

Χρήση διόδου καταστολής μεταβατικής τάσης σε επιτηρούμενες από ΔΔ ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (μέρος β')

AI generated

Η τάση μεταξύ ουδετέρου και γείωσης (N-G) μπορεί να προκαλέσει ασταθή λειτουργία στον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό· για αυτό η χρήση διόδου καταστολής μεταβατικής τάσης (TVS-D) σε συνδυασμό με διακόπτη διαρροής έντασης (Δ.Δ.Ε.) συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.



Άρθρο του κ. Νικόλαου Στήθου*

Ένα μετρούμενο δυναμικό μερικών βολτ μεταξύ των αγωγών ουδετέρου και γείωσης, επί της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (τάση N-G), δύναται να προκαλέσει την ακανόνιστη λειτουργία του ευαίσθητου ηλεκτρονικού εξοπλισμού που περιέχει μικροεπεξεργαστές, οδηγώντας σε «κλειδωμα» του συστήματος, με αποτέλεσμα να απαιτείται η επανεκκίνησή του. Σκοπός του παρόντος τεχνικού άρθρου (το οποίο αποτελεί το β' μέρος του άρθρου που δημοσιεύτηκε στο προηγούμενο τεύχος του περιοδικού) είναι να παρουσιαστεί η αξία της χρήσης μίας διόδου καταστολής μεταβατικής τάσης (TVS-D) σε μία εγκατάσταση που προστατεύεται από διακόπτη διαρροής έντασης (Δ.Δ.Ε.). Με τη χρήση της προαναφερθείσας διάταξης μπορεί να εξασφαλιστεί η προστασία της ηλεκτρικής εγκατάστασης από το παραπάνω φαινόμενο και να διασφαλιστεί η αδιάλειπτη λειτουργία και προστασία του εξοπλισμού.

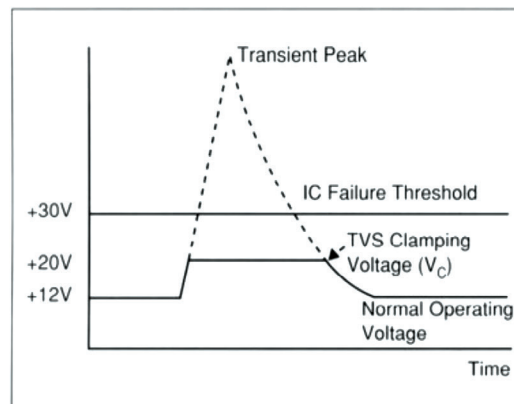
Δίοδος καταστολής μεταβατικής τάσης (TVS-D)

Η δίοδος καταστολής μεταβατικής τάσης (TVS-D) είναι ένα μικροηλεκτρονικό υλικό το οποίο παρέχει προστασία από υπερτάσεις που εμφανίζονται σε διασυνδεδεμένους αγωγούς.

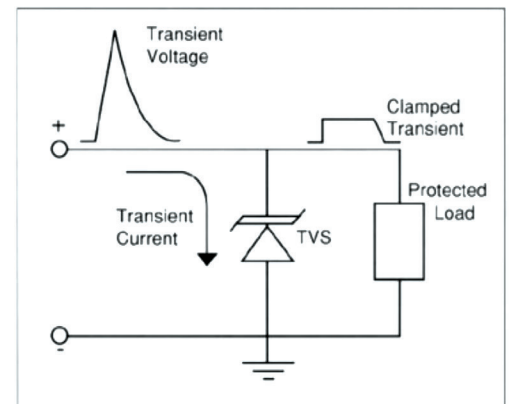
Περιγραφή

Η δίοδος TVS λειτουργεί μετατοπίζοντας την πλεονάζουσα ένταση που παράγεται όταν η επαγόμενη τάση υπερβαίνει το δυναμικό διάσπασης χιονοστιβάδας. Πρακτικά, καταστέλλει όλες τις υπερτάσεις που υπερβαίνουν την τάση αποκοπής της και επαναφέρεται αυτόματα όταν η υπέρταση εξαλειφθεί. Μία δίοδος TVS μπορεί να είναι είτε μονοκατευθυντική είτε αμφίδρομη. Μια μονοκατευθυντική δίοδος λειτουργεί ως ανορθωτής όταν άγει, όπως κάθε δίοδος χιονοστιβάδας, αλλά κατασκευάζεται και πιστοποιείται για το χειρισμό πολύ υψηλών υπερτάσεων.

ΕΙΚΟΝΑ 1: Αρχή λειτουργίας TVS



Voltage on the Y-axis exceeds the upper limit of 20V and is instantly clamped to an acceptable level by the TVS in the circuit. TVSs respond rapidly.^[2]



A TVS is invisible to the circuit it protects. Here, it diverts the overvoltage on the input to ground.^[2]

Comparison Of TVS Components^[3]

Component Type	Protection Time	Protection Voltage	Power Dissipation	Reliable Performance	Expected Life	Other Considerations
Gas Tube	> 1 μs	60–100 V	Nil	No	Limited	Only 50–2500 surges. Can short power line.
MOV	10–20 ns	> 300 V	Nil	No	Degrades	Fusing required. Degrades. Voltage level too high.
AVALANCHE TVS	50 ps	3–400 V	Low	Yes	Long	Low power dissipation. Bidirectional also available.
THYRISTOR TVS	< 3 ns	30–400 V	Nil	Yes	Long	High capacitance. Temperature sensitive.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Αντιπαράθεση κατασταλτικών διατάξεων

