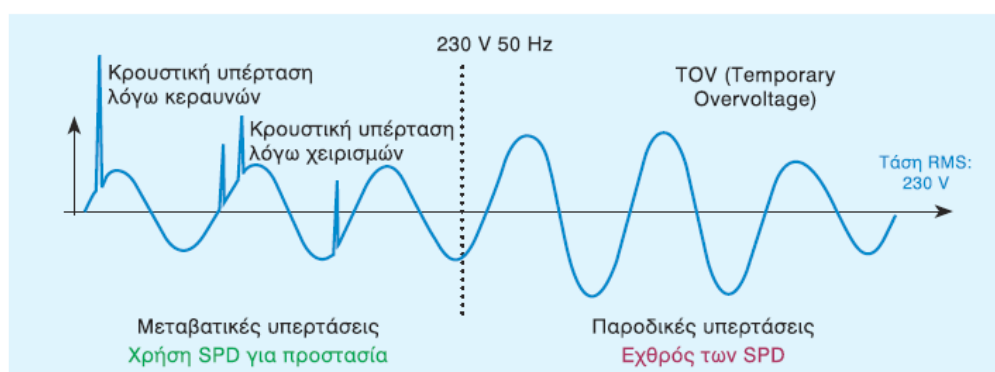


Αντικεραυνική προστασία με απαγωγούς υπερτάσεων (SPDs) σε ηλεκτρικούς πίνακες χαμηλής τάσης

Κεραυνικά πλήγματα και κρουστικές υπερτάσεις – Τι είναι;

Οι στιγμιαίες μεταβατικές (κρουστικές) υπερτάσεις αποτελούν την κυριότερη αιτία βλάβης των ηλεκτρικών συσκευών και της απώλειας της παραγωγικότητάς μας. Είναι υπερτάσεις που εμφανίζονται σε ηλεκτρικά κυκλώματα σαν αποτέλεσμα κεραυνικών πληγμάτων (άμεσων ή έμμεσων), διαδικασιών χειρισμού στο ηλεκτρικό δίκτυο (από μεγάλους διακόπτες ισχύος ζεύξης-απόζευξης, από συστοιχίες πυκνωτών αντιστάθμισης τάσης του δικτύου διανομής και μεγάλων καταναλωτών) ή λόγω άλλων παρασιτικών παρεμβολών.

Οι τάσεις αιχμής (surge overvoltages), που προκαλούνται από τα κεραυνικά φαινόμενα, διαφέρουν σημαντικά από τις παροδικές υπερτάσεις (temporary overvoltages-TOV) που μπορούν να σημειωθούν στο δίκτυο καθώς πρόκειται για τάσεις πολύ μικρής διάρκειας (εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου, μs) και μεγάλου πλάτους (μερικά kV). Οι βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν σχετίζονται άμεσα με την παραγωγικότητα μιας εγκατάστασης καθώς σε περιπτώσεις διακοπής της λειτουργίας της οι απώλειες είναι πολύ μεγαλύτερες από τα έξοδα εγκατάστασης ενός συστήματος προστασίας από υπερτάσεις (απώλειες δεδομένων, στάση παραγωγής, φθορές εξοπλισμού, κ.α.).



Συνεπώς η προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από μεταβατικές υπερτάσεις και κεραυνικά πλήγματα, είναι εξαιρετικής σημασίας.

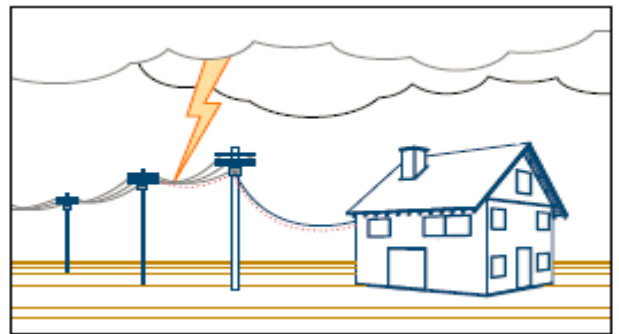
Αιτίες μεταβατικών υπερτάσεων

Άμεσο χτύπημα κεραυνού

Όταν ένας κεραυνός πλήξει ένα κτίριο εξοπλισμένο με εξωτερικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ), το ρεύμα του κεραυνού οδεύει προς το έδαφος μέσω των αγωγών καθόδου. Ωστόσο, η μεταβατική υπέρταση μπορεί να επιστρέψει στο κτίριο μέσω του αγωγού γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Αυτός ο τύπος άμεσης επίδρασης μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά, ζημιά στην εγκατάσταση και τον εξοπλισμό ή ακόμη και να τραυματίσει ανθρώπους ή ζώα. Παρόμοιες επιπτώσεις παρατηρούνται από κεραυνικά πλήγματα στις εναέριες γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.



