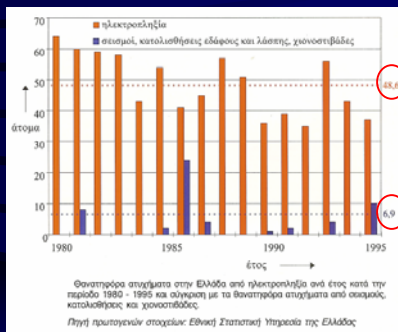
**ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ**  
**ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΑΠΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΙΣΗ,**  
**ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ, Η ΑΠΟ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**  
**ΥΨΗΛΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**  
**ΕΚΡΗΞΕΙΣ ΛΟΓΩ ΣΠΙΝΘΗΡΩΝ,**  
**ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΟΞΟΥ Η ΥΨΗΛΗΣ**  
**ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

ΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΦΟΡΟΥΝ

ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

ΤΙΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

## ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ



Θανατηφόρα ατυχήματα στην Ελλάδα από ηλεκτροπληξία ανά έτος κατά την περίοδο 1980 - 1995 και σύγκριση με τα θανατηφόρα ατυχήματα από οριακές, καταπονήσεις και χιονοστιβίδες.

Πηγή: πρωταρχικών στοιχείων Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας

Οι θανατηφόρες ηλεκτροπληξίες αντιστοιχούν **περίπου στο 17% του συνόλου των θανατηφόρων ατυχημάτων** και αποτελούν τη δεύτερη αιτία εργατικών ατυχημάτων με θανατηφόρα κατάληξη

Το 20% των ατυχημάτων Η-Μ εργαταξίων οφείλεται στον ηλεκτρισμό

Σε κτιριακά έργα το 4% του συνόλου των ατυχημάτων οφείλονται στον ηλεκτρισμό

Το 30% των ηλεκτρικών ατυχημάτων προέρχονται από γερανούς και ανυψωτικά

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ



Θανατηφόρα ατυχήματα από ηλεκτροπληξία στην Γερμανία και στην Ελλάδα ανά 10 ετών, κατά τους 36 έτους.

Πηγή: VDE (Ένωση Γερμανών Ηλεκτρολόγων) /BAU (Ομοσπονδιακή υπηρεσία διερεύνησης ατυχημάτων), Γερμανική Ομοσπονδιακή Στατιστική Υπηρεσία, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας

Τα λιγότερα ατυχήματα στη Γερμανία οφείλονται:

- Στη καθιέρωση των θεμελιακών γειώσεων
- Στον καλύτερο εξοπλισμό
- Στην ευρύτατη χρήση των διακοπών διαφυγής
- Στους αστηρόπεραως κωνοειμένους ΗΥ

## ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

27% κατά την εκτέλεση τροποποιήσεων

23% των ατυχημάτων κατά την εγκατάσταση

18% των ατυχημάτων κατά συνειδητές υπο τάση εργασίες

11% των ατυχημάτων κατά την αλλαγή ασφαλειών

Οι σημαντικοί κίνδυνοι που αφορούν τους ανθρώπους είναι δύο:

Επικίνδυνα ρεύματα τάξης μεγέθους άνω των 50 mA που ρέουν μέσα από το ανθρώπινο σώμα. Αυτά μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες, ακόμα και τον θάνατο.

Εγκαύματα στο σώμα λόγω επίδρασης του ηλεκτρικού τόξου. Αυτό εμφανίζεται συνήθως σε ατυχήματα σε εγκαταστάσεις ισχύος υψηλής τάσης, αλλά και σε μικρότερη έκταση στη μέση και χαμηλή τάση.

ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΝΑΦΕΡΟΥΜΕ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΠΙΚΥΝΔΥΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΕΠΑΦΗΣ

AC  $\geq 50$  V

DC  $\geq 120$  V

Η AC τάση 3 φορές πιο επικίνδυνη από τη DC τάση

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

7

## ΕΠΙΚΥΝΔΥΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

Η χαμηλή συχνότητα πιο επικίνδυνη από την υψηλή διότι διεισδύει πιο εύκολα στο ανθρώπινο σώμα

Με DC τάση οι μύες σφίγγουν και το θύμα δεν μπορεί να αφήσει αυτό που κρατά

Με την AC τάση είναι πιο συχνές οι καρδιοαναπνευστικές βλάβες

Η MT απωθεί το θύμα με δύναμη και προκαλεί κυρίως εγκαύματα και τραυματισμούς από κρούσεις

Η χαμηλή τάση  $< 2400$  V ενεργεί στο νευρικό και μυϊκό σύστημα στην καρδιά και την αναπνοή

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

8



Ηλεκτρικό έγκαυμα στο χέρι

Βραχίονας με έγκαυμα τρίτου βαθμού από γραμμή υψηλής τάσης.

Ηλεκτρικά εγκαύματα από άμεση επαφή. Το γόνατο στα αριστερά ήρθε σε επαφή με ηλεκτρισμό και στα δεξιά γειώθηκε.



Έγκαυμα από ηλεκτρικό τόξο διαμέσου του παπουτσιού του θύματος και γύρω από την πλαστική σόλα.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

9

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι που αφορούν στις συσκευές είναι:

- Η πυρκαγιά λόγω υπερφόρτισης αγωγών όταν δεν είναι κατάλληλα διαστασιολογημένοι και προστατευμένοι.
- Η πυρκαγιά ή έκρηξη λόγω υπερυψωμένης θερμοκρασίας λειτουργίας (λαμπτήρες, φούρνοι).
- Η πυρκαγιά λόγω κατεστραμμένης μόνωσης. Πυρκαγιά προκαλείται π.χ. όταν λόγω διαρροής ρεύματος ή λόγω ηλεκτρικού τόξου σε υψηλή τάση αλλά και χαμηλή τάση δεν μπορεί να απαχθεί επαρκώς η θερμότητα Joule ή απολειών.
- Οι εκρήξεις σε ατμόσφαιρα εκρηκτικών μιγμάτων λόγω σπινθήρων, π.χ. σε περιβάλλον με ατμούς βενζίνης. Σπινθήρες έχουν τόση σε επαφές ηλεκτρικών κυκλωμάτων όσο και σε κινητήρες ή όταν τριβονται δύο μέταλλα.
- Η πυρκαγιά που προκαλείται από ηλεκτρικό τόξο σε βραχυκυκλώματα ή και στην ομαλή λειτουργία.
- Η δυναμική καταπόνηση σε βραχυκυκλώματα.
- Η ηλεκτροχημική διάβρωση, κυρίως στο συνεχές ρεύμα.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

