

Εξελιγμένα δίκτυα συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας
(4^η ενότητα)

Υλοποίηση προστασίας μικροδικτύου

Παναγής Βοβός - Επίκ. Καθηγητής

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών

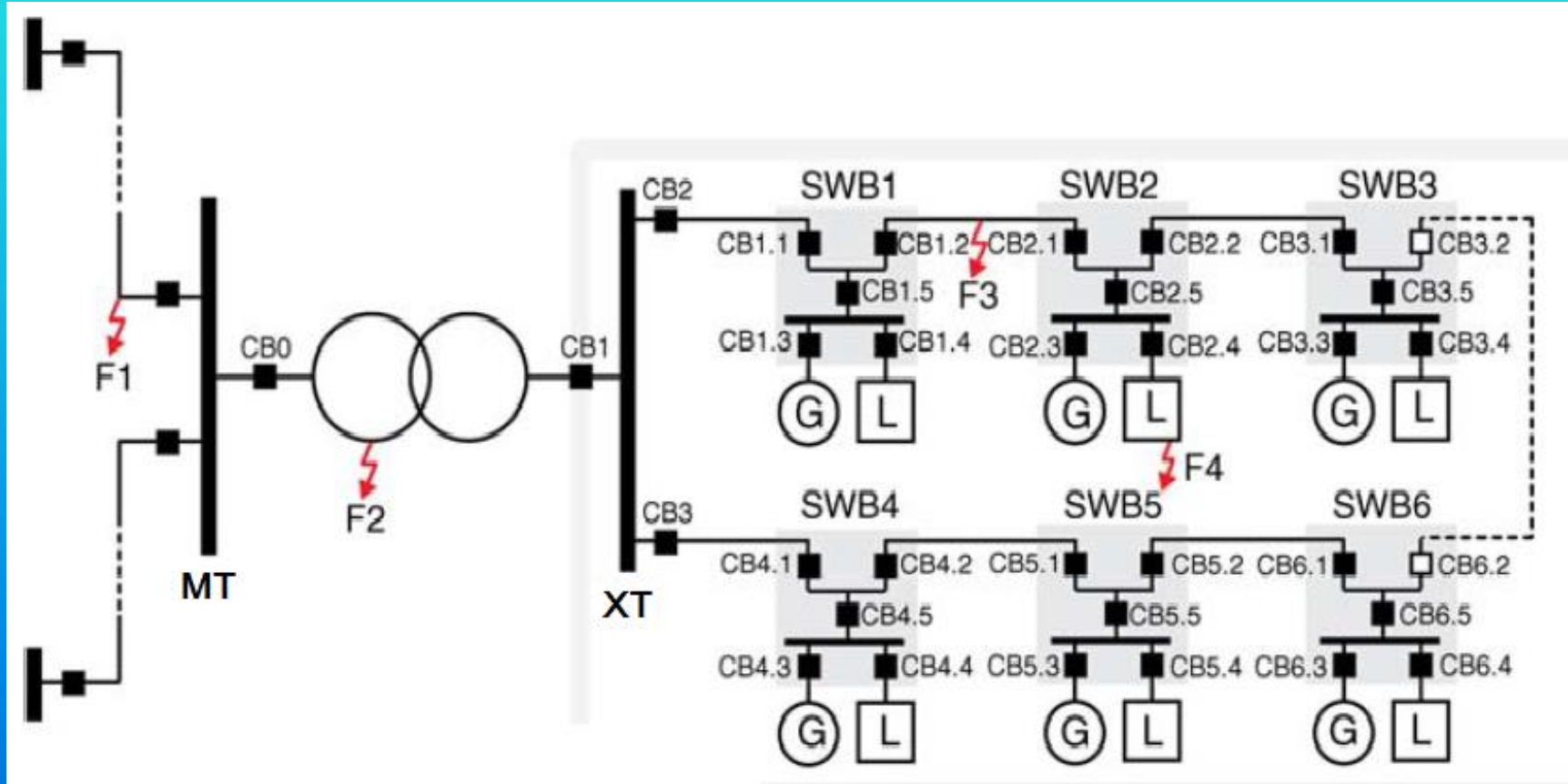
Πανεπιστήμιο Πατρών

- Η προστασία του μικροδίκτυου δεν μπορεί να βασιστεί στην παραδοσιακή προστασία των δικτύων ΧΤ με ασφάλειες: π.χ. στην αυτόνομη λειτουργία δεν έχει μεγάλα ρεύματα βραχυκυκλώματος.
- Πρέπει να ληφθούν υπόψη:
 1. οι απαιτούμενες ταχύτητες προστασίας για διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας και μορφολογίες δικτύου
 2. εάν βρίσκεται σε συνδεδεμένη ή αυτόνομη λειτουργία.
- Οι βασικοί λόγοι για γρήγορη προστασία του μικροδίκτυου είναι:
 1. Η ευστάθεια. Απαιτείται κατά τη μετάβαση από τη διασυνδεδεμένη στην αυτόνομη λειτουργία και κατά την αυτόνομη λειτουργία μετά από βραχυκυκλώματα.
 2. Η ευαισθησία των φορτίων και των μικροπηγών (π.χ. VSI των Φ/Β). Δεν δέχονται διαταραχές τάσης/συχνότητας και βραχυχρόνιες διακοπές τροφοδοσίας (δείτε προηγούμενη διάλεξη).

Αυτόνομη λειτουργία και προστασία μικροδικτύου

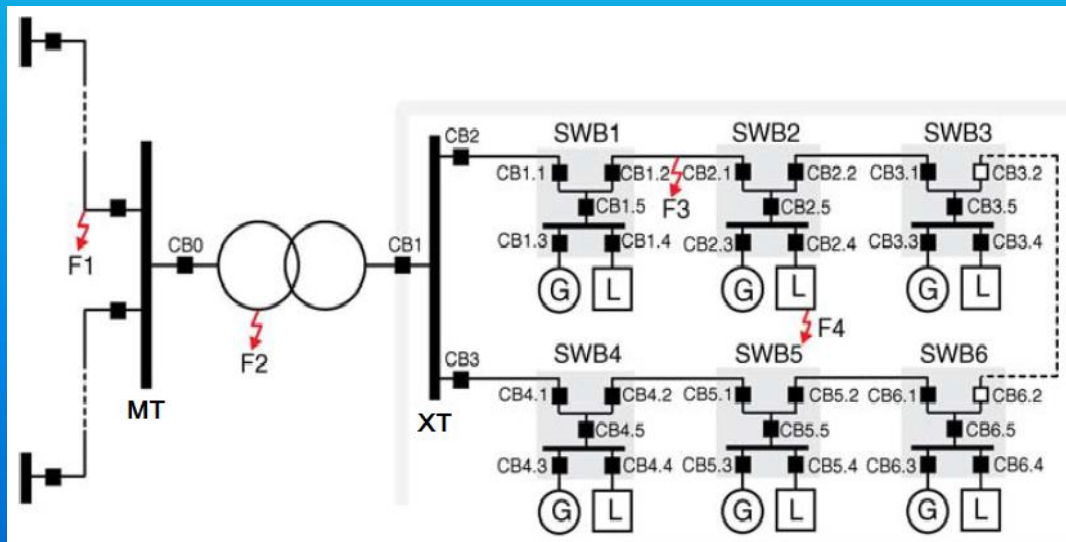
- Το μικροδίκτυο «αυτονομείται» όταν υπάρχει διαταραχή στο κυρίως δίκτυο.
- Για να εξασφαλισθεί η ευσταθής λειτουργία πρέπει:
 - i. Να καθοριστεί η χρονική στιγμή νησιδοποίησης μετά από κάποιο σφάλμα.
 - ii. Το αυτόνομο μικροδίκτυο να διαιρεθεί σε κατάλληλες ζώνες, ώστε να παρέχεται σε αυτές επαρκώς συντονισμένη προστασία.
- Κατά τη διάρκεια βραχυκυκλωμάτων πρέπει η απόκριση των VSIs που συνδέουν μικροπαραγωγές να συνεργάζεται με το σύστημα προστασίας.
- Και από την πλευρά που δικτύου όμως απαιτείται η ανάπτυξη «κωδίκων» (grid code) για τις προδιαγραφές μετάβασης στην αυτόνομη λειτουργία.
- Η απαιτούμενη ταχύτητα προστασίας σχετίζεται με:
 - 1) Την απαιτούμενη τεχνολογία των διακοπών.
 - 2) Την απαιτούμενη τεχνολογία επικοινωνιών.
 - 3) Το μέγεθος των συσκευών αποθήκευσης ενέργειας («κρατάνε» το δίκτυο τη κρίσιμη περίοδο της διαταραχής).
- Πρέπει να εξασφαλίζεται η γείωσή του μικροδικτύου, γιατί είναι αποσυνδεδεμένο από τον υποσταθμό του κυρίου δικτύου (βλ. παρακάτω σημασία γείωσης).

- Θα εξεταστεί αν τα συστήματα προστασίας δικτύων διανομής μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτά τα θέματα (παρουσία ΔΠ, μικρά ρεύματα σφάλματος κλπ).
- Θεωρούμαι ως πιθανά δύο εξωτερικά (F1,F2) και δύο εσωτερικά (F3,F4) σφάλματα.
- Τα εσωτερικά σφάλματα θα εξεταστούν για διασυνδεδεμένη και αυτόνομη λειτουργία.



Μικροδίκτυο για διευκρίνιση δυσλειτουργιών στην προστασία υπέρεντασης.

- **Συνδεδεμένο μικροδίκτυο με εξωτερικά βραχυκυκλώματα (F1, F2)**
- Για την εκκαθάριση του βραχυκυκλώματος **F1** υπεύθυνο είναι το σύστημα προστασίας MT του κύριου δικτύου. Όμως:
- Σε περίπτωση αποτυχίας του συστήματος προστασίας της MT πρέπει να γίνει η αποσύνδεση του μικροδίκτυου με τον CB1.
- Αν στο μικροδίκτυο υπάρχουν ευαίσθητα φορτία, ο CB1 πρέπει να ανοίξει σε περίπου 50 ms (εξαρτάται από το μέγεθος της βύθισης τάσης, βλ. προηγ. ενότητα).

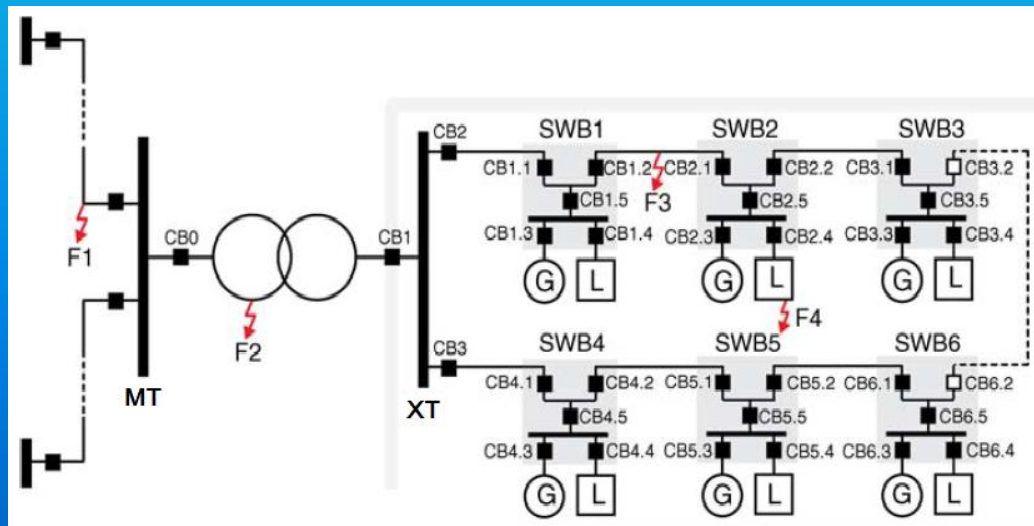


Όμως η ανακάλυψη του F1 από τον ηλεκτρονόμο υπέρεντασης του CB1 είναι προβληματική, αν υπάρχουν ΔΠ που τροφοδοτούν στο βραχυκύκλωμα ρεύμα ίσο με $(1.1 \text{ έως } 1.2) \cdot I_N$ (I_N είναι το ονομαστικό τους ρεύμα).