Κεραυνικό πλήγμα σε εξωτερικό ΣΑΠ ή στο κτίριο



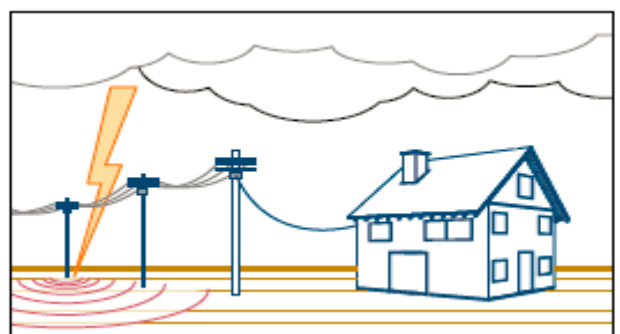
Κεραυνικό πλήγμα σε εναέρια γραμμή συνδεδεμένη με το κτίριο

Μεταβατικές υπερτάσεις από έμμεσα πλήγματα κεραυνών

Η εμφάνιση μεταβατικών υπερτάσεων μπορεί επίσης να είναι το αποτέλεσμα έμμεσου χτυπήματος κεραυνού κοντά στο κτίριο ή τις εξωτερικές γραμμές που συνδέονται με το κτίριο. Σε μια τέτοια περίπτωση, το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από το ρεύμα εκκένωσης του κεραυνού προκαλεί ωμικές και επαγωγικές ζεύξεις. Ως αποτέλεσμα, οι ζεύξεις αυτές μπορεί να προκαλέσουν δυσλειτουργία ή ζημιές στην εσωτερική εγκατάσταση ή τον εξοπλισμό.



Κεραυνικό πλήγμα κοντά σε κτίριο



Κεραυνικό πλήγμα κοντά σε εναέρια γραμμή

Μεταβατικές υπερτάσεις από χειρισμό

Οι υπερτάσεις χειρισμού, οι οποίες είναι λιγότερο ισχυρές και καταστροφικές από τις μεταβατικές υπερτάσεις που προκαλούνται από κεραυνικά πλήγματα, οφείλονται στο χειρισμό διακοπτικών μέσων στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και συμβαίνουν πολύ πιο συχνά, προκαλώντας πρόωρη γήρανση του εξοπλισμού και καταπόνηση των μονώσεων. Οι υπερτάσεις αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται κατάλληλα για να αποτρέπονται τα δαπανηρά έξοδα χρόνου μη διαθεσιμότητας και συντήρησης.

Προστασία με απαγωγούς μεταβατικών/κρουστικών υπερτάσεων (Πρότυπα)

Το πρότυπο IEC 62305 εισήγαγε την έννοια των περιοχών προστασίας από κεραυνικά πλήγματα (LPZ) με σκοπό να βοηθήσει την επιλογή της κατάλληλης προστασίας από τις υπερτάσεις. Η έννοια αυτή διασφαλίζει την προοδευτική μείωση ανά στάδια των ενεργειών και της υπέρτασης που προκαλούνται από την κεραυνική δραστηριότητα. Αυτή η συντονισμένη προστασία των ξεχωριστών περιοχών ενός κτιρίου ονομάζεται “προοδευτική προστασία”.

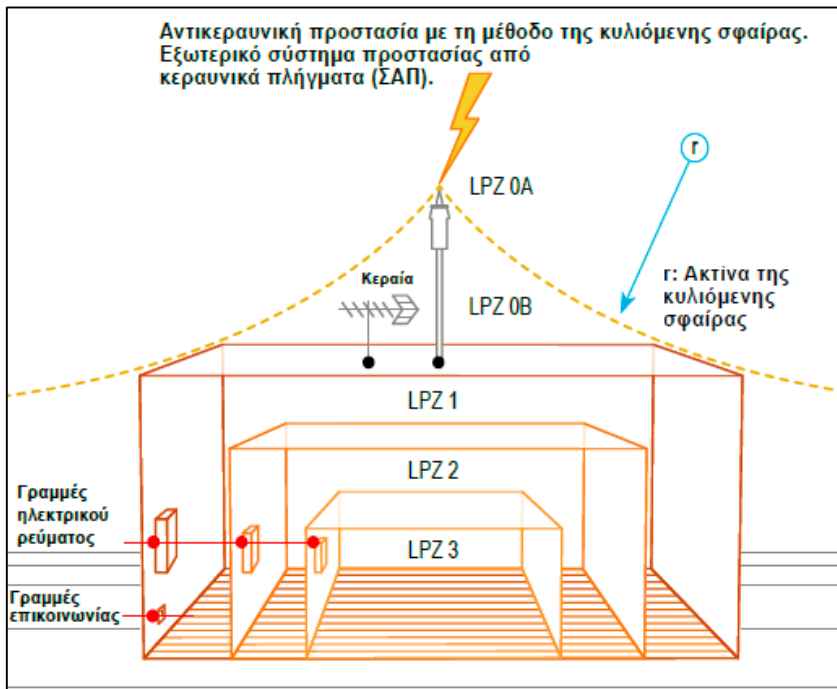
Εξωτερικές περιοχές:

- LPZ 0A Απροστάτευτη περιοχή εκτός κτιρίου υποκείμενη σε κεραυνικά πλήγματα που αναμένεται να αντιμετωπίσει το πλήρες ρεύμα και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του κεραυνού.
- LPZ 0B Περιοχή προστατευμένη κατά των άμεσων κεραυνικών πληγμάτων από εξωτερικό ΣΑΠ. Οι υπερτάσεις προέρχονται από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του ρεύματος παροχέτευσης προς τη γη.

Εσωτερικές περιοχές:

Περιοχές εντός του κτιρίου οι οποίες προστατεύονται κατά των άμεσων κεραυνικών πληγμάτων.

- LPZ 1 Περιοχή υποκείμενη σε μερική κεραυνοπληξία ή ρεύματα υπέρτασης. Οι απαγωγοί υπερτάσεων κλάσης 1 θα πρέπει να τοποθετούνται στο όριο μεταξύ LPZ 0A και LPZ 1 για να μειώνουν την είσοδο ρευμάτων κεραυνού μέσω γραμμών ηλεκτρικού ρεύματος.
- LPZ 2...n Περιοχή όπου το ρεύμα υπέρτασης περιορίζεται με στραγγαλισμό και όπου η εκλυόμενη ενέργεια μειώνεται με τη χρήση επιπλέον απαγωγών υπερτάσεων κλάσης 2. Οι απαγωγοί κλάσης 2 τοποθετούνται στα όρια κάθε περιοχής, μεταξύ LPZ 1 και LPZ 2, LPZ 2 και LPZ 3 κλπ

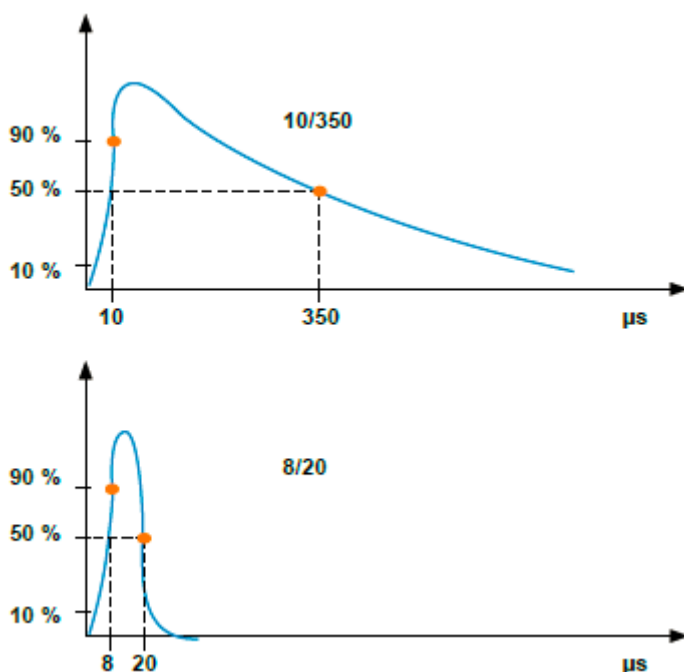


Περιγραφή περιοχών προστασίας από κεραυνικά πλήγματα (IEC 62305-4):

Το πρότυπο προτείνει τη διαίρεση του κτιρίου σε περιοχές προστασίας (LPZ). Ο στόχος είναι να διασφαλιστεί ότι κάθε περιοχή LPZ διαθέτει επαρκή προστασία για τον εξοπλισμό εντός αυτής της περιοχής. Για να γίνει αυτό, οι απαγωγοί υπερτάσεων (SPD) τοποθετούνται στα όρια της περιοχής προστασίας. Κάθε φορά που τοποθετείται ένας απαγωγός δημιουργείται καινούρια περιοχή προστασίας.

Κυματομορφή ρεύματος:

Οι κυματομορφές ρεύματος 10/350 και 8/20 χρησιμοποιούνται στις δοκιμές απαγωγών κλάσης 1 και 2. Το πρώτο ψηφίο προσδιορίζει το χρόνο που απαιτείται για να φτάσει το ρεύμα της κρουστικής υπέρτασης το 90% της μέγιστης στάθμης του, ενώ το δεύτερο ψηφίο για τη μείωση του εν λόγω ρεύματος στο 50% της μέγιστης τιμής του.