10

## ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ

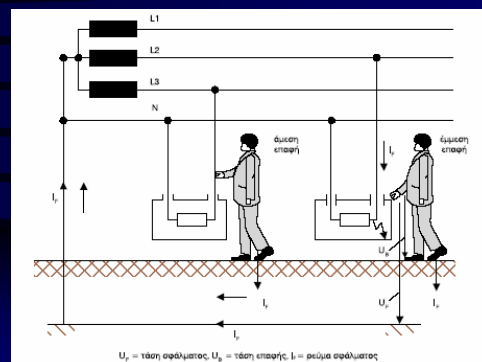
Ηλεκτροπληξία μπορεί να επέλθει όταν ο άνθρωπος έρθει σε επαφή με δύο μεταλλικά ή αγωγικά μέρη έστω α) και το β) που έχουν διαφορά δυναμικού, τάση ως προς γη. Αυτά είναι κυρίως:

- α) Οι ενεργοί αγωγοί ενός κυκλώματος, δηλαδή οι αγωγοί φάσεων ή ο ουδέτερος και β) η γη, ή γειωμένα αντικείμενα.
- α) Εκτεθειμένα, προσβάσιμα μεταλλικά μέρη, όπως τα μεταλλικά κελόφια συσκευών, π.χ. το χαλύβδινο περίβλημα μιας ηλεκτρικής κουζίνας ή η εστία της, που έχουν βραχυκυκλωθεί με έναν ενεργό αγωγό και β) η γη ή γειωμένα αντικείμενα.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

11

## ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ



$U_1$  = τάση σφάλματος,  $U_2$  = τάση επαφής,  $I_1$  = ρεύμα σφάλματος

12

Ο άνθρωπος ακουμπάει τη φάση και πατάει στη γη. Τότε, **δέχεται** ηλεκτρικό χτύπημα, όταν ο διακόπτης είναι κλειστός. Δε **δέχεται** ηλεκτρικό χτύπημα, όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός.

Όταν ο διακόπτης είναι στον ουδέτερο, αντί να είναι στη φάση, και ο άνθρωπος ακουμπάει στη φάση και πατάει στη γη, **δέχεται** ηλεκτρικό χτύπημα, είτε ο διακόπτης είναι ανοιχτός είτε είναι κλειστός.

Ο άνθρωπος ακουμπάει και φάση και ουδέτερο, **ενώ δεν** πατάει στη γη. Τότε, **δέχεται** ηλεκτρικό χτύπημα, ενώ ο διακόπτης είναι κλειστός. Αυτό συμβαίνει, γιατί η αντίσταση του σώματός του είναι παράλληλη με το φορτίο.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 13

**Το βραχυκύκλωμα εξελίσσεται σε τόξο και το αντίστροφο**

Εικόνα από πειραματική εκτέλεση ηλεκτρικού τόξου σε πίνακα ΜΤ στα εργαστήρια της ABB



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 14

Πεδίο ΜΤ που έχει υποστεί συνέπειες ηλεκτρικού τόξου



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 15

**ΑΙΤΙΑ**

ΕΡΙΓΥΣΜΟΣ  $\geq 50\text{m/s}$  (πυρροακίνητος)

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ**

ΕΚΡΗΞΗ  $20\text{kA} \rightarrow 1000\text{m}^3$  σε 20ms (2000 φορές 20kV Csp)

**ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ**

ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΥΜΑ πυρήνας  $\geq 20.000\text{ }^\circ\text{C}$  (πύλη Fe  $1500\text{ }^\circ\text{C}$ )

ΒΡΟΝΘΗ  $\geq 180\text{db}$  (Τα δεικτάκια που φέρει ο άνθρωπος)

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (Δοσολογία είναι  $2\text{Sv/h}$ )

ΛΑΜΠΗ  $10^6\text{ lux}$  (2000 κ φορές γραμμοφως)

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 16

**Άμεση επαφή**

**Τρόποι προστασίας από άμεση επαφή**

Distance

Insulation

IP2X ou IPXXB

SELV < 25 V

30 mA

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 17

**ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΑΜΕΣΗ ΕΠΑΦΗ**

<p>Προστασία από κάθε επαφή</p> <p>Προστασία με:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Μόνωση</li> <li>Φράγματα</li> <li>Περιβλήματα</li> </ul>	<p>Προστασία από κατά λάθος επαφή</p> <p>Προστασία με:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Εμποδία</li> <li>Απρόσιτη τοποθέτηση</li> </ul>	<p>Συμπληρωματική Προστασία</p> <p>Προστασία με:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Διακόπτη διαφυγής ρεύματος μεγάλης ευαισθησίας (π.χ. &lt;math&gt;30\text{ mA}&lt;/math&gt;)</li> </ul>
--	---	--

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 18

### Τρόποι προστασίας από άμεση επαφή

### Έμμεση επαφή

Αντίσταση ανθρώπινου σώματος  $U_c = Z_T \cdot I_b$

- $Z_c$  εξαρτάται:
  - συχνότητα
  - Τάση επαφής
  - Διαδρομή διαμέσου του ανθ. σώματος
- Ο κίνδυνος εξαρτάται:
  - Ένταση του ρεύματος  $I_b$
  - Χρόνος διέλευσης μέσω του ανθ. σώματος
- Στα 50 Hz, η ευαισθησία είναι στο μέγιστο

Περιορισμός του κινδύνου ηλεκτροπληξίας με γείωση των μεταλλικών μερών των ηλεκτρικών συσκευιών

Χρήση μετασχηματιστή απομόνωσης για προστασία από ηλεκτροπληξία

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

**312.2 Συστήματα σύνδεσης των γειώσεων**

Τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων που χρησιμοποιούνται, σύμφωνα με την παρούσα έκδοση, στα τριφασικά και στα μονοφασικά συστήματα τροφοδότησης περιγράφονται στις παραγράφους 312.2.1 μέχρι 312.2.3. Ο κωδικός που χρησιμοποιείται για τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων είναι ο ακόλουθος:

**Το πρώτο γράμμα** αφορά τη σχέση του συστήματος τροφοδότησης με τη γη.

T = άμεση σύνδεση του ουδέτερου με τη γη.  
 I = όλα τα ενεργά μέρη απομονωμένα από τη γη ή ένα σημείο συνδεδεμένο με τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης σημαντικής τιμής.