- Για να μπορέσουμε να αυξήσουμε την ευαισθησία (μικρότερο επίπεδο επιλογής) χρησιμοποιούμε προστασία κατεύθυνσης-υπέρεντασης.
- Σε αυτήν την περίπτωση προσδιορίζουμε το επίπεδο επιλογής από το ρεύμα που συνεισφέρει στο βραχυκύκλωμα ένα υποσύνολο των ΔΠ προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση και δίνεται από την εξίσωση:

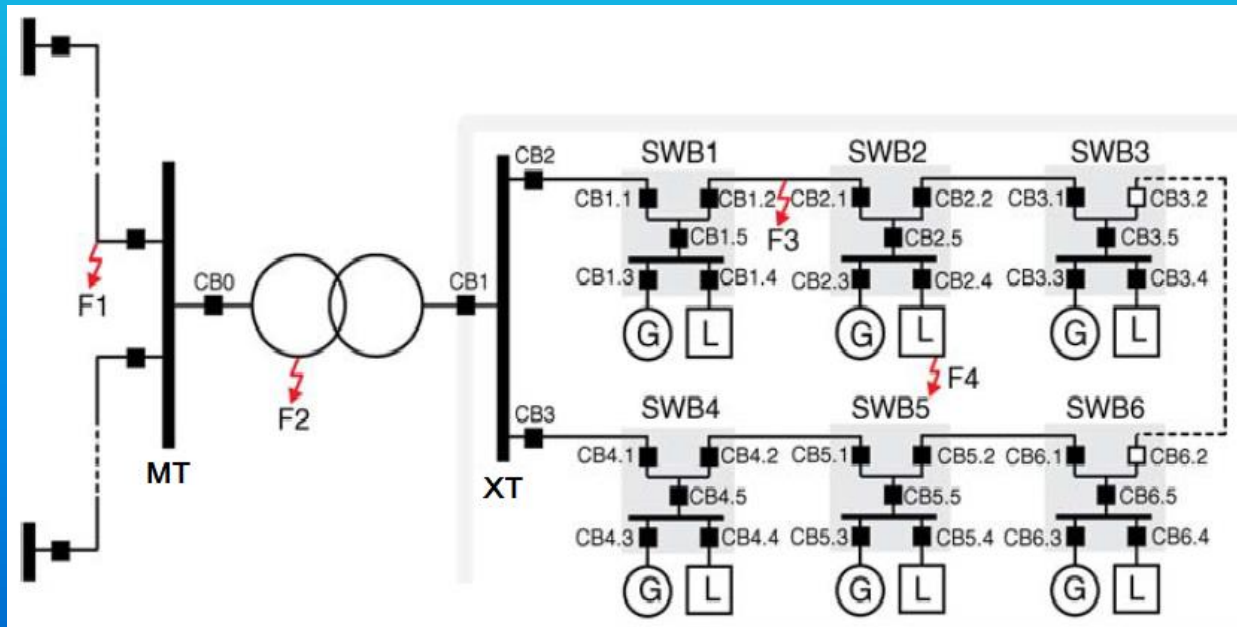
$$I_{s,\min} = \sum_{i=1}^n K_i I_{iN}$$

όπου $K_i = 1.1$ για ΔΠ με VSIs, $K_i = 5$ για σύγχ. γεννήτριες και I_{iN} το ονομαστικό ρεύμα της ΔΠ i .



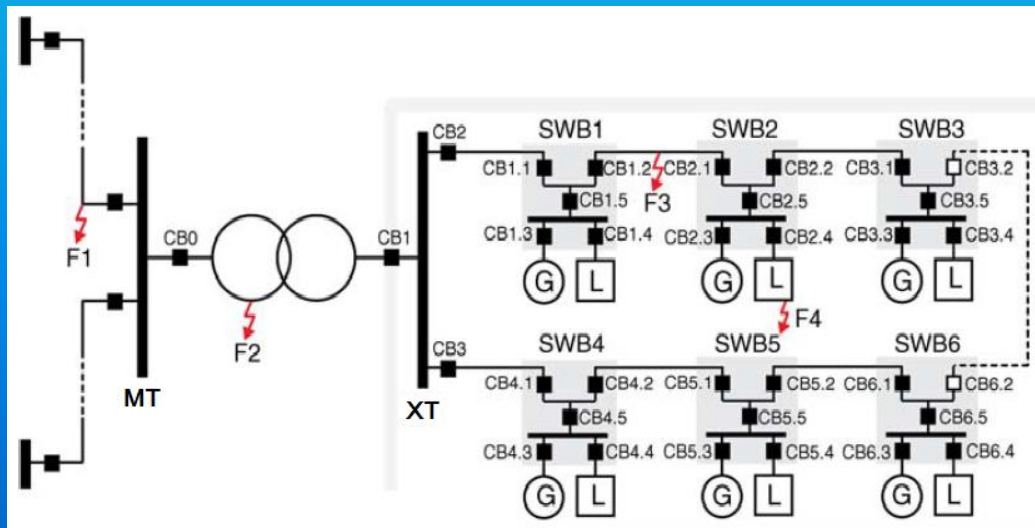
- Όμως αυτή η τιμή ρεύματος μεταβάλλεται, επειδή αλλάζει ο αριθμός των συνδεδεμένων ΔΠ.
- Η εκτίμηση της τιμής γίνεται έτσι ώστε να έχουμε ευαισθησία στη χειρότερη περίπτωση.
- Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο εξελιγμένα και ακριβά συστήματα προστασίας που ενεργοποιούνται από:
 - 1) το μέγεθος και τη διάρκεια του βυθίσματος της τάσης
 - 2) τη στιγμιαία συχνότητα και το ρυθμό μεταβολής της.
- Όμως, ανάλογα με τους ισχύοντες κανονισμούς στο κύριο δίκτυο, μπορεί να απαιτείται η παραμονή σε διασυνδεδεμένη λειτουργία περισσότερο.
- Π.χ. να συνεισφέρει το μικροδίκτυο με άεργη ισχύ στην αποκατάσταση της τάσης του δικτύου.

- Για το βραχυκύκλωμα **F2**, η προστασία υπέρεντασης του Μ/Σ διανομής ανοίγει τον CB0.
- Ο CB1 ανοίγει με εντολή «ακολουθήσέ με» του CB0 (οι διακόπτες είναι κοντά, δεν χρειάζονται ιδιαίτερες επικοινωνίες).
- Σε περίπτωση αποτυχίας εκτέλεσης της παραπάνω εντολής, έχουμε τα ίδια προβλήματα ευαισθησίας με το F1 (λόγω χαμηλών ρευμάτων από ΔΠ) και τους ίδιους τρόπους αντιμετώπισής τους.

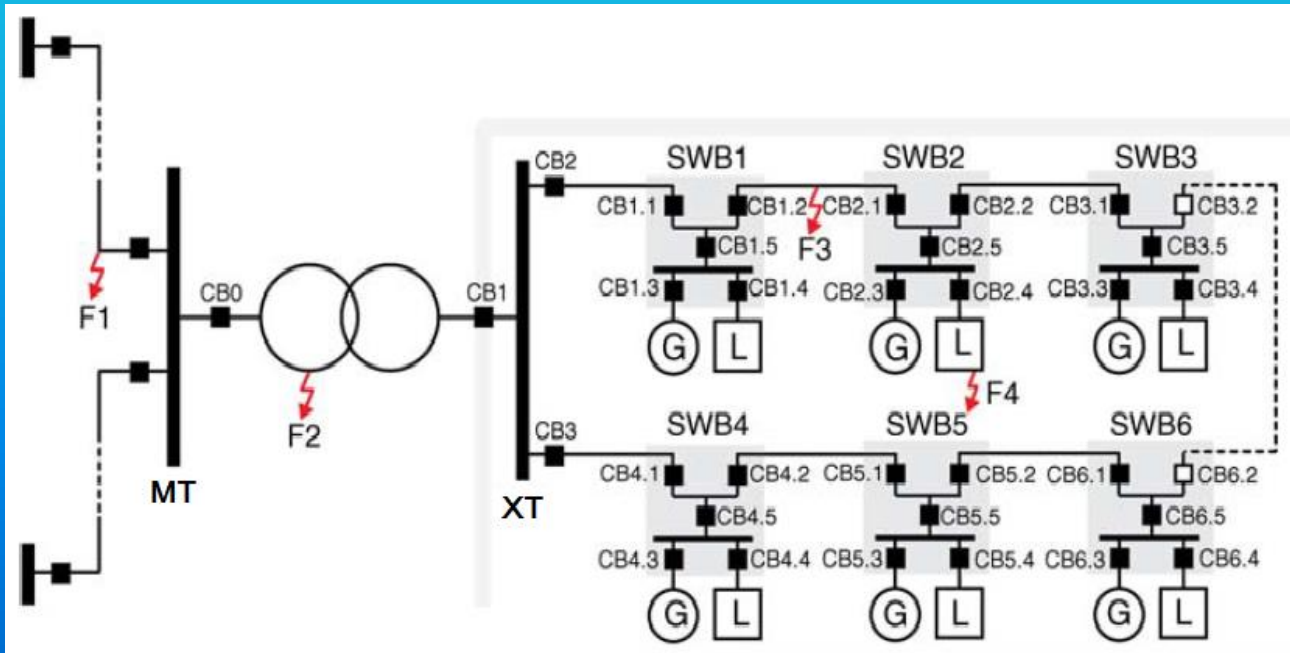


Συνδεδεμένο μικροδίκτυο με βραχυκύκλωμα εντός του (F3)

- Για την εκκαθάριση του F3 πρέπει να ανοίξουν οι CB1.2 και CB2.1.
- Η προστασία υπέρεντασης του CB1.2 ενεργοποιείται λόγω του μεγάλου ρεύματος βραχυκυκλώματος που τροφοδοτεί το δίκτυο.
- Εφεδρική προστασία προσφέρει στον CB1.2 ο CB1.1.
- Η ενεργοποίηση του CB1.1 μπορεί να επηρεασθεί, αν στον πίνακα SWB1 είναι συνδεδεμένη μία μεγάλη σύγχρονη γεννήτρια: κρατά τη τάση εκεί υψηλότερα κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος.
- Άρα, μπορεί να μειώσει πάνω από 30% το ρεύμα βραχυκυκλώματος που δέχεται ο CB1.1 από το δίκτυο: καθυστέρηση ενεργοποίησης του CB1.1 και πιθανός αποσυγχρονισμός της σύγχρονης γεννήτριας.