Επίπεδο προστασίας και αντοχή σε κρουστική τάση

Το επίπεδο προστασίας (U_p) του απαγωγού (SPD) πρέπει να επιλέγεται ανάλογα με την στάθμη υπέρτασης που δίδεται στη συσκευή η οποία προορίζεται για προστασία από μεταβατική υπέρταση. Κάθε συσκευή είναι κατασκευασμένη να αντέχει μια ορισμένη τιμή κρουστικής τάσης (U_w) ανάλογα με την κατηγορία της. Μία συσκευή προστατεύεται όταν το U_w είναι μεγαλύτερο από την αναμενόμενη μεταβατική υπέρταση μεταξύ των αγωγών τροφοδοσίας και της γείωσης (κοινή μέθοδος σύνδεσης-common mode). Αν η τιμή του U_w είναι μικρότερη από την αναμενόμενη υπέρταση, χρειάζεται να εγκατασταθεί απαγωγός υπέρτασης. Ο απαγωγός προστατεύει την συσκευή όταν το επίπεδο προστασίας (U_p), το οποίο υπολογίζεται βάσει του ονομαστικού ρεύματος (I_n), ισούται ή είναι μικρότερο από την αντοχή σε κρουστική τάση της συσκευής:

$$U_p/f \leq U_w$$

Το πρότυπο IEC 60364-4-44 ορίζει την απαιτούμενη αντοχή σε κρουστική τάση για διαφορετικές κατηγορίες συσκευών, όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

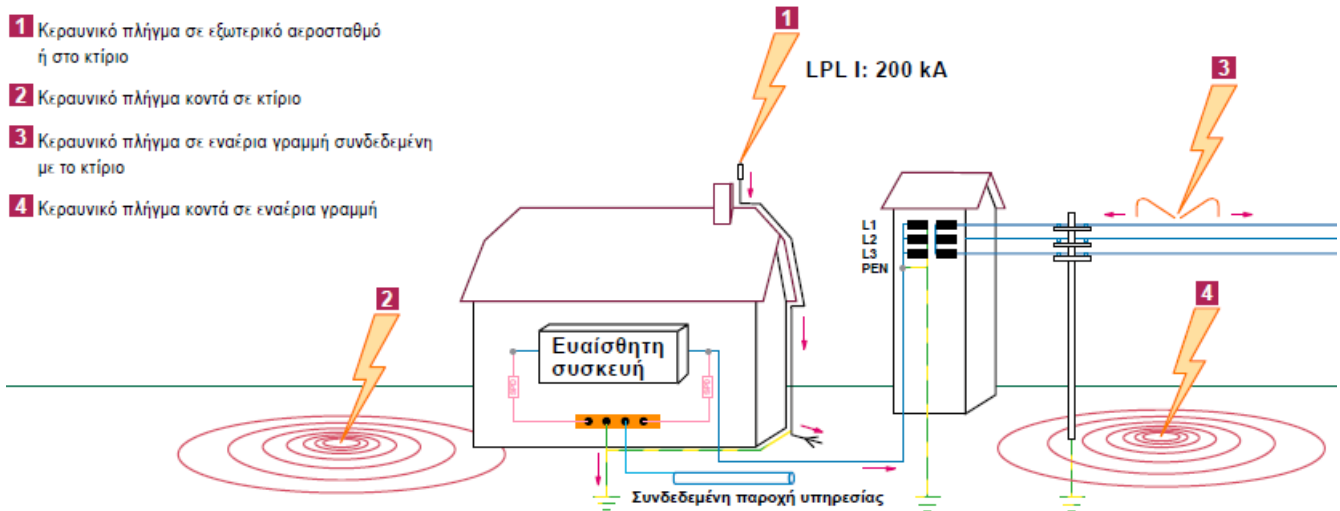
Κατηγορίες		U _n	Παραδείγματα
	230/400 V	400/690 V	
I	1500 V	2500 V	Συσκευή η οποία περιέχει ιδιαίτερα ευαίσθητα ηλεκτρονικά κυκλώματα: - Σταθμοί εργασίας πληροφορικής, υπολογιστές, TV, HiFi, Βίντεο, Συναεγρμoί - Οικιακές συσκευές με ηλεκτρονικά προγράμματα κλπ.
II	2500 V	4000 V	Οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, εργαλεία χειρός κλπ.
III	4000 V	6000 V	Συσκευές υποκείμενες σε ειδικές απαιτήσεις. Πίνακες διανομής, διακόπτες, αποζεύκτες κλπ
IV	6000 V	8000 V	Συσκευές για χρήση στην αρχή της εγκατάστασης. Μετρητές ηλεκτρικού ρεύματος, αποζεύκτες κυκλώματος κλπ