**Το δεύτερο γράμμα** αφορά τη σχέση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών της εγκατάστασης προς τη γη:

T = άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών με τη γη, ανεξάρτητα από τη γείωση του ουδέτερου του συστήματος τροφοδότησης.  
 N = άμεση ηλεκτρική σύνδεση των εκτεθειμένων αγώγιμων μερών με τον ουδέτερο του συστήματος τροφοδότησης.

**Τα επόμενα γράμματα** (αν υπάρχουν) αφορούν τη σχέση του ουδέτερου και του αγώγιμου προστασίας.

S = η προστασία εξασφαλίζεται από ιδιαίτερο αγωγό προστασίας διαφορετικό από τον ουδέτερο.  
 C = οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό (αγωγό PEN).

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΕΩΝ

**Πρώτο γράμμα:** Σχέση δικτύου προς τη γη

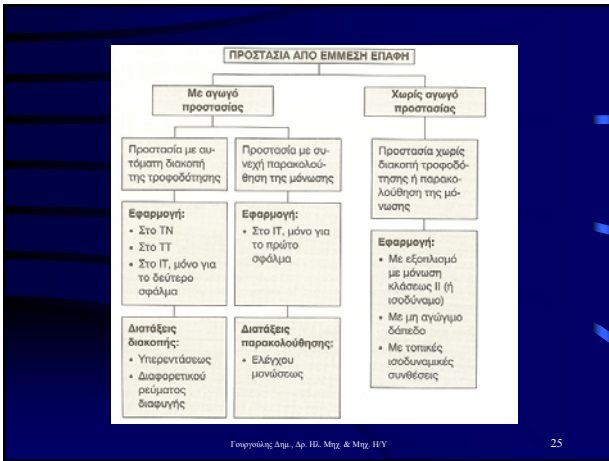
T: απ' ευθείας γείωση  
 I: ενεργοί αγωγοί μονωμένοι προς τη γη, ή γείωση μέσω αντιστάσεως

**Δεύτερο γράμμα:** Σχέση περιβλήματος προς τη γη

T: απ' ευθείας γείωση  
 N: απ' ευθείας σύνδεση του περιβλήματος προς το γειωμένο σημείο (ουδέτερο)

**Τα τρία κύρια συστήματα:**

- TN - «Ουδέτέρωση»
- TT - «Άμεση γείωση»
- IT - «Αγείωτο» σύστημα



### Τεχνική γείωσης

#### TT σύστημα, άμεση γείωση

**Ορισμός**

- Ο ουδέτερος της χαμηλής τάσης του ΜΣ είναι κατευθείαν γειωμένος στο ηλεκτροδίο γείωσης
- Τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης συνδέονται σε ξεχωριστό ηλεκτροδίο γείωσης
- Τεχνική στην Αθήνα και στην Κύπρο

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 26

### Τεχνική γείωσης

#### TT σύστημα, άμεση γείωση

**Χρήση**

- Σε εγκαταστάσεις με περιορισμένη επίβλεψη ή σε εγκαταστάσεις που υπόκεινται μετατροπές

**Διάταξη προστασίας από άμεση επαφή**

- Αυτόματη αποσύνδεση σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης
- Η αποσύνδεση και μέσω ρελέ διαρροής

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 27

### TT system

$$I_f = U_o / (R_n + R_u)$$

$$= 230 / (10 + 10)$$

$$= 11,5 \text{ A}$$

$$U_f = R_u \times I_f$$

$$= 10 \times 11,5$$

$$= 115 \text{ V} > U_c = 50 \text{ V}$$

Η σύνθετη αντίσταση του δρόμου σφάλματος προς γη αποτελείται από τον άξονα των δύο ηλεκτροδίων (δηλαδή το ηλεκτροδίο γείωσης του συστήματος τροφοδοσίας και ηλεκτρικής εγκατάστασης) εν όψει έτσι ώστε να μην είναι τουλάχιστον πρόβλεπτος προς γη ένα γινόμενο πολύ μικρό για να θέσει σε λειτουργία ηλεκτρονικούς υπερρεύματος ή ασφάλειας και η χρήση του ρελέ διαρροής είναι απαραίτητη.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 28

### TT σύστημα, άμεση γείωση

η αυτόματη διακοπή για εγκατάσταση γεωμένη με TT γίνεται από ένα RCD ευαισθησίας  $I_{\Delta n} \leq U_o / R_s = 50V / R_s$ , όπου  $R_s$  = αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης της εγκατάστασης. \*25V σε ορισμένες περιπτώσεις.

$$I_f = U_o / (R_n + R_u)$$

$$= 230 / (20 + 10)$$

$$= 7,7 \text{ A}$$

$$U_f = R_u \times I_f$$

$$= 20 \times 7,7$$

$$= 154 \text{ V} > U_c = 50 \text{ V}$$

Η αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης ουδέτερου μιας εγκατάστασης  $R_n$  είναι 10Ω. Η αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης της εγκατάστασης  $R_u$  είναι 20Ω. Το ρεύμα σφάλματος γης είναι  $I_d = 7,7 \text{ A}$ . Η τάση επαφής θα είναι  $U_c = I_d R_s = 154 \text{ V}$  και επαρκής επάνδυνση.  $I_{\Delta n} = 50/20 = 2,5 \text{ A}$  έτσι ώστε ένα RCD για 300mA θα λειτουργεί στα 30ms για να εξαλείψει μια επικίνδυνη κατάσταση, στην οποία μια τόσο επαφή 50V ή μεγαλύτερη εμφανίζεται σε ένα εκτεθειμένο αγώγιο μέρος.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 29

### ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

Αρχή λειτουργίας του ρεύματος εισόδου με SFJ

- $I_e$  = Ρεύμα διαρροής προς γη
- $I_r$  = Ρεύμα διαύλου ουδεύσεως

Κουμπί αντιστάσεις ελέγχου δοκιμής

Πηνίο αποσύνδεσης καταπόνησης

συσκευή

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 30

## ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

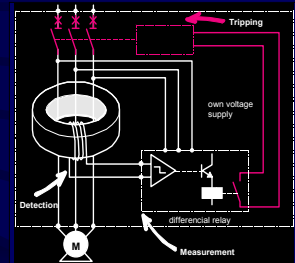


Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

31

## Ηλεκτρονικός διακόπτης διαρροής

- Residual Current Devices (electronic)
- Ανίχνευση
- Μέτρηση
- Tripping



## ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

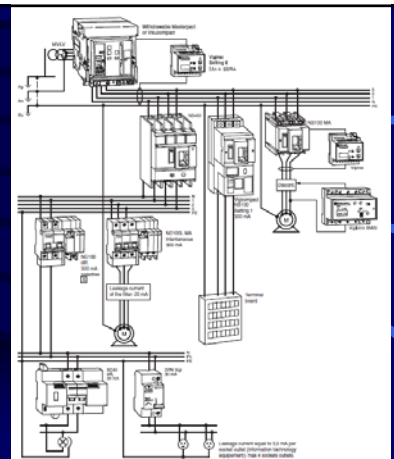
- κυκλώματα πριζών για ονομαστικά ρεύματα <math><32\text{A}</math> σε οποιαδήποτε τοποθεσία,
- κυκλώματα πριζών σε υγρά τοποθεσίες με οποιαδήποτε ονομαστικό ρεύμα,
- κυκλώματα πριζών σε προσωρινές εγκαταστάσεις,
- κυκλώματα που τροφοδοτούν δωμάτια πλυντηρίων και πλυνές<sup>1)</sup>,
- κυκλώματα παροχής σε εργοτάξια, τροχόσπιτα, σκάφη αναψυχής, και πανηγύρια. Αυτή η προστασία μπορεί να είναι για ατομικά κυκλώματα ή για ομάδες κυκλωμάτων,
- συνιστάται ιδιαίτερα για κυκλώματα πριζών >math>20\text{A}</math> (υποχρεωτική αν αναμένεται να τροφοδοτήσουν φορτίο εξοπλισμό για εξωτερική χρήση),
- σε ορισμένες χώρες, αυτή η προδιαγραφή είναι υποχρεωτική για όλα τα κυκλώματα πριζών με ονομαστικό ρεύμα <math><32\text{A}</math>.

Προσοχή στην επιλεκτικότητα των ΔΔΕ

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

33

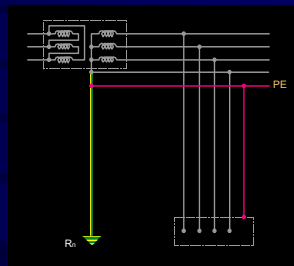
TT system



## Τεχνική γείωσης TN σύστημα, ουδέτερωση

### Ορισμός

- Ο ουδέτερος της χαμηλής τάσης του ΜΣ είναι κατευθείαν γειωμένος στο ηλεκτρόδιο γείωσης
- Τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης συνδέονται στον PE και ο οποίος συνδέεται στο ίδιο ηλεκτρόδιο γείωσης



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

35

## Τεχνική γείωσης TN-C σύστημα

### Ορισμός

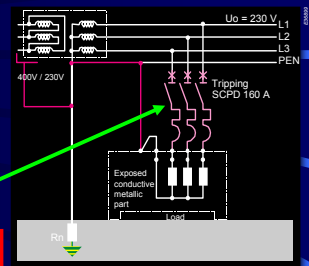
- PEN = αγωγός γείωσης και ουδέτερος
- Μπορεί οι PEN να γειωθεί και σε άλλο σημείο
- Προστασία του PEN  $SP_{PEN} = S_{PEN}$
- ο PEN δεν πρέπει να αποσυνδεθεί

### Διάταξη προστασίας από άμεση επαφή

- Αυτόματη αποσύνδεση σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης
- Η αποσύνδεση μέσω διακοπών ή ασφαλειών
- Ρελέ διαρροής δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί διότι είναι σαν να έχουμε βραχυκύκλωμα φάσης ουδέτερου

### Συνέχεια παροχής ισχύος

- Το ρεύμα σφάλματος μόνωσης δεν περιορίζεται από την αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης και υπάρχει ο κίνδυνος φωτιάς



### Πυροπροστασία

- Απαγορεύεται σε χώρους με κίνδυνο φωτιάς ή έκρηξης

### TN-C σύστημα

η αρχή της διατάξης γείωσης είναι να εξασφαλιστεί ότι ρεύμα αβόηματος γής θα είναι επαρκές για να λειτουργήσουν οι συσκευές προστασίας υπερτάσεως (άμηση αβόησης, ηλεκτρονόμοι υπερτάσεως και ασφαλείες) έτσι ώστε:

$$I_a \leq U_0/Z_s \text{ ή } 0.8U_0/Z_s$$

η τάση επαφής είναι  $U_0 = 230/2 = 115V$  και επομένως είναι επικίνδυνη. Η συνολική αντίσταση  $Z_s$  του δρόμου είναι ίση με:  $Z_s = Z_{sc} + Z_{se} + Z_{be} + Z_{pe}$ . Αν οι  $Z_{sc}$  και  $Z_{se}$  είναι μεγαλύτερες, τότε:  $Z_s = 2\rho_{sl}/S = 64.3\text{m}\Omega$ , έτσι ώστε  $I_d = 230/64.3 = 3.576A$  ( $\approx 22h$  με βάση ένα διακόπτη 160A). Η ρύθμιση του μαγνητικού στοιχείου του διακόπτη για στιγμιαία αβόηση είναι πολλές φορές μικρότερη από αυτήν την τιμή, έτσι ώστε εξασφαλίζεται η άμεση αβόηση στο μικρότερο δυνατό διάστημα.