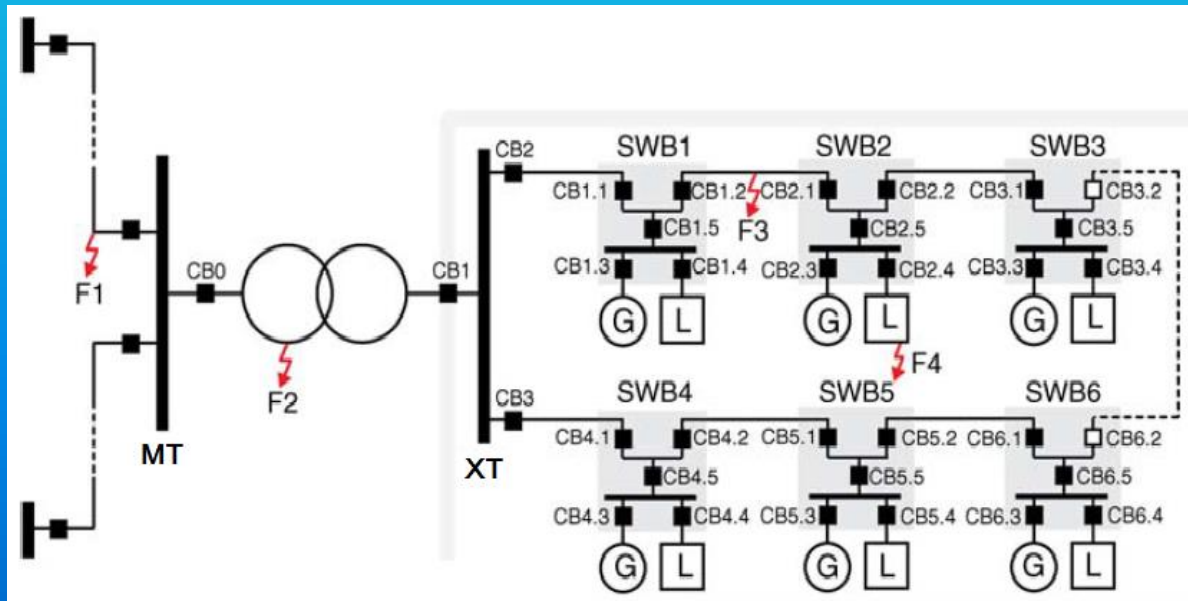


- Επειδή συνήθως ο CB1.2 ενεργοποιείται ταχύτερα από τον CB2.1, νησιδοποιείται ένα μέρος του μικροδίκτυου, που τροφοδοτεί με μικρό αντίστροφο ρεύμα το F3 και είναι πιθανόν να έχουμε πρόβλημα ευαισθησίας στον CB2.1.
- Πιθανές λύσεις: **α)** προσαρμοστική προστασία κατεύθυνσης-υπερέντασης (βλ.F1) ή **β)** εντολή «ακολουθήσέ με» από τον CB1.2 στον CB2.1 (βλ.F2).
- Λόγω απόστασης για το (β) απαιτείται κανάλι επικοινωνίας: σε πιθανή αποτυχία του μπορεί να έχουμε προβλήματα ευαισθησίας στον CB2.1.

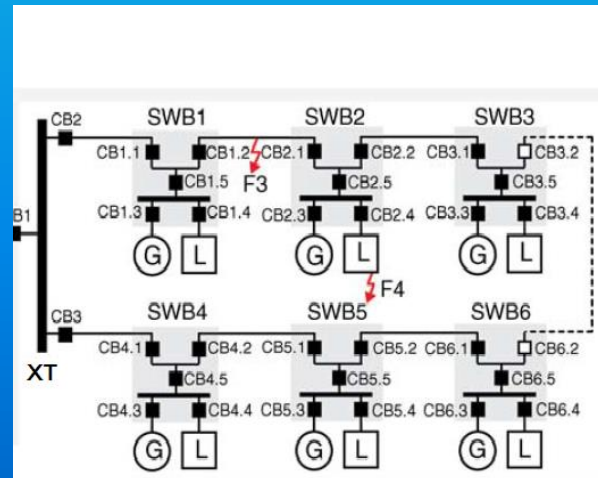


Συνδεδεμένη λειτουργία με βραχυκύκλωμα σε φορτίο (F4)

- Μεγάλο ρεύμα βραχυκύκλωσης τροφοδοτείται από το δίκτυο και τις ΔΠ, που ενεργοποιεί τον CB2.4 (ή κάποια ασφάλεια στη θέση του).
- Σε περίπτωση αποτυχίας, ο πίνακας SWB2 αποσυνδέεται από τον CB2.5, οπότε αποσυνδέεται και η τοπική ΔΠ αναίτια.
- Σε αυτήν την περίπτωση δεν προβλέπονται προβλήματα ευαισθησίας ή επιλεκτικότητας.



- **Αποσυνδεδεμένη λειτουργία με βραχυκύκλωμα σε τροφοδότη (F3)**
- Σε αυτήν την περίπτωση το F3 τροφοδοτείται και από τις δύο κατευθύνσεις με μικρό ρεύμα βραχυκυκλώματος από τις ΔΠ του μικροδίκτυου.
- Για να έχουμε επιλεκτικότητα πρέπει η απλή προστασία υπέρεντασης να αντικατασταθεί με προστασία κατεύθυνσης-υπέρεντασης.
- Αν ο CB1.2 και ο CB2.1 έχουν τις ρυθμίσεις που υπολογίσθηκαν με συνδεδεμένο το δίκτυο, θα έχουν προβλήματα ευαισθησίας και επιλεκτικότητας στην απομόνωση του F3.
- Πιθανές λύσεις είναι:
 1. να διατηρήσουμε τις ρυθμίσεις που έχουμε με συνδεδεμένο το μικροδίκτυο, εγκαθιστώντας ειδική ΔΠ με παροχή μεγάλου ρεύματος βραχυκυκλώματος (αύξηση κόστους).
 2. Εξελιγμένη προσαρμοστική προστασία: επανακαθορισμός των ρυθμίσεων σε πραγματικό χρόνο.



• Αποσυνδεδεμένη λειτουργία με βραχυκύκλωμα σε φορτίο (F4)

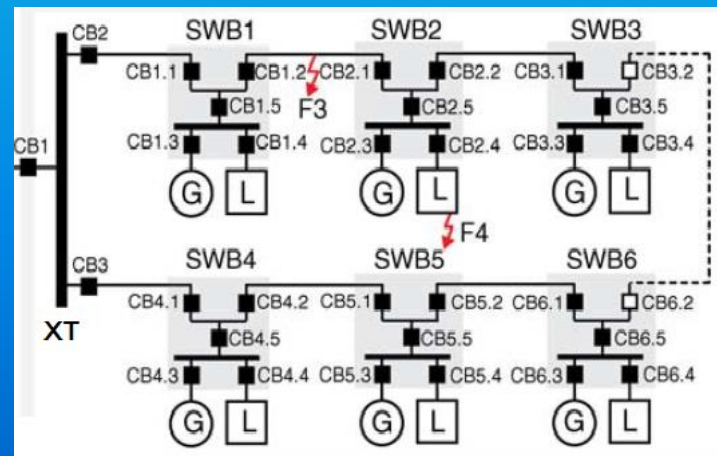
• Το ρεύμα βραχυκυκλώματος στο F4 τροφοδοτείται μόνο από τις τοπικές ΔΠ και είναι μικρό.

• Όμως, επειδή στη συνδεδεμένη λειτουργία ο CB2.4 έχει επίπεδο επιλογής λίγο μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα του φορτίου, αυτό το μικρό ρεύμα βραχυκύκλωσης τον ενεργοποιεί.

• Αν αποτύχει ο CB2.4, ο πίνακας SWB2 αποσυνδέεται από τον CB2.5

• Όμως ο CB2.5 πρέπει να ελέγχεται από ηλεκτρονόμο κατεύθυνσης-υπερέντασης, για να διακρίνονται εξωτερικά βραχυκυκλώματα (π.χ. στο F3) λόγω της ΔΠ στο ζυγό του φορτίου.

• Όπως και στη συνδεδεμένη λειτουργία δεν αναμένονται προβλήματα ευαισθησίας η επιλεκτικότητας.

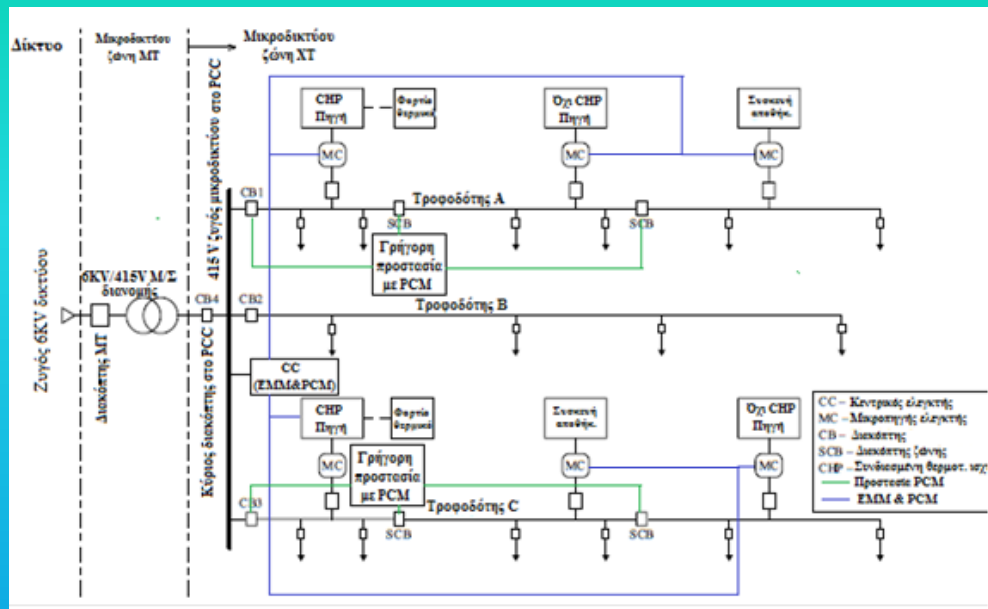


Για τη νησιδοποίηση πρέπει να εξετασθούν προσεκτικά :

- 1) Πως θα ελαχιστοποιηθούν οι λανθασμένες αποσυνδέσεις.
- 2) Αν επιτρέπονται οι αποσυνδέσεις σε συνθήκες που δεν υπάρχει σφάλμα: υπότασης, ανοιχτής φάσης, ασυμμετρίας τάσης.
- 3) Εάν πρέπει η ταχύτητα λειτουργίας του συστήματος προστασίας να ικανοποιεί κάποιο πρότυπο, π.χ. το SEMI F47 (χρόνος αποσύνδεσης 50ms όταν $V < 30\%$, 200ms όταν $V > 30\%$).
- 4) Ο επανασχεδιασμός της προστασίας σε μικροδίκτυα που εξάγουν ισχύ.
- 5) Εάν ο επανασυγχρονισμός με το δίκτυο θα είναι αυτόματος ή χειροκίνητος.

Θα εξετάσουμε διάφορα σενάρια που οδηγούν στη νησιδοποίηση του μικροδικτύου ή την αποφυγή της.

1) Αποφυγή λανθασμένων αποσυνδέσεων.



Για να βοηθήσουμε τη λειτουργία του μικροδικτύου και των φορτίων:

Βραχυκυκλώματα στη γραμμή σύνδεσης = γρήγορη αποσύνδεση.