Επιλογή απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων

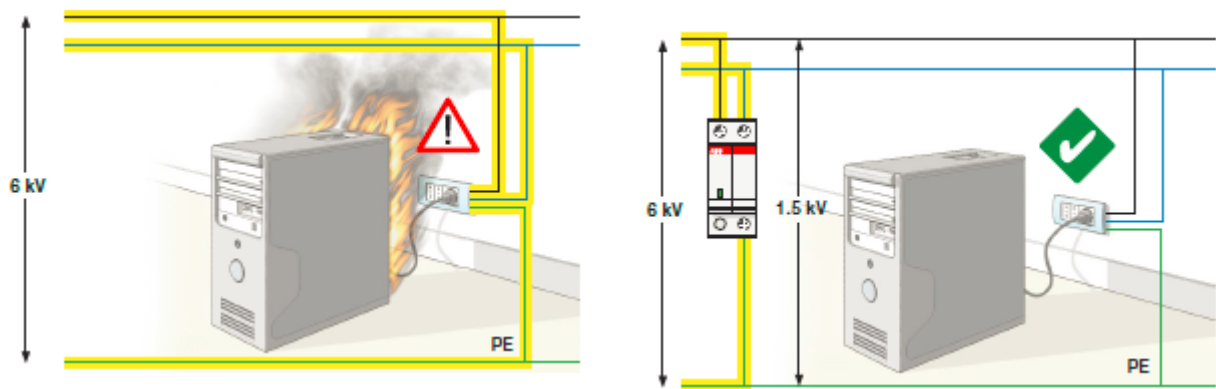
Η επιλογή της ικανότητας στιγμιαίας αποφόρτισης των απαγωγών υπερτάσεων εξαρτάται από την πιθανότητα εμφάνισης υπερτάσεων λόγω κεραυνικής δραστηριότητας, καθοριζόμενη από την ανάλυση κινδύνου σύμφωνα με το IEC 62305-2. Αν υπάρχει κίνδυνος άμεσου πλήγματος κεραυνού στο κτίριο, θα πρέπει να εγκατασταθεί SPD Τύπου 1 στην είσοδο παροχής χαμηλής τάσης και απαγωγός Τύπου 2 και Τύπου 3 στους πίνακες υποδιανομής, όσο το δυνατόν πιο κοντά στις συσκευές που προορίζεται για προστασία. Όταν δεν υπάρχει κίνδυνος άμεσου πλήγματος κεραυνού στο κτίριο, όταν η τροφοδοσία γίνεται από υπόγειες και όχι από εναέριες γραμμές τροφοδοσίας ή όταν δεν υπάρχει εξωτερικό ΣΑΠ τότε μπορεί να εγκατασταθεί απαγωγός Τύπου 2 στην είσοδο παροχής και στους πίνακες υποδιανομής. Θα πρέπει να επιλέγεται απαγωγός Τύπου 1 με τα μέγιστα χαρακτηριστικά παλμικού ρεύματος (I_{imp}), και απαγωγός Τύπου 2 με το ονομαστικό του ρεύμα (I_n) και μέγιστα χαρακτηριστικά ρεύματος εκκένωσης (I_{max}).

Παράδειγμα υπολογισμού SPD Τύπου 1 κατά (IEC62305-4):

- Υπολογισμός επιπέδου προστασίας από την κεραυνοπληξία: LPL I
- Μέγιστο ρεύμα κορυφής: $I=200$ kA
- Πρόσληψη: τέλειος καταμερισμός ρεύματος
- Αριθμός συνδεδεμένων παροχών υπηρεσίας (γείωση, σωλήνες ύδρευσης): $m=2$
- Διαμόρφωση δικτύου: 3 Φάσεις + Ουδέτερο ($n=4$)
- Συνολικό ρεύμα (I_{imp})/φάση $= I \times 0,5 / (m \times n) = 200 \times 0,5 / (2 \times 4) = 12,5$ kA

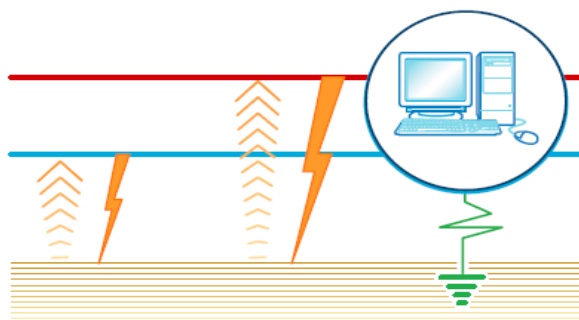


Αντικεραυνική προστασία με απαγωγούς υπερτάσεων (SPDs: Surge protection devices)