παράδειγμα

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 37

### Τεχνική γείωσης TN-S σύστημα

**Ορισμός**

- Το σύστημα που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα
- Ο αγωγός PE και ο ουδέτερος είναι ξεχωριστοί αγωγοί
- Ο ουδέτερος δεν πρέπει να ξαναγειωθεί
- Η διάταξη TN-S είναι υποχρεωτική για κυκλώματα με διατομή μικρότερη από 10mm<sup>2</sup> για χαλκό και 16mm<sup>2</sup> για αλουμίνιο

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 38

### Τεχνική γείωσης TN-S σύστημα

- PE ξεχωριστός από τον ουδέτερο
- Προστασία ουδέτερου  $S_N = S_{Ph}$ 
  - αποσύνδεση χωρίς προστασία  $S_N < S_{Ph}$
  - αποσύνδεση με προστασία με χρήση είτε τετραπολικού διακόπτη ή ρελέ διαρροής
- Διάταξη προστασίας από άμεση επαφή**
  - Αυτόματη αποσύνδεση σε περίπτωση σφάλματος μόνωσης
  - Η αποσύνδεση μέσω διακοπών ή ασφαλειών
  - Ρελέ διαρροής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιπρόσθετο μέσο προστασίας
- Συνέχεια παροχής ισχύος**
  - Το ρεύμα σφαλμάτων μόνωσης δεν περιορίζεται από την αντίσταση του ηλεκτροδίου γείωσης και υπάρχει ο κίνδυνος φωτιάς
- Χρήση**
  - Συστήνεται για εγκαταστάσεις με υψηλό επίπεδο επιβλεψής
  - Δεν χρειάζονται ρελέ διαρροής αλλά παρέχουν πρόσθετη ασφάλεια

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 40

### Τεχνική γείωσης TN-C-S σύστημα

**Ορισμός**

- Σε ένα TN σύστημα έχουμε:
  - Το πρώτο τμήμα είναι TN-C (με PEN)
  - Το τελευταίο τμήμα είναι TN-S (με PE και N)
- Από τη στιγμή που θα χωριστεί ο PEN απαγορεύεται να ξαναγειωθεί.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 40

### Suitable device with TN

The circuit breakers also provide overload protection for all the Low Voltage Earthing Systems.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 40

### Τεχνική γείωσης IT σύστημα

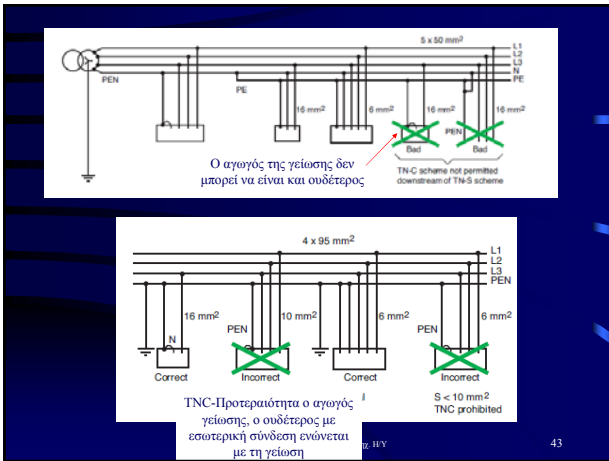
**Ορισμός**

- Ο ουδέτερος της χαμηλής τάσης του ΜΣ δεν είναι γειωμένος σε ηλεκτρόδιο γείωσης
- Τα μεταλλικά μέρη της εγκατάστασης συνδέονται σε ξεχωριστό ηλεκτρόδιο γείωσης
- Το σφάλμα είναι μικρό εξαιτίας των χωρητικοτήτων ανάμεσα στους αγωγούς που φέρνουν ρεύμα και τα εκτεθειμένα αγωγιμα μέρη
- Είναι απαραίτητη η χρήση μιας συσκευής επιβλεψής της μόνωσης

**Χρήση**

- Η πιο καλή μέθοδος αλλά χρειάζεται μελέτη σε λεπτομέρεια, αντοχή σε υπερτάσεις, προσωπικά να εξολοκίσει το πρώτο σφάλμα
- Εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις μεγάλης μήκους

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 42



**Προστασία από φωτιά**

- TT, IT το ρεύμα σφάλματος μόνωσης μικρό άρα και ο κίνδυνος φωτιάς
- TN το ρεύμα σφάλματος μόνωσης μεγάλο άρα και ο κίνδυνος φωτιάς, εκτός αν περιλαμβάνονται ρελέ διαρροής (TN-S)

ΚΥΚΛΩΜΑ	3 Ph + N				3 Ph			Ph + N		2 Ph	
	Ph	Ph	Ph	N	Ph	Ph	N	Ph	N	Ph	Ph
ΣΥΣΤΗΜΑ	S <sub>ph</sub> = S <sub>ph</sub>				S <sub>ph</sub> < S <sub>ph</sub>						
ΓΕΙΩΣΗΣ	Ph	Ph	Ph	N	Ph	Ph	N	Ph	N	Ph	Ph
TN-C	P	P	P	-	P	P	P	-	-	P	P
TN-S	P	P	P	-	P	P	P	P <sup>1/2</sup>	P	P	P
TT	P	P	P	-	P	P	P	P <sup>2/3</sup>	P	-	P
IT	P	P	P	P <sup>1/3</sup>	P	P	P	P <sup>1/3</sup>	P	P <sup>1/3</sup>	P