Βραχυκυκλώματα μέσα στο μικροδίκτυο = διατηρείται η σύνδεση.

Η μόνη αξιόπιστη μέθοδος για να διακρίνουμε που είναι το σφάλμα και να έχουμε γρήγορη λειτουργία του διακόπτη στο PCC (εδώ CB4) είναι: μεταφορά σήματος ενεργοποίησης (follow me) μεταξύ διακόπτη υποσταθμού και CB4 με προστασία σύγκρισης κατεύθυνσης.

- Γενικά, η λανθασμένη αποσύνδεση μίας μικροπαραγωγής επιβαρύνεται με το κόστος απώλειας πώλησης ενέργειας (για όσο χρόνο διαρκεί) και από το κόστος εκκίνησής της αργότερα.
 - Όμως για το μικροδίκτυο μια λανθασμένη αποσύνδεση προκαλεί προβλήματα ποιότητας ισχύος.
 - Επομένως, στο κόστος πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και το πιθανό κόστος απώλειας φορτίων του μικροδίκτυου.
 - Ως προς αυτό το κόστος πρέπει να δικαιολογείται το αυξημένο κόστος της προστασίας διασύνδεσης.
 - Εάν το μικροδίκτυο διαθέτει και εφεδρική ισχύ για τα φορτία του, τότε λανθασμένες αποσυνδέσεις μπορούν να γίνουν ανεκτές ως ένα σημείο: δεν επηρεάζουν σημαντικά μικροδίκτυο και δίκτυο.
- Σε αυτές τις περιπτώσεις μία απλή προστασία αρκεί:
- οι ρυθμίσεις των ηλεκτρονόμων αποσύνδεσης ορίζονται συναρτήσει των αποκλίσεων της τάσης και της συχνότητας και τη χρονική διάρκειά τους.

2α) Αποσύνδεση χωρίς βραχυκύκλωμα – Υποτάσεις

- Υποτάσεις δημιουργούνται και χωρίς να υπάρχει βραχυκύκλωμα.
- Δύσκολο να εκτιμηθεί εάν μία χαμηλή τάση προέρχεται από κάποιο σφάλμα ανάμεσα στο PCC και τον υποσταθμό του δικτύου, χωρίς τη βοήθεια μεγάλης ταχύτητας τηλεπικοινωνιακού συστήματος.
- Για υποτάσεις, που δεν οφείλονται σε βραχυκυκλώματα, είναι γενικά επιθυμητό το μικροδίκτυο να παραμένει συνδεδεμένο, ώστε να βοηθήσει το δίκτυο να αντιμετωπίσει το πρόβλημα.
- Το μικροδίκτυο και το δίκτυο μπορούν να διαπραγματευτούν και αποσύνδεση, ώστε να συμμορφωθούν με τις προδιαγραφές για τα όρια συμμετρικής 3Φ τάσης (π.χ. SEMI F47).

Επειδή ανισοροπίες πάντα υπάρχουν, η ανοχή σε υποτάσεις εξαρτάται από παράγοντες όπως είναι συνδεσμολογίες M/Σ και σημεία γείωσης του μικροδικτύου.

- Τα όρια ανοχής σε υποτάσεις πρέπει να λάβουν υπόψη την ευαισθησία των φορτίων και μικροπαραγωγών σε ανισοροπίες.

- Επειδή είναι δύσκολο να εκτιμηθεί αν η αιτία της ανισορροπίας της τάσης βρίσκεται μέσα στο μικροδίκτυο ή έξω από αυτό...
- ένας ευφυής ελεγκτής στο PCM κρίνει αν η αποσύνδεση θα στηρίζεται στην ανισορροπία των τάσεων.

2β) Αποσύνδεση χωρίς βραχυκύκλωμα – Ανοιχτές φάσεις

- Η ύπαρξη ανοιχτών φάσεων συνήθως σχετίζεται με καμένες ασφάλειες μεταξύ του υποσταθμού του δικτύου και του PCC: σπάνια δεν οφείλονται σε βραχυκυκλώματα.
- Επειδή μία ανοικτή φάση προκαλεί πολικές τάσεις μεγαλύτερες ή ίσες με το 50% της ονομαστικής τους τιμής, το μικροδίκτυο μπορεί να μην ανιχνεύει αυτή την κατάσταση ως ανώμαλη.

Η ανοικτή φάση θεωρείται κίνδυνος για M/Σ και μικροπαραγωγές, καθώς μπορούν να εμφανιστούν σημαντικές υπερεντάσεις/υπερτάσεις εκεί αν δεν αποσυνδεθεί με διακόπτη.

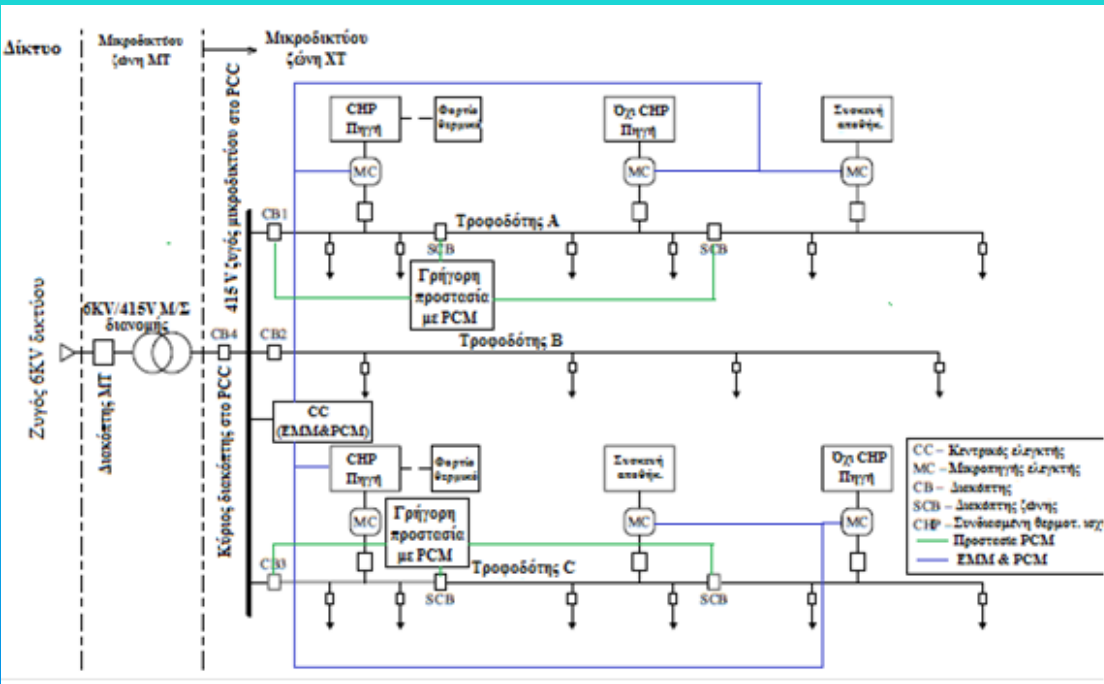
- Σημείωση: για αυτό το λόγο δεν συνιστώνται ασφάλειες εκεί !

3) Ταχεία αποσύνδεση από βραχυκυκλωμένο τροφοδότη

- Σημαντική υπηρεσία: αδιάλειπτη παροχή ισχύος στα κρίσιμα φορτία κατά τη διάρκεια μιας διακοπής τροφοδοσίας από το κύριο δίκτυο.
- Εάν τα κρίσιμα φορτία ακολουθούν προδιαγραφές, π.χ. SEMI F47, τότε ο κλασσικός εξοπλισμός προστασίας δεν μπορεί να δράσει τόσο γρήγορα:
- ο χρόνος ανίχνευσης μίας υπότασης ή υπέρτασης είναι μέχρι δύο κύκλους και ένας διακόπτης MT χρειάζεται επιπλέον τρεις με πέντε κύκλους για να διακόψει το κύκλωμα.
- Χρησιμοποιείται πολύ γρήγορος διακόπτης στερεάς κατάστασης στο PCC ή άλλοι τρόποι.
- Για τους άλλους τρόπους θα εξεταστούν δύο περιπτώσεις:

Όταν η αποσύνδεση δεν είναι απαραίτητη.

Συμβαίνει όταν το σφάλμα βρίσκεται σε τροφοδότες του ίδιου υποσταθμού προς άλλα δίκτυα ΧΤ, πριν το PCC. Τότε για αποφυγή της βύθισης τάσης:

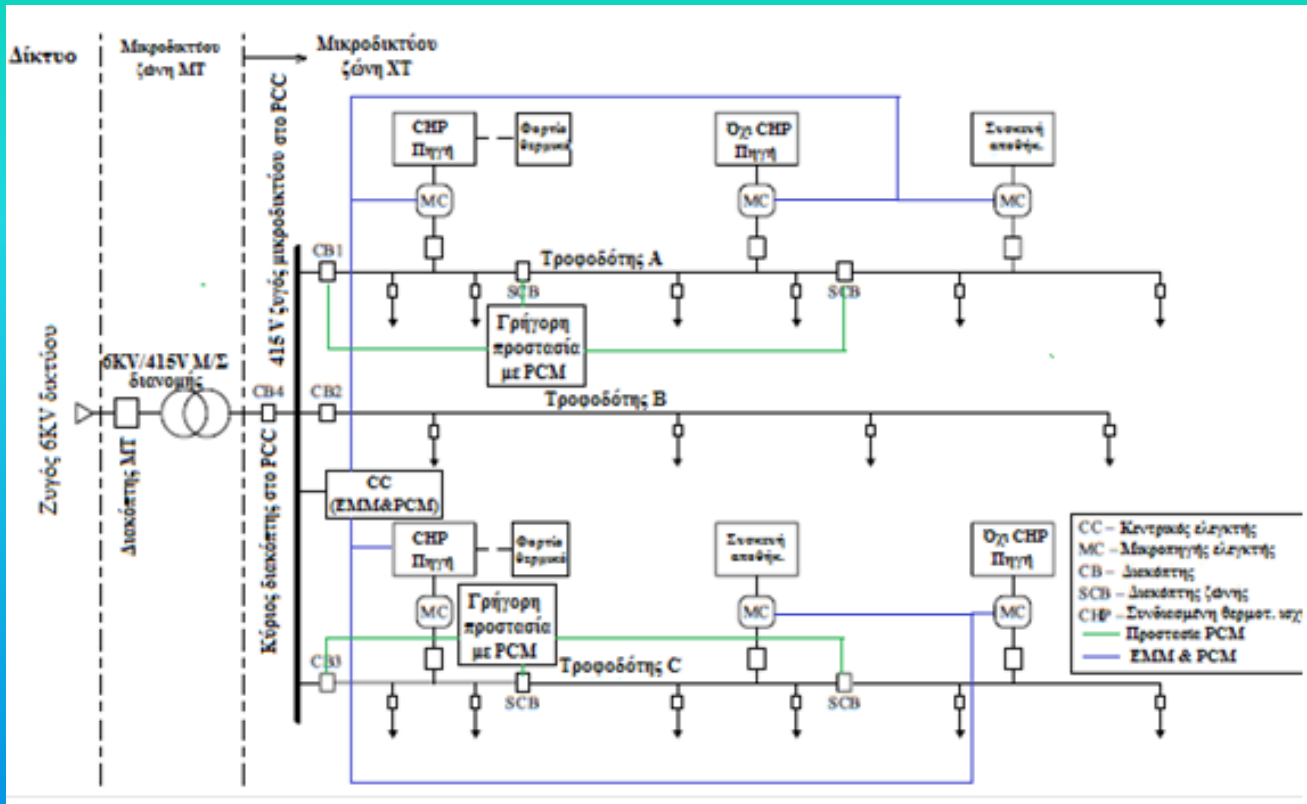


- Είτε τοποθετούνται ηλεκτρονικοί διορθωτές βύθισης τάσης (ακριβή λύση αλλά προστατεύει τα ευαίσθητα φορτία)
- ή αντικαθίσταται ο Μ/Σ Υ-Υ στο PCC με έναν Δ-Υ με διακόπτη στην πλευρά υψηλής τάσης, που είναι μια φθηνότερη αλλά λιγότερο αποτελεσματική λύση.