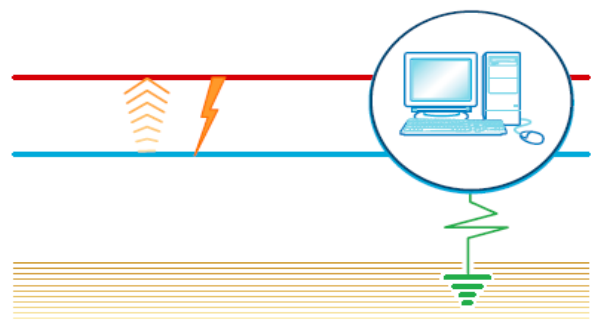


Σύνδεση απαγωγών υπερτάσεων

Οι δυνατότητες σύνδεσης των απαγωγών υπερτάσεων είναι δύο:



Εμφάνιση υπερτάσεων σε συνδεσμολογία απαγωγών με κοινό τρόπο



Εμφάνιση υπερτάσεων σε συνδεσμολογία απαγωγών με διαφορετικό τρόπο

Ο τρόπος με τον οποίο θα συνδεθούν οι απαγωγοί υπερτάσεων σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (κοινός ή διαφορικός) εξαρτάται άμεσα από το σύστημα γείωσης το οποίο χρησιμοποιείται (IT, TNC, TNS, TT). Για το σκοπό αυτό διατίθενται διαφορετικοί τύποι απαγωγών για όλα τα συστήματα (μονοπολική, 3L, 4L, 1N, 3N).

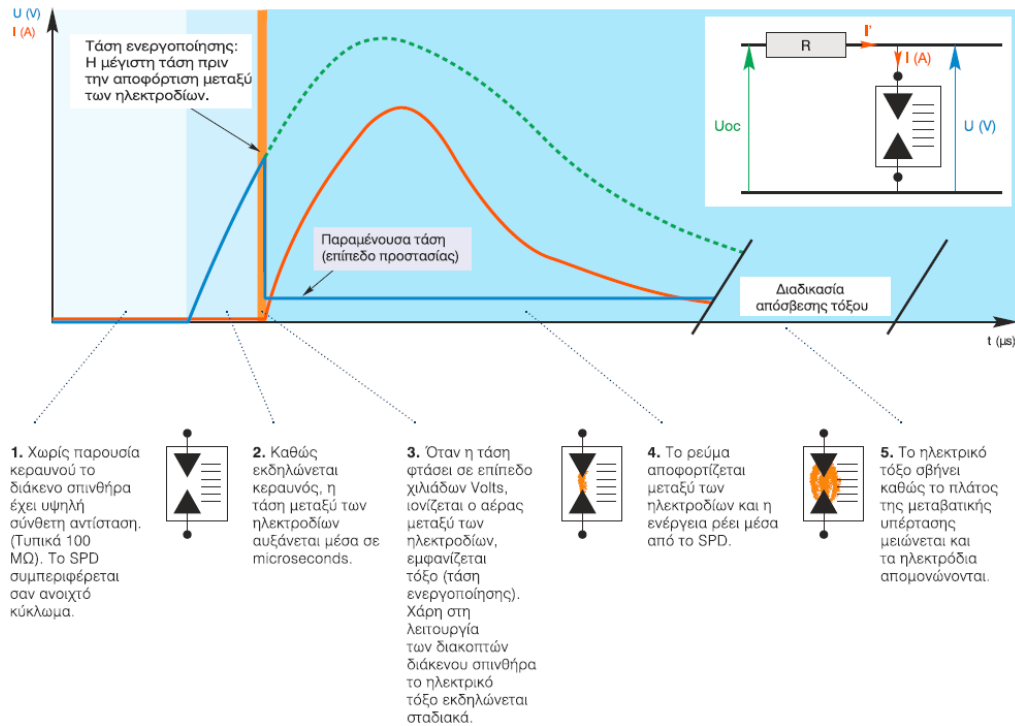
Τεχνολογία απαγωγών υπερτάσεων

Κάθε απαγωγός υπερτάσεων περιέχει τουλάχιστον ένα μη-γραμμικό στοιχείο προστασίας, που η ηλεκτρική του αντίσταση μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στους απαγωγούς υπερτάσεων είναι: spark-gaps (σπινθηριστές) ή βαρίστορ (MOV – metal oxide varistor).

Απαγωγοί υπερτάσεων με spark-gaps

Οι απαγωγοί που διαθέτουν διάκενο σπινθήρα (spark gap), ονομάζονται και διακόπτες γιατί σε περίπτωση εμφάνισης κύματος κρουστικής υπέρτασης, διακόπτουν το τμήμα του κυκλώματος που πρόκειται να προστατέψουν. Το διάκενο σπινθήρα είναι ένα εξάρτημα που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια σε μικρή απόσταση μεταξύ τους που απομονώνουν το τμήμα του υπό προστασία κυκλώματος όταν η τάση στα άκρα τους ξεπεράσει ένα ορισμένο επίπεδο. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του συστήματος (στην ονομαστική τάση), το διάκενο σπινθήρα, δεν άγει ρεύμα μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Με την παρουσία ενός κύματος τάσης, η σύνθετη αντίσταση του διακενου σπινθήρα μειώνεται ταχέως (τυπικός χρόνος ενεργοποίησης: 100 ns) σε 0,1-1 Ω με το σχηματισμό ενός ηλεκτρικού τόξου μεταξύ των ηλεκτροδίων. Το ηλεκτρικό τόξο σβήνει όταν το πλάτος της μεταβατικής υπέρτασης μειώνεται, αποκαθιστώντας έτσι την απομόνωση μεταξύ των ηλεκτροδίων.