P Σημνίζει ότι πρέπει να προβλεφθεί η τοποθέτηση διατάξης προστασίας στον αγωγό

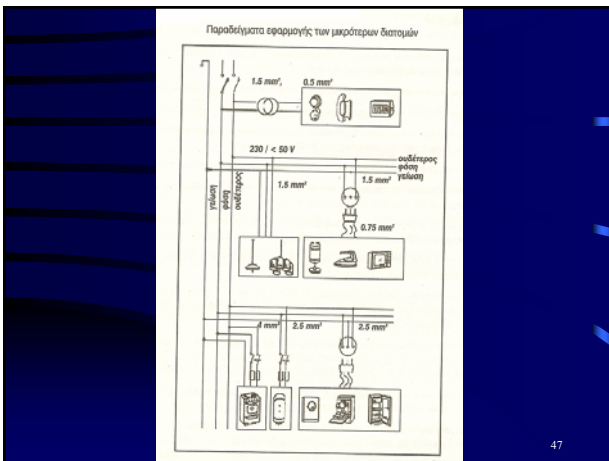
- Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις βιομηχανικών χώρων, σχετίζονται με τη διαχείριση και τον έλεγχο της ηλεκτρικής ισχύος που απορροφούν τα διάφορα ηλεκτρικά φορτία (ηλεκτρικές συσκευές) του βιομηχανικού χώρου και περιλαμβάνουν:
  - Τις εγκαταστάσεις κίνησης, που αφορούν την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, τον έλεγχο και την προστασία ηλεκτρικών κινητήριων, που υπάρχουν σε διάφορες μηχανές παραγωγής έργου.
  - Τις εγκαταστάσεις φωτισμού, που αφορούν την τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, τον έλεγχο και την προστασία φωτιστικών κυκλωμάτων.
- Τα κυκλώματα των γραμμών τροφοδοσίας των διάφορων ηλεκτρικών φορτίων της εγκατάστασης, ξεκινούν από τους Πίνακες Κίνησης (για τα φορτία κίνησης) και Φωτισμού (για τα φορτία φωτισμού). Η τροφοδοσία του Πίνακα Φωτισμού γίνεται από τον Πίνακα Κίνησης, ενώ του Πίνακα Κίνησης από το Γενικό Πίνακα της βιομηχανικής εγκατάστασης.
- Η επιλογή της διατομής των αγωγών των γραμμών τροφοδοσίας των ηλεκτρικών φορτίων κίνησης και φωτισμού, γίνεται με τη βοήθεια Πινάκων που δίνουν στοιχεία για διατομές αγωγών και μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα.
  - Πριν την επιλογή της διατομής από τους Πίνακες, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του ρεύματος που απορροφά το ηλεκτρικό φορτίο. Αυτός ο υπολογισμός γίνεται με βάση την ηλεκτρική πραγματική ισχύ, την τάση λειτουργίας και το συντελεστή ισχύος του φορτίου.
  - Επίσης πριν την τελική επιλογή της διατομής, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος επιπρεπής πτώσης τάσης στη γραμμή τροφοδοσίας, η οποία για την κίνηση είναι μέχρι 3% και για το φωτισμό μέχρι 1%.

**Η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή για γραμμές κίνησης είναι 2,5 mm<sup>2</sup>, ενώ για γραμμές φωτισμού είναι 1,5 mm<sup>2</sup>.**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 52 Ζ**  
Ελάχιστες διατομές αγωγών

Είδος ηλεκτρικής γραμμής	Χρήση του κυκλώματος	Αγωγοί	
		Υλικό	Διατομή mm <sup>2</sup>
Μόνιμες εγκαταστάσεις	Μονομενείς αγωγοί ή καλώδια	Κυκλώματα ισχύος και κυκλώματα φωτισμού	Χαλκός 1,5 Αλουμίνιο 16 <sup>(1)</sup>
		Κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης	Χαλκός 0,50 <sup>(2)</sup>
	Γυμνοί αγωγοί	Κυκλώματα ισχύος	Χαλκός 10 Αλουμίνιο 16
		Κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης	Χαλκός 4
Εύκαμπτες συνδέσεις	Μονομενείς αγωγοί ή καλώδια	Τροφοδοσία συγκεκριμένης συσκευής	Χαλκός Σύμφωνα με το αντίστοιχο Πρότυπο
		Όποιαδήποτε άλλη χρήση	Χαλκός 0,75 <sup>(2)</sup>
		Κυκλώματα πολύ χαμηλής τάσης για ειδικές εφαρμογές	Χαλκός 0,75

Σημειώσεις: 1. Οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται για τους αγωγούς αλουμινίου πρέπει να έχουν δοκιμασθεί και να είναι εγκεκριμένες για αυτή τη χρήση.  
2. Για κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης που προορίζονται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό επιτρέπονται αγωγοί διατομής 0,1 mm<sup>2</sup>.  
3. Σε πολυπολικά καλώδια με 7 ή περισσότερους από 7 αγωγούς, εφαρμόζεται η σημείωση 2.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 54 Α**  
Ελάχιστες διατομές αγωγών γείωσης θαμμένων στο έδαφος

	Με μηχανική προστασία	Χωρίς μηχανική προστασία
Με προστασία έναντι διάβρωσης *	Σύμφωνα με το άρθρο 543.1	16 mm <sup>2</sup> Χαλκός 16 mm <sup>2</sup> Γαλβανισμένος χάλυβας
Χωρίς προστασία έναντι διάβρωσης		25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Fe

\* Η προστασία έναντι διάβρωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός μονώδου



**Επιλογή του τρόπου εγκατάστασης των ηλεκτρικών γραμμών, ανάλογα με το είδος των χρησιμοποιούμενων αγωγών και καλωδίων**

Αγωγοί και καλώδια	Τρόπος εγκατάστασης					
	Χωρίς στερέωση	Απευθείας στερέωση	Μέσα σε σωλήνα ή οχέτο ή κανάλι	Πάνω σε φορέα καλωδίων ή βραχιόνες ή εσχάρες καλωδίων	Σε μονωτήρες	Με φέρον σύρμα
Γυμνοί αγωγοί	-	-	-	-	+	-
Μονωμένοι αγωγοί	-	-	+	-	+	-
Καλώδια με μανδύα (1)	Πολύ-πολικά	+	+	+	0	+
	Μονο-πολικά	0	+	+	+	0

+ : Επιτρέπεται  
 - : Δεν επιτρέπεται  
 0 : Δεν έχει εφαρμογή ή δεν χρησιμοποιείται συνήθως στην πράξη

(1) : Περιλαμβάνονται και τα σπλισμένα καλώδια

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 49

**ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Β  
Επιλογή του τρόπου εγκατάστασης των ηλεκτρικών γραμμών, ανάλογα με τη θέση**

Θέσεις	Τρόπος εγκατάστασης							
	Χωρίς στερέωση	Απευθείας στερέωση	Μέσα σε σωλήνα	Μέσα σε οχέτο	Μέσα σε κανάλι	Πάνω σε φορέα καλωδίων ή βραχιόνες ή εσχάρες καλωδίων	Σε μονωτήρες	Με φέρον σύρμα
Καλιέργιες του κτηρίου	+	0	+	-	+	+	-	-
Αυλάκια καλωδίων	+	+	+	+	+	+	-	-
Θαμμένα στο έδαφος	+	0	+	-	+	0	-	-
Χωριστά, ενσωματωμένα στην κατασκευή	+	+	+	+	+	0	-	-
Ορατά	-	+	+	+	+	+	+	+
Ενέδρια	-	-	0	0	-	+	+	+

+ : Επιτρέπεται  
 - : Δεν επιτρέπεται  
 0 : Δεν έχει εφαρμογή ή δεν χρησιμοποιείται συνήθως στην πράξη

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 50

Όλα τα ηλεκτρικά φορτία μιας βιομηχανικής εγκατάστασης πρέπει να προστατεύονται από υπερφορτιστικές και βραχυκυκλώματα. Έτσι οι διατάξεις προστασίας και ελέγχου θα πρέπει να παρέχουν αυτή τη δυνατότητα.