■ Για σφάλματα μιας φάσης με γη στο δίκτυο, ο Δ-Υ θα εξασφαλίσει ($I_{o,ακ}=0$) ότι η τάση φάσης-γης στο μικροδίκτυο δεν θα πέσει κάτω από το 58%.

■ Αυτές οι περιπτώσεις εξηγούν πως εξαρτώνται μεταξύ τους η προστασία και οι επιλογές σχεδίασης στην ανάπτυξη ενός οικονομικού μικροδίκτυου.

• Όταν η αποσύνδεση είναι υποχρεωτική.



Η αποσύνδεση είναι υποχρεωτική όταν ένα βραχυκύκλωμα γίνεται στον κύριο τροφοδότη του μικροδίκτυου, στο ΡCC.

- Για να εξασφαλίζεται η εφαρμογή των προδιαγραφών (π.χ. SEMI F47) γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης συσκευών προστασίας μεγάλης ταχύτητας, ώστε να μην χρειάζονται διορθωτές τάσης.

• **4) Αποσύνδεση μικροδίκτυων που εξάγουν ισχύ.**

- Μικροδίκτυα που καλύπτουν το φορτίο τους, δεν επηρεάζεται από την τάση στο PCC.
- Απλές προστασίες με ηλεκτρονόμους αντιστροφής ισχύος ή ηλεκτρονόμους υπότασης/υπέρτασης δεν εξασφαλίζουν αποσύνδεση για βραχυκυκλώματα στο δίκτυο.
- Λόγω των εμποδήσεων των ΔΠ, η εμπέδηση σφαλμάτων πλησιάζει αυτή του κύριου δικτύου, γι' αυτό η προστασία τους χρειάζεται επανασχεδιασμό σε σχέση με τα δίκτυα που εισάγουν ισχύ.

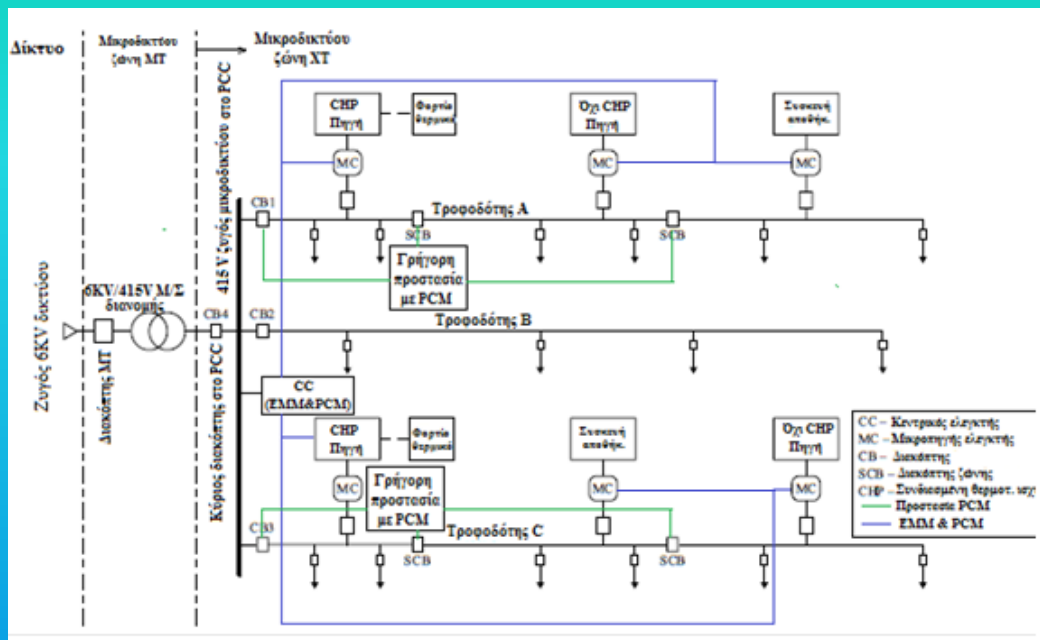
• **5) Επανασυγχρονισμός.**

- Ο επανασυγχρονισμός γίνεται με ηλεκτρονόμους και έλεγχο τάσεων στις δύο πλευρές του διακόπτη ζεύξης με το δίκτυο.
- Η PCM αναλαμβάνει τη διαχείριση των ΔΠ, ώστε να επιτευχθούν τα κριτήρια συγχρονισμού που επιτρέπουν το κλείσιμο των διακοπών διασύνδεσης (με χειροκίνητη ή αυτόματη εντολή, βλ. προηγ. ενότητα).

- Αν ένα μικροδίκτυο λειτουργεί αυτόνομα, η προστασία του διαφέρει σημαντικά από την προστασία στη διασυνδεδεμένη λειτουργία.
- Θα εξετάσουμε τέσσερα προβλήματα προστασίας σε αυτόνομα μικροδίκτυα:
 - **1) Προστασία συστήματος διανομής.**
 - **2) Προστασία μικροπαραγωγών.**
 - **3) Προστασία Μ/Σ διανομής.**
 - **4) Απαιτήσεις γείωσης ουδέτερου.**

1) ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ

α) Προστασία του συστήματος ΜΤ του μικροδίκτυου.



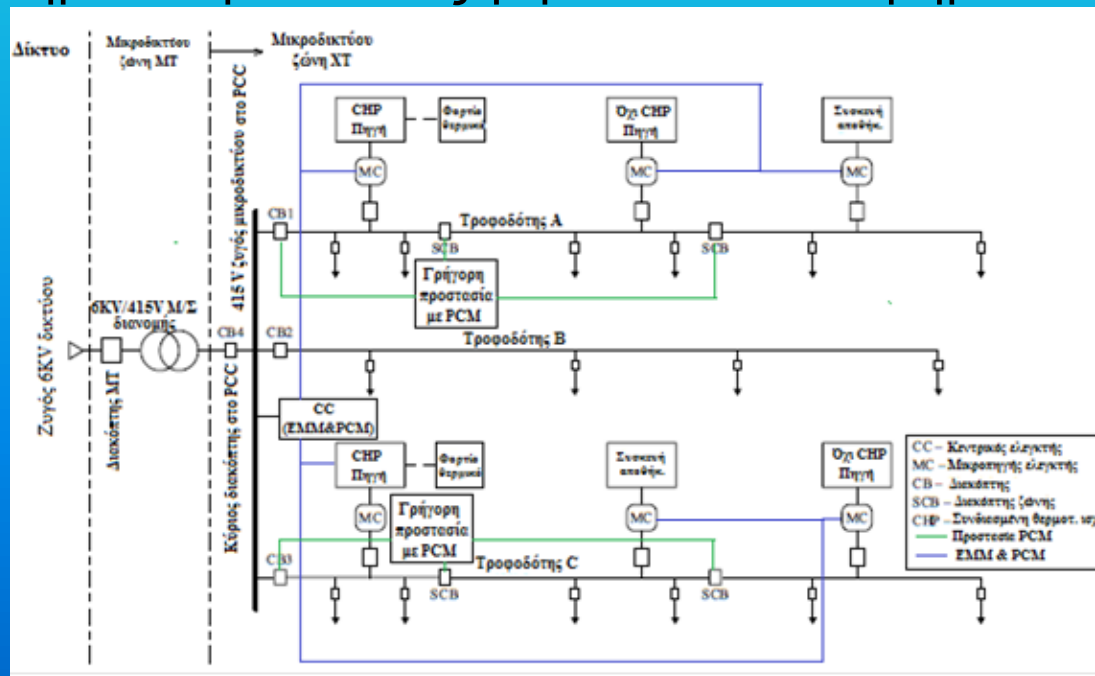
Η ζώνη ΜΤ περιλαμβάνει το Μ/Σ διανομής και τους τροφοδότες του: από το Μ/Σ προς το ζυγό 6 KV του δικτύου και προς το PCC.

Για απλή προστασία σε αυτή τη ζώνη υπάρχουν μόνο οι ασφάλειες του Μ/Σ διανομής. Αυτές για συνδεδεμένη λειτουργία καίγονται:

- στη πλευρά ΜΤ σε 0.1-0.2s (με ρεύματα $20-50 \times I_{L,max}$) και
- στη πλευρά ΧΤ σε 0.5-1.5s (με ρεύματα $10-20 \times I_{L,max}$). $I_{L,max}$: μέγιστο φορτίο Μ/Σ.

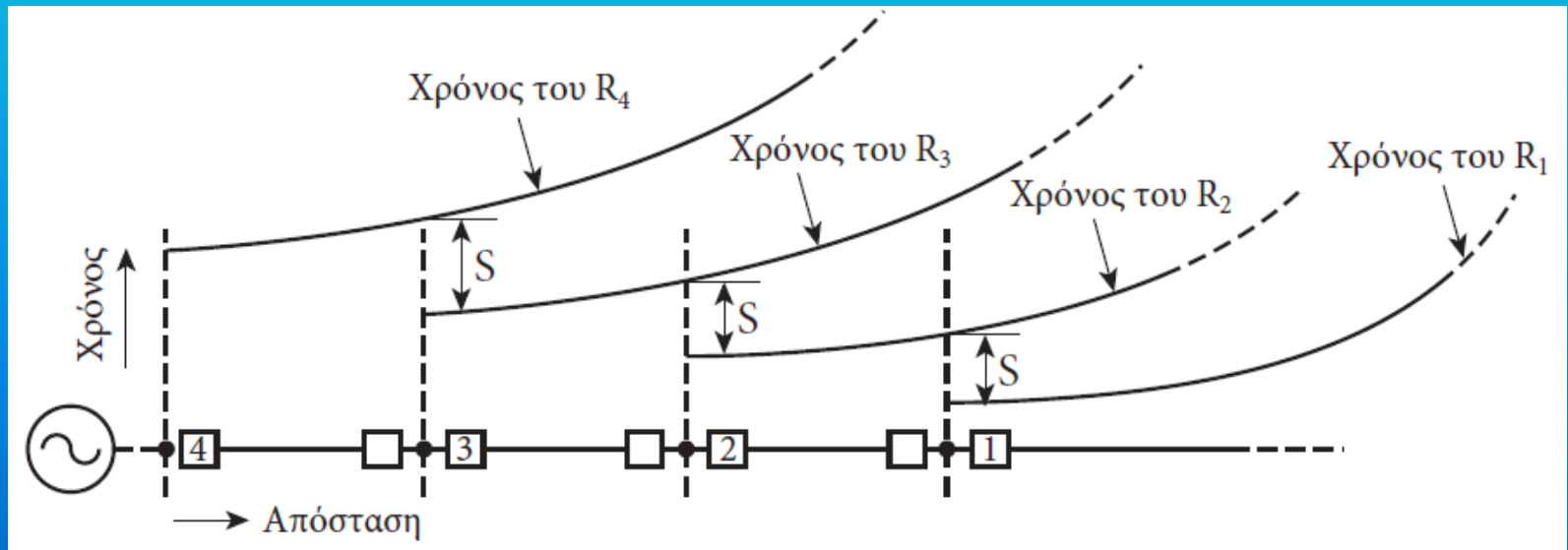
- Σε αυτόνομη λειτουργία τα ρεύματα σφάλματος M/Σ είναι πολύ μικρά.
- Οι ασφάλειες γίνονται απαραίτητα αργές για να μπορούν να συνεργαστούν με την προστασία των μικροπαραγωγών.
- Επί πλέον οι ασφάλειες μπορεί να αποσυνδέουν μία ή δύο φάσεις μόνο, ανάλογα με το είδος του βραχυκυκλώματος.
- Υπό αυτές τις συνθήκες υπάρχουν δύο λύσεις:
 - i. Να δεχτούμε ότι ένα σφάλμα MT θα οδηγήσει σε συνολική αποσύνδεση (άνοιγμα του διακόπτη στο PCC) και απώλεια του M/Σ διανομής, αλλά αυτό δεν επηρεάζει την παραγωγή του μικροδίκτυου.
 - ii. Να εγκαταστήσουμε επιπλέον προστατευτικές συσκευές στη MT οι οποίες να συνεργάζονται με τις ρυθμίσεις της προστασίας των ΔΠ κατά την αυτόνομη λειτουργία.
- Για την πρώτη λύση (πιο οικονομική), πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η προστασία που ελέγχει το διακόπτη στο PCC σε αυτόνομη λειτουργία θα ενεργοποιηθεί σε λογικό χρόνο λειτουργίας για το μικρό ρεύμα σφάλματος από τις ΔΠ προς τη MT .