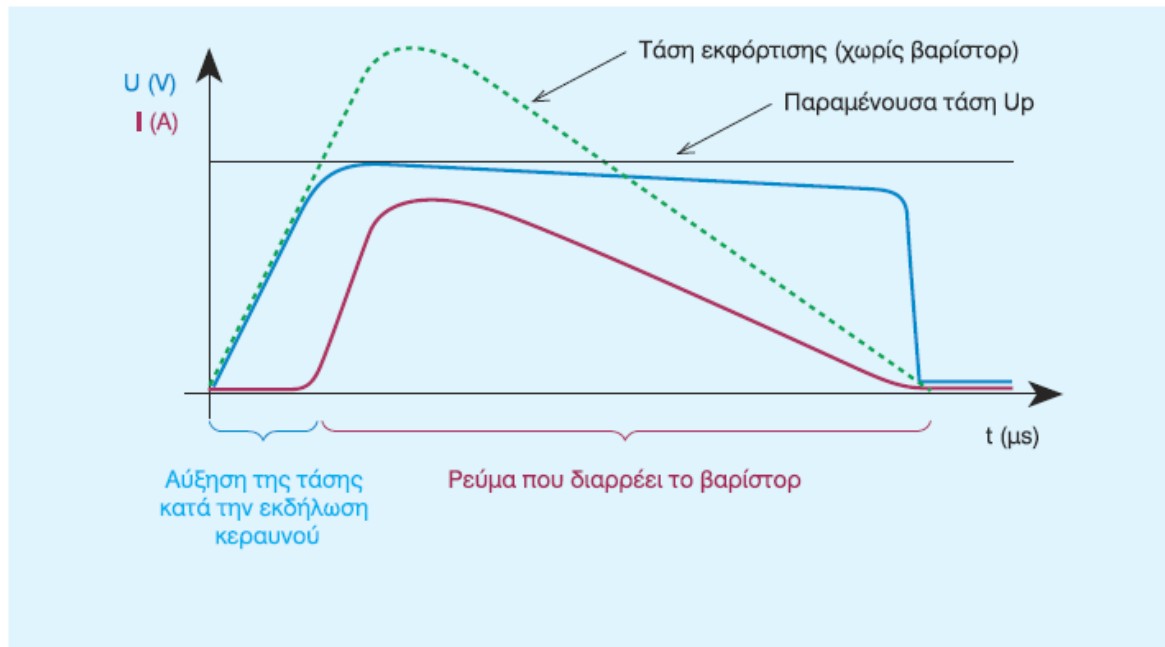
Αρχή λειτουργίας των διακενων σπινθήρων



Απαγωγοί υπερτάσεων με βαρίστορ (varistor)

Τα βαρίστορ είναι ημιαγωγικά στοιχεία τα οποία μεταβάλλουν την αντίστασή τους σύμφωνα με την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα τους. Η μεταβολή της αντίστασης αυτής είναι μεν συνεχής αλλά μη γραμμική (Τάση U σε σχέση με το ρεύμα I). Τα βαρίστορ που χρησιμοποιούνται στους απαγωγούς υπερτάσεων έχουν σαν στόχο τον περιορισμό της τάσης που εφαρμόζεται στο τμήμα του υπό προστασία κυκλώματος. Όταν δεν υπάρχει κύμα μεταβατικής υπέρτασης η σύνθετη αντίσταση του βαρίστορ έχει πολύ υψηλή τιμή (συνήθως πάνω από 1 MΩ). Όταν όμως εμφανίζεται ένα κύμα, η σύνθετη αντίσταση του βαρίστορ πέφτει ακαριαία κάτω από το 1 Ω μέσα σε λίγα νανοδευτερόλεπτα (ns), επιτρέποντας το επερχόμενο ρεύμα να ακολουθήσει τη διαδρομή προς την γείωση της εγκατάστασης και όχι προς τις συσκευές που θέλουμε να προστατέψουμε. Το βαρίστορ ανακτά τις ιδιότητες απομόνωσης του μετά την εκφόρτιση του κύματος. Μια ιδιαιτερότητα των βαρίστορ είναι ότι ένα αμελητέο ρεύμα ρέει πάντοτε μέσα από το σώμα τους γνωστό και ως υπολειπόμενο ή εναπομένων ρεύμα (IPE: 100 έως 200 μΑ).