- Η επιλογή των διατάξεων αυτών, όπως ασφάλειες τήξης ή μαχαίριτες ασφάλειες, διακόπτες φορτίου, αυτόματοι διακόπτες ισχύος, ρελέ ισχύος, θερμικά, κ.λπ. γίνεται από Πίνακες κατασκευαστών που δίνουν τυποποιημένα μεγέθη αυτών των στοιχείων.
- Οι ασφάλειες θα πρέπει να είναι ονομαστικού ρεύματος το πολύ ίσο με το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας, ή το μέγιστο απορροφούμενο ρεύμα του ηλεκτρικού φορτίου.
- Οι διακόπτες θα πρέπει να διακόπτουν τουλάχιστο το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας, ή το μέγιστο απορροφούμενο ρεύμα του ηλεκτρικού φορτίου.

Η ιδιαίτερη ορισμένων ηλεκτρικών φορτίων μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, όπως οι ηλεκτρικοί κινητήρες, να απαιτούν μεγάλο ρεύμα κατά την εκκίνηση τους, αντιμετωπίζεται με διάφορες διατάξεις, ανάλογα με την ισχύ τους, όπως με τη συνδυασολογία αστέρα - τριγώνου, με ομοιούς εκκινητές (soft starters), κ.λπ. Επίσης η ρύθμιση στροφών των ηλεκτρικών κινητήρων, που απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές γίνεται με διάφορες μεθόδους με πιο αποτελεσματική αυτή με τη χρήση των ανορθωτών για τους κινητήρες Σίναους Ρεύματος και των Inverters για τους κινητήρες Έναλλασσόμενου Ρεύματος.

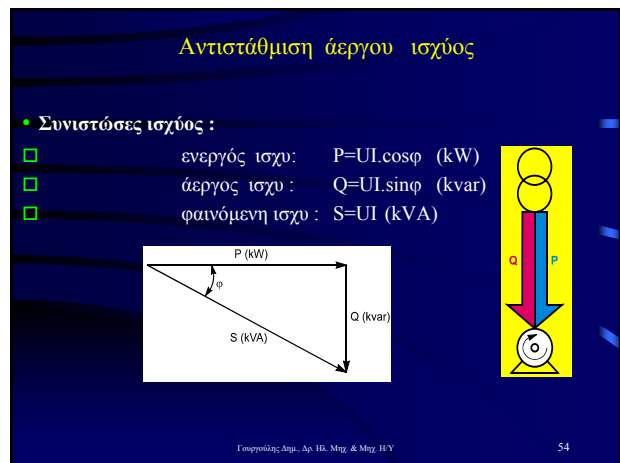
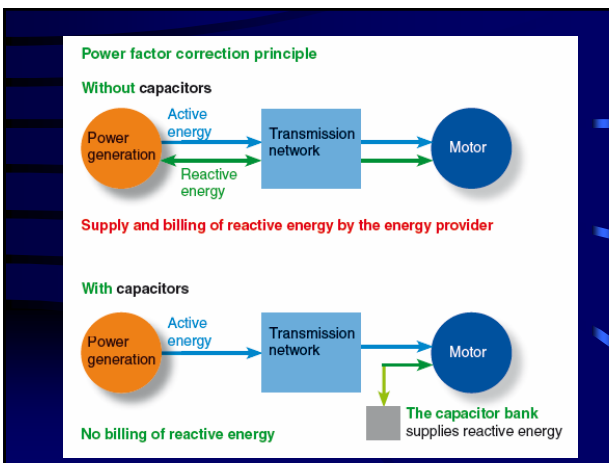
Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 51

Η απορρόφηση άεργου ισχύος, από πολλά ηλεκτρικά φορτία μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, όπως οι ηλεκτρικοί κινητήρες, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του απορροφούμενου ρεύματος της εγκατάστασης με συνέπεια και την αύξηση των απωλειών ενέργειας λόγω των ωμικών αντιστάσεων των γραμμών.

Το ποσό της απορροφούμενης άεργου ισχύος σχετίζεται με το συντελεστή ισχύος των φορτίων αυτών. Έτσι, όσο ο συντελεστής ισχύος αυτών των φορτίων, και επομένως της βιομηχανικής εγκατάστασης πλησιάζει τη μονάδα τόσο ελαττώνεται η απορροφούμενη άεργου ισχύς, οπότε και το απορροφούμενο ρεύμα και επομένως οι απώλειες ενέργειας ελαττώνονται.

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος ή διαφορετικά η αντιστάθμιση άεργου ισχύος, επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό κατάλληλων πυκνωτών, που συνδέονται παράλληλα με τα επιμέρους φορτία (τοπική αντιστάθμιση) ή παράλληλα με όλη την εγκατάσταση (κεντρική αντιστάθμιση).

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 52



### Αντιστάθμιση άεργου ισχύος

Οι πυκνωτές προσφέρουν άεργο ισχύ σε επαγωγικά φορτία

$Q_c = P (\tan\phi_2 - \tan\phi_1)$

$\tan\phi_2 = \text{αρχική γωνία}$      $\tan\phi_1 = \text{τελική γωνία}$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ 55

### Αντιστάθμιση άεργου ισχύος

Ιδανικότερος τρόπος μέσω μέτρησης των καταναλώσεων

$$\cos\phi = \frac{W}{\sqrt{W^2 + A^2}} = \text{μηνιαίος} \rightarrow \cos\phi$$

$W = \text{kWh/Μήνα}$      $A = \text{kvarh/Μήνα}$

$$\tan\phi_2 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\phi_2}}{\cos^2\phi_2}$$

$\tan\phi_2 = \text{τελική γωνία}$

$$Q_c = \frac{A - W \tan\phi_2}{t}$$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ 56

Εργοστάσιο λειτουργεί με δύο βάρδιες και 25 ημέρες εργασίας το μήνα. Από ενδείξεις ενός μινός (λογαριασμός ΔΕΗ) έχουμε:

Ενέργεια:  $W = 158.980 \text{ kWh}$   
 άεργος ενέργεια:  $A = 132.287 \text{ kvarh}$ .