- Η προστασία των ΔΠ πρέπει να έχει μεγαλύτερη καθυστέρηση από το διακόπτη στο PCC, για να μην ενεργοποιείται για σφάλματα στη ΜΤ.
- Για πολύπλοκα μικροδίκτυα, καλύτερος συντονισμός της προστασίας επιτυγχάνεται με μια ευφυή PCM.
- Αυτή η προστασία συντονίζεται και με την προστασία των τροφοδοτών σε ζώνες, που γίνεται με απλούς ηλεκτρονόμους κατεύθυνσης-υπερέντασης.
- Αν όμως τα μικρά ρεύματα σφάλματος στην αυτόνομη λειτουργία δεν επιτρέπουν σίγουρη επιλεκτικότητα, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορικά συστήματα προστασίας γύρω από κάθε τμήμα του κυκλώματος.



β) Απαιτήσεις για την εκκαθάριση σφαλμάτων ΧΤ.

- Στη ΧΤ χρησιμοποιείται προστασία υπερέντασης.
- Στηρίζεται στην αρχή ότι η συσκευή που βρίσκεται πιο κοντά στο σφάλμα (βασική) ενεργοποιείται ταχύτερα από την πιο απομακρυσμένη προς την κατεύθυνση της παραγωγής (εφεδρική).
- Ο χρονικός αυτός συντονισμός λειτουργίας στηρίζεται στο γεγονός ότι το ρεύμα βραχυκυκλώματος μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από τη πηγή παραγωγής, γιατί αυξάνεται η εμπέδηση που παρεμβάλλεται.



Προστασία υπερέντασης σε ακτινωτές γραμμές.

- Στην αυτόνομη λειτουργία το ρεύμα βραχυκυκλώματος αλλάζει αργά, καθώς το βραχυκύκλωμα μετακινείται από τη ζώνη της MT στις πιο απομακρυσμένες θέσεις της ζώνης XT.
- Η προστασία υπερέντασης οδηγεί σε πολύ μεγάλους χρόνους εκκαθάρισης των βραχυκυκλωμάτων και περιορίζει τη δυνατότητα εφαρμογής εφεδρικής προστασίας.
- Η PCM θα πρέπει: α) να αλλάζει τις ρυθμίσεις των ηλεκτρονόμων κατά τη μετάβαση από τη διασυνδεδεμένη στην αυτόνομη λειτουργία ή β) να παραμένουν οι ίδιες, εφόσον η προστασία ανταπεξέρχεται και στις δύο καταστάσεις λειτουργίας.
- Για να κρατήσουμε το ίδιο επίπεδο ρεύματος σφάλματος και για τους δύο τρόπους λειτουργίας μπορούμε να εγκαταστήσουμε έναν περιοριστή ρεύματος με διακόπτες στερεάς κατάστασης στο PCC, που θα ενεργοποιείται κατά το βραχυκύκλωμα στη διασυνδεδεμένη.
- Επί του παρόντος γίνονται εκτεταμένες έρευνες για την ανάπτυξη οικονομικών προσαρμοστικών ηλεκτρονόμων για την προστασία διεσπαρμένων παραγωγών και στους δύο τρόπους λειτουργίας.

γ) Παρουσία διεσπαρμένης παραγωγής.

- Αν υπάρχουν πολλές ΔΠ στο μικροδίκτυο, εκτός από τη μείωση του ρεύματος βραχυκυκλώματος κατά την αυτόνομη λειτουργία, υπάρχει ροή ρεύματος σφάλματος διπλής κατεύθυνσης σε κάποιες γραμμές.
- Αν υπάρχει σφάλμα ανάμεσα σε μία ελεγχόμενη ΔΠ και μία ελέγχουσα ΔΠ, η ελεγχόμενη ΔΠ πρέπει να αποσυνδέεται (κανονισμός P1547).
- Αν το σύστημα προστασίας της ελεγχόμενης ΔΠ είναι σχεδιασμένο να μην ενεργοποιείται για σφάλματα από την πλευρά του δικτύου, δεν μπορεί να διακρίνει αν το σφάλμα είναι από την πλευρά του δικτύου ή την πλευρά της ελέγχουσας ΔΠ στο μικροδίκτυο.

Απαιτείται υψηλής ταχύτητας επικοινωνιακό σύστημα ανάμεσα στον PCM και όλους τους διακόπτες του μικροδικτύου για να επιτευχθεί αξιόπιστη επιλεκτική αποσύνδεση.

- Ουσιαστικά υλοποιείται η προστασία του προηγούμενου πρότυπου, όχι για 2, αλλά πολλές ΔΠ.

2) ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΙΚΡΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ

- Οι τρέχουσες τεχνικές οδηγίες συνιστούν την αποσύνδεση των ΔΠ που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο διανομής, σε περίπτωση ανοίγματος του διακόπτη στο τροφοδότη που είναι συνδεδεμένες, λόγω λειτουργικών απαιτήσεων.
- Αυτή η **αντι-νησιδοποιητική προστασία**, είναι υποχρεωτικά ενσωματωμένη στους ηλεκτρονικούς μετατροπείς των ΔΠ.
- Προφανώς, περιορίζει δραστικά τα οφέλη από τις ΔΠ στη βελτίωση της αξιόπιστης τροφοδοσίας τοπικών φορτίων.

- Αντίθετα, δυναμικές προσομοιώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε επανασχεδιασμό της προστασίας τους στην αυτόνομη λειτουργία μικροδικτύου, έτσι ώστε να :
 - 1) Καθοριστούν αποδεκτές ανοχές προστασίας βάσει τάσης και συχνότητας.
 - 2) Αξιολογηθεί η ανάγκη αντι-νησιδοποιητικής προστασίας των ΔΠ και αν υπάρχει αυτή η προστασία, πώς μπορεί να απενεργοποιηθεί ή να παρακαμφθεί.
 - 3) Εξετασθεί αν οι εφαρμοζόμενες τεχνικές αντι-νησιδοποίησης μπορούν να οδηγήσουν σε αστάθεια τάσης και/ή συχνότητας.
 - 4) Αξιολογηθούν οι ανάγκες για τεχνικές απόρριψης φορτίων κατά τη μείωση της συχνότητας με σκοπό την επιβίωση του μεγαλύτερου/κρισιμότερου δυνατού τμήματος του μικροδικτύου.
- Ακολουθεί ανάλυση των τεσσάρων αυτών σημείων.

Μεταβολή των ανοχών τάσης και συχνότητας.

- Είναι επιθυμητή για αυτόνομα μικροδίκτυα μικρής εγκατεστημένης παραγωγής.
- Πρέπει πριν από την εφαρμογή της αλλαγής να εξεταστεί προσεκτικά η επίδρασή της στην αντοχή του υπάρχοντος εξοπλισμού.
- Αν οι αρχικές ανοχές επιλέγησαν για την προστασία του συνδεδεμένου εξοπλισμού από καταστροφές, τότε δεν πρέπει να μεταβληθούν.
- Αν όμως προσδιορίστηκαν ως όρια για την αποσύνδεση λόγω βραχυκυκλώματος, τότε μπορούν να αλλάξουν μετά από εκτενή μελέτη.
- Όμως, μπορούν να εφαρμοστούν μόνο μέσω ενός ευφυούς CC/PCM του μικροδίκτυου.

Επανεξέταση μηχανισμών αντι-νησιδοποίησης.

- Εκτενείς δυναμικές προσομοιώσεις είναι πλέον δυνατό να δείξουν αν οι μηχανισμοί προστασίας αντι-νησιδοποίησης των μικροπαραγωγών μπορούν να απενεργοποιηθούν.
- Είναι επιθυμητό να απενεργοποιούνται, εκτός αν ...
- ... ο λόγος της παραγωγής που τροφοδοτεί το δίκτυο προς την παραγωγή του μικροδίκτυου είναι πολύ μεγάλος.
- Απενεργοποίησή τους όμως μπορεί να οδηγήσει το μικροδίκτυο σε ανεξέλεγκτες νησίδες.
- Επειδή η δράση των ελέγχων αντι-νησιδοποίησης είναι πολύ γρήγορη, ο πιο αξιόπιστος τρόπος απενεργοποίησής τους είναι η αποστολή ενός σήματος φραγής από τον CC, μόλις αποφασισθεί η αυτόνομη λειτουργία.

Απόρριψη φορτίων και διαχείριση ζήτησης.

- Όλα τα ηλεκτρικά συστήματα για να αντιμετωπίζουν καταστάσεις υπερφόρτισης καθορίζουν ένα σύνολο φορτίων ως μη κρίσιμα.
- Σε έκτακτες καταστάσεις (κυρίως απώλεια παραγωγής και/ή γραμμών μεταφοράς) τα απορρίπτουν για να αποφευχθεί μεγάλη πτώση τάσης και συχνότητας.
- Αυτό γίνεται από το σύστημα απόρριψης φορτίων και τα συστήματα διαχείρισης της ζήτησης.
- Στα σημερινά δίκτυα η απόρριψη των μη κρίσιμων φορτίων γίνεται με ηλεκτρονόμους υπο-συχνότητας, χωρίς οικονομικό όφελος.
- Στα μικροδίκτυα τα τεχνικά προβλήματα εξαρτώνται από το αν η απόρριψη των φορτίων που αποσυνδέονται με τη πτώση της συχνότητας, θα συμβεί πριν ή μετά την αποσύνδεση του μικροδίκτυου από το κύριο δίκτυο.
- Γι αυτό η απόρριψή τους πρέπει να συντονίζεται με το όριο υπο-συχνότητας που καθορίζει την αποσύνδεση του μικροδίκτυου.