Λειτουργία βαρίστορ από SPD σε περίπτωση υπέρτασης.



*Πηγή: ABB A.E.

Δημοσίευση: Οκτώβριος 2014

Υπόμνημα

Σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά απαγωγών υπερτάσεων - Ορολογία

Απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων (SPD)

Συσκευή που έχει σχεδιαστεί για να περιορίζει τις μεταβατικές υπερτάσεις και το ρεύμα σε απευθείας κεραυνικό πλήγμα. Οι μονάδες αυτές όταν συμμορφώνονται με το διεθνές πρότυπο IEC 61643-11, ταξινομούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες (Κλάσης/Τύπου I, II και III).

Απαγωγός υπερτάσεων Κλάσης 1

Οι δοκιμές κλάσης I στις οποίες υποβάλλονται οι συγκεκριμένοι απαγωγοί, διεξάγονται με κρουστικό ρεύμα εκκένωσης ($I_{imp} - 10/350 \mu s$). Οι απαγωγοί κλάσης 1, είναι κατασκευασμένοι να παρεκκλίνουν το άμεσο κρουστικό ρεύμα του κεραυνικού πλήγματος, στην είσοδο της παροχής χαμηλής τάσης (LPZ 0A έως 1, βάσει IEC 61643-11).

Απαγωγός υπερτάσεων Κλάσης 2

Οι δοκιμές κλάσης II στις οποίες υποβάλλονται οι συγκεκριμένοι απαγωγοί, διενεργούνται με ονομαστικό ρεύμα ($I_n - 10/350 \mu s$). Οι απαγωγοί κλάσης 2, περιορίζουν σε ασφαλή επίπεδα τις μεταβατικές υπερτάσεις που οφείλονται σε ατμοσφαιρικές υπερτάσεις. Προορίζονται για εγκατάσταση σε υποπίνακες διανομής (LPZ1 και 2) όταν δεν υπάρχει κίνδυνος άμεσου κεραυνικού.

Απαγωγός υπερτάσεων Κλάσης 3

Οι απαγωγοί κλάσης III υποβάλλονται σε δοκιμές συνδυασμένων κυματομορφών ρεύματος 1.2/50 και 8/20. Οι συγκεκριμένες μονάδες χρησιμοποιούνται για περιορισμό μεταβατικών υπερτάσεων για προστασία εξαιρετικά ευαίσθητων συσκευών.

I_{imp} : Κρουστικό ρεύμα εκκένωσης για δοκιμές Κλάσης I. Τιμή ρεύματος αιχμής με κυματομορφή ρεύματος 10/350μs για απαγωγό υπέρτασης Τύπου 1 που έχει σχεδιαστεί να παρεκκλίνει το ρεύμα υπέρτασης από άμεσο κεραυνικό πλήγμα.

I_n : Ονομαστικό ρεύμα εκκένωσης για δοκιμές Κλάσης II. Τιμή ρεύματος αιχμής για απαγωγό υπέρτασης με κυματομορφή ρεύματος 8/20 μs.

I_{max} : Μέγιστη τιμή ρεύματος εκκένωσης για απαγωγό Τύπου II με κυματομορφή ρεύματος 8/20 μs.

U_n : Ονομαστική τάση του συστήματος που προορίζεται για προστασία.

U_c / $MCOV$: Μέγιστη συνεχής τάση λειτουργίας.

Είναι η μέγιστη ενεργός τιμή τάσης που μπορεί να εφαρμοστεί στους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων. Αυτό πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με την ονομαστική τάση του συστήματος.

Ur: Επίπεδο προστασίας τάσης.

Επίπεδο προστασίας των απαγωγών υπερτάσεων, το Ur ελέγχεται στο ονομαστικό ρεύμα εκκένωσης (In).

UT: Προσωρινή υπέρταση (TOV).

Δοκιμή η οποία διενεργείται για να δώσει την μέγιστη τάση που μπορεί να αντέχει ο απαγωγός για συγκεκριμένο χρόνο.

Isccl: Ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκυκλώματος.

Μέγιστο αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος από το σύστημα ισχύος σε συνδυασμό με την εφεδρική προστασία του κλάδου του απαγωγού υπερτάσεων.

Ifi: Ικανότητα διακοπής ακόλουθου ρεύματος.

Αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος που είναι ικανός να διακόψει ένα απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, χωρίς τη χρήση εφεδρικού ασφαλιστικού μέσου (αυτό το χαρακτηριστικό αναφέρεται σε απαγωγούς).

LPL: Επίπεδο προστασίας από κεραυνικά πλήγματα.

LPL I => Κορυφαίο επίπεδο 200 kA

LPL II => Κορυφαίο επίπεδο 150 kA

LPL III και IV => Κορυφαίο επίπεδο 100 kA