Ο συντελεστής ισχύος είναι:

$$\cos\phi_1 = \frac{158.980}{\sqrt{158.980^2 + 132.287^2}} = 0,769.$$

Αν θέλουμε διόρθωση μέχρι  $\cos\phi_2 = 0,9$  έχουμε:

$$\tan\phi_2 = \frac{\sqrt{1 - 0,9^2}}{0,9} = 0,484.$$

Χρειάζομαστε πυκνωτές ισχύος:

$$Q_c = \frac{132.287 - 158.980 \times 0,484}{16 \times 25} = 138,3 \text{ kvar.}$$

Διαλέγουμε ένα τυποποιημένο μέγεθος, π.χ. 150 kvar με πέντε βήματα. Η κεντρική αντιτάμμιση κρατά το συντελεστή ισχύος μέσα σε ορισμένα όρια και περιέχει τα εξής:

- μονάδα έλεγχου με μετασηματιστές έντασης και τάσης,
- πυκνωτές 3 ή 4 ανά φάση,
- ειδικά ρελάι που συνδέουν και αποσυνδέουν τους πυκνωτές,
- ασφάλειες,
- αντιτάσεις γείωσης (εκκένωσης). Οι αντιτάσεις μπορεί να είναι μόνιμα συνδεδεμένες ή να συνδέονται μετά την απόσυρση των πυκνωτών. Αρκεί γι' αυτό μία χρονική σταθερά  $T = R \cdot C = 1 - 6 \text{ sec.}$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ 57

Γενικά για τον υπολογισμό της συνολικής αντιτάμμισης για την βελτίωση του  $\cos\phi$  από 0,8 σε 0,93 :

$$Q = 0,355 \times P \text{ (kW)}$$

Ωστόσο όμως υπάρχουν και κάποιοι πίνακες οι οποίοι μας βοηθούν να υπολογίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την απαιτούμενη αντιτάμμιση

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ 58

Συνολική ισχύς 666 kVA  
 $\cos\phi = 0,75$   
 $P = 666 \times 0,75 = 500 \text{ kW}$   
 Νέο  $\cos\phi = 0,93$   
 Συντελεστής αντιτάμμισης 0,487 kVar / kW  
 Τελική αντιτάμμιση  $Q = 500 \times 0,487 = 244 \text{ kVar}$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ 59

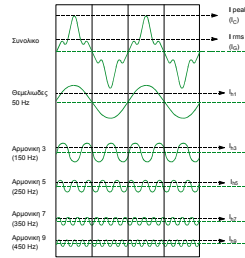
- Αρμονικές και οι συνεπειές τους
- Μέτρηση αρμονικών
- Περιορισμός αρμονικών

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ 60

### Ένα παραμορφωμένο σήμα είναι άθροισμα...

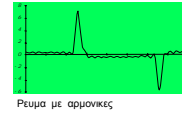
- της θεμελιώδους συνιστώσας
- των αρμονικών συνιστωσών που αποτελούν ακέραια πολλαπλασια της θεμελιώδους

**Το παραμορφωμένο ρεύμα/ τάση υποβαθμίζει την ποιότητα ισχύος της εγκατάστασης**



Οι αρμονικές προκύπτουν από την ολοένα αυξανόμενη χρήση μη - γραμμικών φορτίων

- Η κυματομορφή του ρεύματος "αλλοιώνεται" από την ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων
- Τα ηλεκτρονικά ισχύος με τις εφαρμογές τους εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς δραστηριότητας**

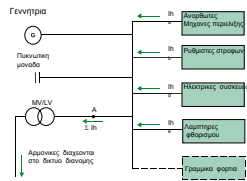


- βιομηχανία:** Μηχανές περιέλιξης, ρυθμιστές στροφών ...
- εμπορικά κέντρα/ επαγγελματικοί χώροι:** PCs, φωτιστικά μηχανήματα, φαξ, UPSs, ...
- σπίτι:** Τηλεόραση, φούρνος, μικροκυμάτων, λαμπτήρες φθορισμού ...



### Η ρόη αρμονικών ρευμάτων προκαλεί αρμονικές τάσεις στο κύκλωμα

- Οι αρμονικές τάσεις είναι το αποτέλεσμα των αρμονικών ρευμάτων και της σύνθετης αντίστασης της τροφοδοσίας
- Οι αρμονικές διαχέονται στο κύκλωμα διανομής



### Οι αρμονικές δημιουργούν αρκετά προβλήματα ...

... εμφανίζουν

- υπερφορτίσεις στο δίκτυο διανομής λόγω αύξησης της τιμής του ενεργού ρεύματος
- πρόσθετες απώλειες και καταπόνηση των συσκευών
- διαταραχές στα δίκτυα επικοινωνίας / τηλεφωνίας

έχουν σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο

- πρόσθετο κόστος εξοπλισμού (πρώιμη αντικατάσταση, υπερδιαστασιολόγηση)
- υψηλό κόστος ενέργειας
- πρόσθετο κόστος στην παραγωγικότητα (ανεπιθύμητες διακοπές)



### Δύο λόγοι για ανάλυση του δικτύου διανομής

- 1/ προληπτικό μέτρο**
- σωστή μελέτη της εγκατάστασης (φορτία - πηγές)
- 2/ διορθωτικό μέτρο**
- προσδιορισμός της πηγής όχλησης
- σωστή αντιστοιχία εφαρμογής - επιθυμητό αποτέλεσμα

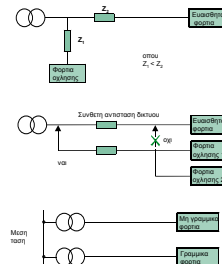
**Μεθοδολογία:**

- μετρήσεις τάσης - ρεύματος πρέπει να πραγματοποιηθούν:
- στην πηγή τροφοδοσίας
- στους ζυγούς εισόδου των κυρίων πινάκων διανομής
- στους ζυγούς εξόδου των κυρίων πινάκων διανομής



### Διαμόρφωση των εγκαταστάσεων για τον περιορισμό των αρμονικών

- τοποθέτηση των φορτίων «όχλησης»\* ανάντι
- ομαδοποίηση των φορτίων «όχλησης»\*
- διαχωρισμός των πηγών τροφοδοσίας



\* Μη γραμμικά φορτία