Ο συντονισμός εξαρτάται από τα εξής:

- 1) Εάν το αυτόνομο μικροδίκτυο έχει επαρκή παραγωγή για να τροφοδοτήσει αυτά τα μη κρίσιμα φορτία.
- 2) Εάν το μικροδίκτυο ήταν σχεδιασμένο για την τροφοδοσία κάποιων μη κρίσιμων φορτίων του δικτύου κατά τη διασυνδεδεμένη λειτουργία. Τότε, πρόωρη αποσύνδεση του μικροδίκτυου μπορεί να οδηγήσει σε επιπλέον επιδείνωση της υπερφόρτισης του δικτύου, διότι...
 - αποσύνδεση του μικροδίκτυου πριν να απορριφθούν αυτά τα φορτία εκλαμβάνεται ως σημαντική απώλεια παραγωγής για το δίκτυο.
- 3) Εάν το μικροδίκτυο δεν είχε σχεδιασθεί για να τροφοδοτεί αυτά τα μη κρίσιμα φορτία κατά τη διασυνδεδεμένη λειτουργία, τότε πρέπει να απορριφθούν πριν την αποσύνδεση του μικροδίκτυου.
- Έτσι το δίκτυο μπορεί να προσδιορίσει αν με την απόρριψη αυτών των φορτίων μπορεί να αποκατασταθεί η ισορροπία παραγωγής-ζήτησης.

- 4) Εάν περισσότερα φορτία σε σχέση με τα φορτία που χρειάζεται να απορριφθούν για την αποκατάσταση της τάσης και της συχνότητας πρέπει να απορριφθούν για να εξασφαλιστεί η ευσταθής λειτουργία του μικροδίκτυου:
- Τότε πρέπει να μελετηθεί πόσο αυτή η απόρριψη θα επηρεάσει τη δυναμική συμπεριφορά του μικροδίκτυου, εάν αυτό τελικά οδηγηθεί σε αποσύνδεση.

- Εάν το μικροδίκτυο πρέπει να αποσυνδεθεί εξαιτίας σφάλματος ή αστοχίας εξοπλισμού στη ζώνη MT, τότε πρέπει να εφαρμόσει τη δική του στρατηγική απόρριψης φορτίων.
- Γρήγορες επικοινωνίες απευθείας στους διακόπτες απόρριψης ισοσταθμίζουν τη χαμηλή αδράνεια/ευστάθεια του μικροδικτύου (λίγες στρεφόμενες μηχανές).
- Θα πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη:
 - 1) εάν έχουν ήδη απορριφθεί τοπικά φορτία νωρίτερα, με εντολή από το κυρίως δίκτυο.
 - 2) Εάν ο επιλεγμένος ρυθμός και ομάδες φορτίων από μόνες τους δεν οδηγούν σε αστάθεια.

3) ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ Μ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

- Ο σχεδιασμός της προστασίας του Μ/Σ διανομής ΜΤ/ΧΤ, απαιτεί να ελεγχθεί πρώτα ...
- αν το επίπεδο επιλογής της προστασίας υπερέντασης (ως και 600% του ονομαστικού ρεύματος του Μ/Σ), μπορεί να εφαρμοσθεί και στο μικροδίκτυο, που έχει πολύ μικρότερο ρεύμα βραχυκυκλώματος.
- Ανάλογα με τη θέση, την ονομαστική τιμή του ρεύματος του Μ/Σ και το μικρό ρεύμα βραχυκυκλώματος στην αυτόνομη λειτουργία, ένα τόσο μεγάλο επίπεδο επιλογής μπορεί να μην ανιχνεύσει καθόλου το σφάλμα.

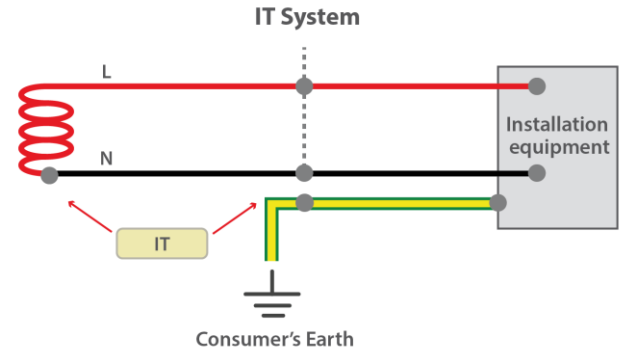
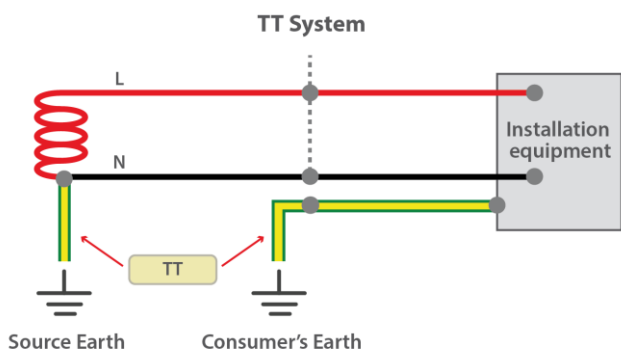
Χρειάζεται προσεχτική μελέτη για να διαπιστωθεί αν μία ρύθμιση καλύπτει και τις δύο καταστάσεις λειτουργίας του μικροδικτύου.

- Εάν όχι, τότε χρειάζεται διασύνδεση της PCM με το σύστημα προστασίας του Μ/Σ για την ρύθμισή του ανάλογα με την κατάσταση.

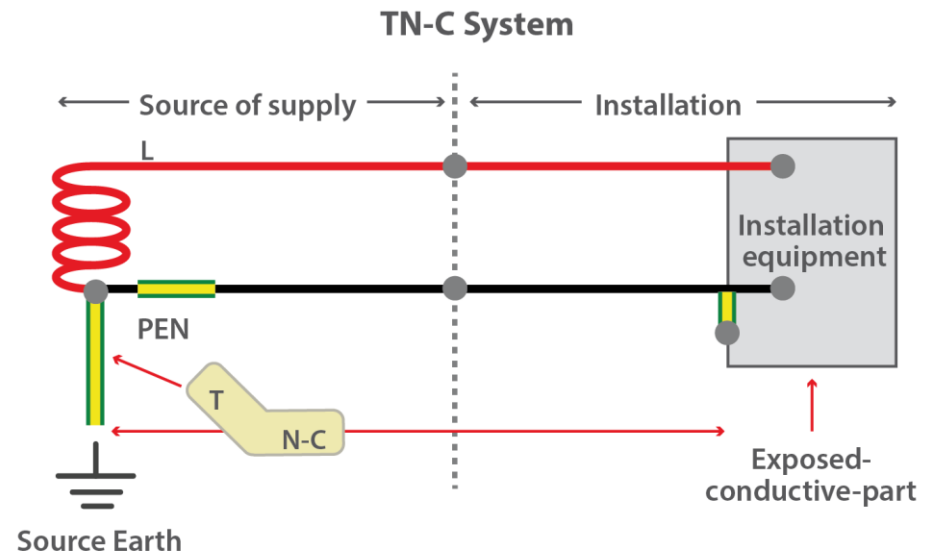
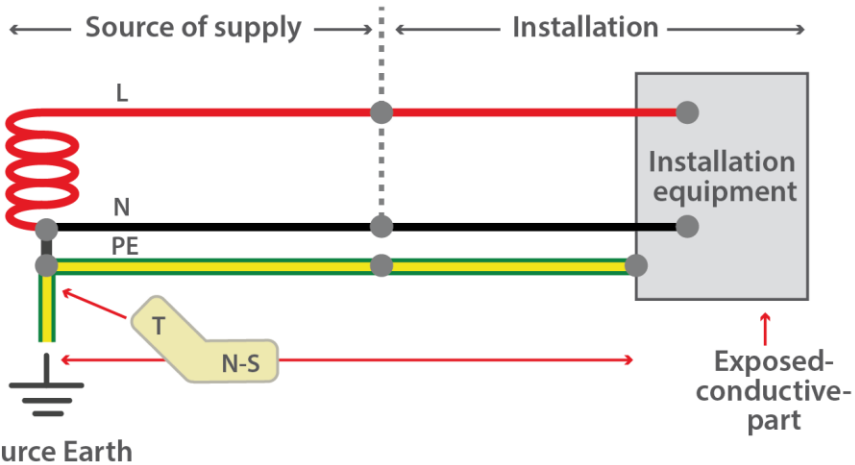
4) ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Το σύστημα γείωσης του μικροδίκτυου πρέπει να καλύπτει τις ίδιες προδιαγραφές ασφάλειας στη διασυνδεδεμένη και την αυτόνομη λειτουργία, όπως και στα συμβατικά δίκτυα διανομής.
- Η γείωση των συστημάτων ΧΤ καθορίζεται από την τεχνική γείωσης του δευτερεύοντος του Μ/Σ (στον υποσταθμό τροφοδοσίας του μικροδίκτυου) και τη γείωση του κελύφους των φορτίων.
- Τρεις είναι οι βασικοί τύποι γείωσης: 1) ΤΤ όπου ο ουδέτερος του Μ/Σ και τα περιβλήματα των φορτίων γειώνονται. 2) ΙΤ όπου ο ουδέτερος του Μ/Σ δεν γειώνεται και γειώνονται τα κελύφη των φορτίων. 3) ΤΝ όπου γειώνεται ο ουδέτερος του Μ/Σ και τα κελύφη των φορτίων συνδέονται στον ουδέτερο του συστήματος ΧΤ.

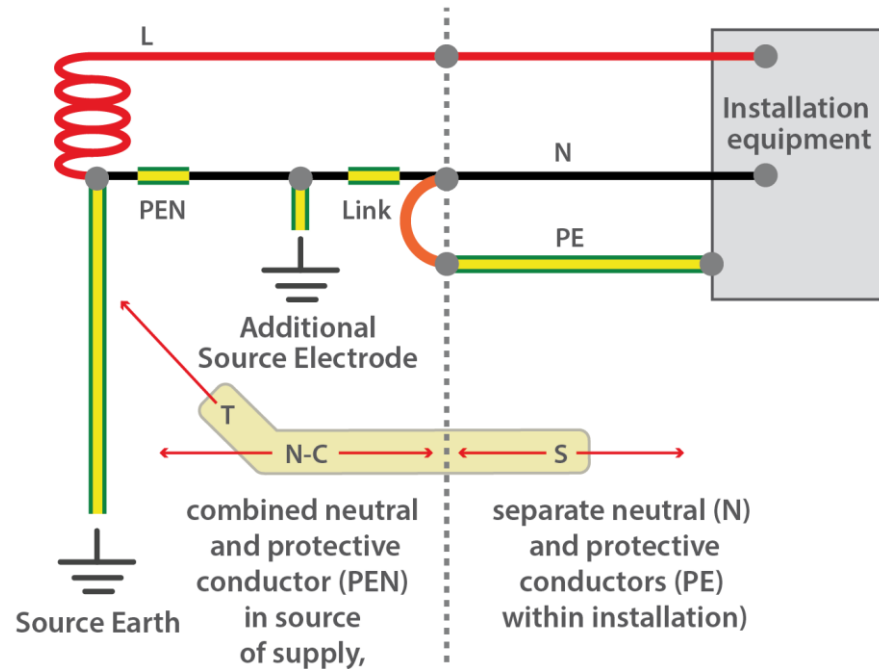
Ο τύπος ΤΝ περιλαμβάνει τρία υποσυστήματα: i) ΤΝ-С όπου ουδέτερος και δράσεις προστασίας χρησιμοποιούν τον ίδιο αγωγό. ii) ΤΝ-S όπου υπάρχει ξεχωριστός αγωγός για τον ουδέτερο και την προστασία. iii) ΤΝ-С-S η τροφοδοσία έχει ΤΝ-С μορφολογία και οι υπόλοιπες εγκαταστάσεις ΤΝ-S.



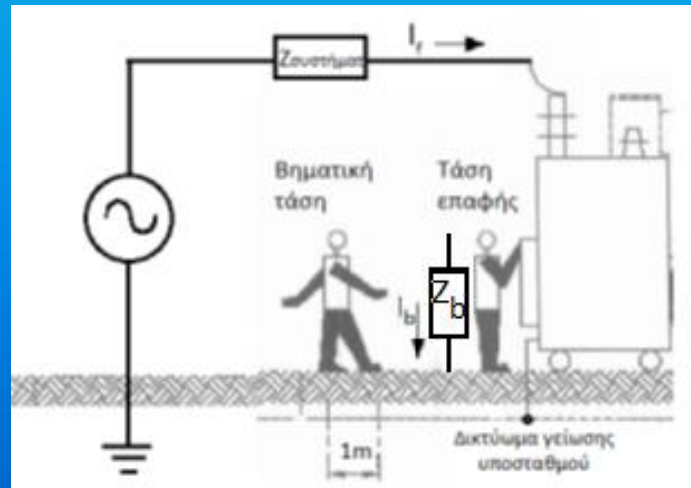
TN-S System



TN-C-S System



- Στα μικροδίκτυα είναι σημαντικός ο υπολογισμός των ρευμάτων για βραχυκυκλώματα που περιλαμβάνουν γη στη συνδεδεμένη και την αυτόνομη λειτουργία: καθορίζει το σχεδιασμό του συστήματος προστασίας και τις βηματικές/επαφής τάσεις (ασφάλεια προσωπικού).
- Τα ρεύματα αυτά εξαρτώνται από το σύστημα γείωσης: πρέπει να εξασφαλίζει ότι δεν υπάρχει ηλεκτρικός κίνδυνος εντός και εκτός του υποσταθμού για λειτουργία σε κανονικές συνθήκες και συνθήκες βραχυκυκλώματος.
- Το πρότυπο ANSI/IEEE 80-2000 ορίζει ως τάση επαφής «τη διαφορά δυναμικού μεταξύ της αύξησης δυναμικού γης (*Ground Potential Rise (GPR)*) και του εδάφους, στη θέση που βρίσκεται ένας άνθρωπος που το χέρι του βρίσκεται σε επαφή με μία γειωμένη κατασκευή».
- Βηματική τάση ορίζεται «η διαφορά δυναμικού στο έδαφος που δέχεται ένας άνθρωπος με άνοιγμα ποδιών ένα μέτρο, χωρίς να βρίσκεται σε επαφή με κάποιο γειωμένο αντικείμενο».



- Οι μέγιστες τιμές αυτών των τάσεων πρέπει να δημιουργούν τιμές ρεύματος εντός του ανθρώπινου σώματος που είναι μικρότερες από το ρεύμα που μπορεί να ανεχθεί το σώμα.
- Το ρεύμα αυτό εξαρτάται από το βάρος του ανθρώπου. π.χ. για 50 Kg και 70 Kg:

$$(I_B)_{50\text{Kg}} = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad \text{και} \quad (I_B)_{70\text{Kg}} = \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

όπου t_s είναι ο χρόνος που εκτέθηκε το σώμα στο ρεύμα.

- Μία εργασία του ΕΜΠ καταλήγει ότι τα συστήματα γείωσης TT και TN-C-S είναι τα πιο κατάλληλα για μικροδίκτυα ΧΤ.
- Με αυτά οι ΔΠ θα λειτουργούν με ασφάλεια χωρίς τοπική γείωση των ουδετέρων τους, σε διασυνδεδεμένη και αυτόνομη λειτουργία.
- Για TN γείωση τα ρεύματα βραχυκυκλώματος είναι πολύ μεγάλα, λόγω της μικρής σύνθετης αντίστασης που υπάρχει στο βρόγχο του βραχυκυκλώματος (ο δρόμος επιστροφής του βραχυκυκλώματος είναι ο αγωγός ουδετέρου).
- Τα αντίστοιχα ρεύματα στην TT γείωση είναι μικρότερα, γιατί τα ρεύματα βραχυκυκλώματος επιστρέφουν μέσω της μεγάλης αντίστασης γείωσης.

Απαιτήσεις γείωσης ουδετέρου

- Το σύστημα γείωσης ουδετέρου για ένα μικροδίκτυο πρέπει να εξασφαλίζει αποτελεσματική προστασία από σφάλματα, ακεραιότητα μόνωσης και ασφάλεια σε αυτόνομη ή διασυνδεδεμένη λειτουργία.
- Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του συστήματος γείωσης του μικροδίκτυου πρέπει να εξετάσει τα ακόλουθα:
 1. Πώς να παρέχει αποτελεσματική γείωση ουδετέρου για το σύστημα ΜΤ σε ένα αυτόνομο μικροδίκτυο, όταν ο Μ/Σ διανομής ΜΤ/ΧΤ είναι συνδεδεμένος σε Δ-Υ.
 2. Πώς να παρέχει αποτελεσματική γείωση ουδετέρου για το σύστημα διανομής ΧΤ σε ένα αυτόνομο μικροδίκτυο, ειδικά όταν ο Μ/Σ διανομής ΜΤ/ΧΤ έχει σύνδεση Υ-γειωμένο/Υ-γειωμένο.
 3. Πώς να διατηρήσει συμβατότητα μεταξύ της γείωσης της ζώνης ΜΤ του μικροδίκτυου και της γείωσης του τροφοδότη του δικτύου που τροφοδοτεί το μικροδίκτυο.
 4. Αν το σύστημα γείωσης του μικροδίκτυου συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις γείωσης των υπαρχόντων ΔΠ.

Εναλλακτικές λύσης σύνδεσης των Μ/Σ διασύνδεσης.

- Στα δίκτυα διανομής με συμβατικά φορτία έχουν πλεονεκτήματα οι Μ/Σ υποβιβασμού τάσης με συνδεσμολογία Υg/Υg (g=γείωση).
- Στα μικροδίκτυα με ΔΠ εξετάζονται και οι Υg/Δ ή Δ/Δ.
- Όταν αποφασίζουμε τη σύνδεση του Μ/Σ διασύνδεσης πρέπει να ληφθούν υπόψη:
 - 1. Προδιαγραφές εκτροπέων υπερτάσεων (surge arresters).
 - 2. Συντονισμός των ηλεκτρονόμων γης.
 - 3. Ασύμμετρα φορτία στις γραμμές τροφοδοσίας.
 - 4. Ηλεκτρονόμοι γείωσης για γραμμές τροφοδοσίας.
 - 5. Ανάγκη για γείωση Μ/Σ.
 - 6. Μέτρο του ρεύματος βραχυκυκλώματος ΧΤ.

Επιλογή του συστήματος γείωσης.

- Το μικροδίκτυο πρέπει να διαθέτει το δικό του σύστημα γείωσης, ώστε να ταιριάζει με το σύστημα γείωσης των Μ/Σ διασύνδεσης.
- Αν χρησιμοποιούνται Μ/Σ Υg/Δ, τότε το μικροδίκτυο παραμένει επαρκώς γειωμένο ακόμα και μετά τη νησιδοποίηση.
- Αν χρησιμοποιούνται Μ/Σ Υg/Υg, τότε η αποτελεσματικότητα του συστήματος γείωσης εξαρτάται από τα συστήματα γείωσης των ΔΠ, αν είναι απευθείας συνδεδεμένες σύγχρονες γεννήτριες.
- Αν οι ΔΠ περιλαμβάνουν συστήματα ηλεκτρονικών μετατροπέων, τότε είναι δύσκολο να εξαχθεί συμπέρασμα.

Η επιλογή του συστήματος γείωσης δεν εξαρτάται μόνο από την σύνδεση του Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ, αλλά και από τη γείωση που απαιτείται από το δίκτυο.

- Αν χρειάζεται μπορεί να προβλεφθεί να εισάγεται ένα γρήγορο σύστημα γείωσης στο ΡCC κατά την αποσύνδεση του μικροδικτύου.

- Οι απαιτήσεις προστασίας για ένα μικροδίκτυο είναι πολύ διαφορετικές από αυτές ενός συμβατικού συστήματος διανομής.
- Πρέπει να εξασφαλίζει δύο κριτήρια:
 - 1) Τις προδιαγραφές διασύνδεσης που επιβάλλονται από το δίκτυο ή ορίζονται από τα τεχνικά πρότυπα.
 - 2) Η απαίτηση για έγκαιρη αποσύνδεση από το δίκτυο, ώστε να εξασφαλίζεται η επιθυμητή ποιότητα ισχύος και αξιοπιστία.
- Αν υπάρχει κάποια αντίφαση μεταξύ αυτών των δύο κριτηρίων, τότε αυτή πρέπει να επιλύεται με διαπραγματεύσεις ή ανοχές.

Για να είναι αξιόπιστη η προστασία υπερέντασης του μικροδίκτυου στην αυτόνομη λειτουργία πρέπει όλες οι συσκευές υπερέντασης του μικροδίκτυου να δέχονται ρεύμα βραχυκυκλώματος τουλάχιστον τρεις φορές μεγαλύτερο από το μέγιστο ρεύμα φορτίου (για να μη παραβιάζονται οι προδιαγραφές των προστασίας των M/Σ).

- Για πολύ μικρό ρεύμα σφάλματος, πρέπει να εγκατασταθούν συστήματα προστασίας που δεν στηρίζονται στην υπερένταση.
- Όταν είναι απαραίτητη η προστασία μεγάλης ταχύτητας χρησιμοποιούνται:
 - Α) μεγάλης ταχύτητας τηλεπικοινωνίες μεταξύ του υποσταθμού του δικτύου και του κύριου διακόπτη στο PCC,
 - Β) διακόπτης στερεάς κατάστασης στο PCC, αν ένας χρόνος αποσύνδεσης μικρότερος από 50 ms είναι απαραίτητος για την επιβίωση του μικροδίκτυου.
- Για γρήγορη αποσύνδεση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν μεγάλης ταχύτητας ηλεκτρονόμοι (με χρόνο λειτουργίας μικρότερο από μισό κύκλο) και πολύ γρήγοροι διακόπτες κενού.
 Συντονισμός μεταξύ των συσκευών προστασίας στο PCC, του υποσταθμού του δικτύου και των μικροπαραγωγών του μικροδίκτυου μπορεί να εξασφαλιστεί με ένα ευφυή PCM στο CC.
- Καλός συντονισμός οδηγεί σε αξιόπιστη λειτουργία του μικροδίκτυου και ελαχιστοποίηση των αποσυνδέσεων από το δίκτυο.

- Η ανάπτυξη του συστήματος προστασίας και της PCM απαιτεί την ανάπτυξη εφαρμογών προσομοίωσης και μοντέλων μικροδίκτυου σε εργαστήρια, για να μελετηθεί η μεταβατική απόκριση των τάσεων και ρευμάτων του μικροδίκτυου πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από ένα βραχυκύκλωμα.