Μια δίοδος TVS μπορεί να ανταποκριθεί σε υπερτάσεις ταχύτερα από άλλα κοινά μικροηλεκτρονικά προστασίας, όπως είναι τα βαρίστορ ή οι σωλήνες εκκένωσης αερίου (GDT). Ο πραγματικός περιορισμός συμβαίνει σε περίπου ένα picosecond, με αποτέλεσμα αυτό να καθιστά τις διόδους TVS χρήσιμες για προστασία από πολύ γρήγορες και συχνά επιβλαβείς παροδικές τάσεις. Αυτές οι γρήγορες παροδικές υπερτάσεις συμβαίνουν σε όλα τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, και μπορούν να προκληθούν είτε από εσωτερικά είτε από εξωτερικά γεγονότα, όπως είναι ένας κεραυνός ή ένα τόξο κινητήρα. Οι δίοδοι TVS δύναται να αστοχήσουν εάν υποβληθούν σε τάσεις ή συνθήκες πέραν των ονομαστικών.

Χαρακτηριστικά

Μία δίοδος TVS χαρακτηρίζεται από τα εξής:

- **Ρεύμα διαρροής (Leakage current):** Το ρεύμα που άγει η δίοδος όταν εφαρμόζεται τάση κατώτερη της μέγιστης αντίστροφης.
- **Μέγιστη αντίστροφη τάση (Maximum reverse standoff voltage):** Η τάση κάτω από την οποία η δίοδος δεν άγει σημαντικά.
- **Τάση διάσπασης (Breakdown voltage):** Η τάση στην οποία η δίοδος αρχίζει να άγει σημαντικά.
- **Τάση συγκράτησης (Clamping voltage):** Η τάση στην οποία η δίοδος θα άγει το πλήρες ονομαστικό της ρεύμα (εκατοντάδες έως χιλιάδες αμπερ).
- **Παρασιτική χωρητικότητα (Parasitic capacitance):** Η μη αγωγίμη δίοδος συμπεριφέρεται σαν πυκνωτής, ο οποίος μπορεί να παραμορφώσει τα σήματα υψηλής ταχύτητας. Γενικά προτιμάται η χαμηλότερη χωρητικότητα.
- **Παρασιτική επαγωγή (Parasitic inductance):** Καθώς η εναλλαγή της υπέρτασης είναι αρκετά γρήγορη, η επαγωγική ικανότητα της διάταξης αποτελεί δεσμευτικό παράγοντα στο χρόνο απόκρισης.
- **Μέγεθος απορροφούμενης ενέργειας:** Επειδή οι μεταγωγές είναι σύντομες, όλη η ενέργεια αποθηκεύεται αρχικά εσωτερικά ως θερμότητα, για αυτό και ενδείκνυται η χρήση ψήκτρας. Έτσι, μια δίοδος υψηλής ενέργειας πρέπει να έχει πρακτικά και μεγάλες δια-

στάσεις. Εάν αυτή η χωρητικότητα είναι πολύ μικρή, η υπέρταση θα καταστρέψει τη δίοδο και θα αφήσει το κύκλωμα απροστάτευτο.

Διακόπτης διαρροής έντασης (Δ.Δ.Ε.)

Ένας διακόπτης διαρροής έντασης (Δ.Δ.Ε.) είναι μια διάταξη προστασίας που διακόπτει γρήγορα ένα ηλεκτρικό κύκλωμα για να αποτρέψει σοβαρή βλάβη από μια συνεχιζόμενη ηλεκτροπληξία. Αυτές οι ηλεκτρικές διατάξεις προστασίας έχουν σχεδιαστεί ώστε να αποσυνδέουν γρήγορα και αυτόματα ένα κύκλωμα, όταν ανιχνεύουν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δεν είναι ισορροπημένο μεταξύ των αγωγών φάσης και ουδέτερου ενός κυκλώματος. Οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ των ρευμάτων σε αυτούς τους αγωγούς υποδεικνύει ρεύμα διαρροής, το οποίο παρουσιάζει κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

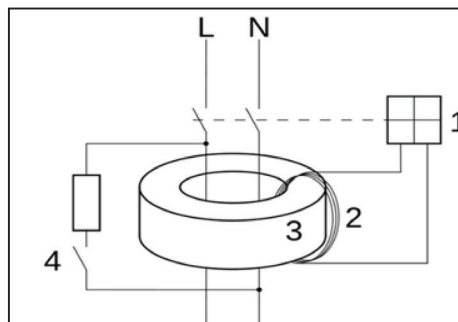
Σκοπός και λειτουργία

Οι Δ.Δ.Ε. έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να αποσυνδέουν το ηλεκτρολογικό κύκλωμα εάν ανιχνευτεί ρεύμα διαρροής. Ανιχνεύοντας μικρά ρεύματα διαρροής (συνήθως 5-30 mA) και πραγματοποιώντας αποσύνδεση άμεσα (<30 χιλιοστά του δευτερολέπτου), μπορεί να αποτρέψουν την ηλεκτροπληξία. Αποτελούν ουσιαστικό μέρος της αυτόματης αποσύνδεσης της παροχής (ADS) καθώς, αντί να βασίζονται στην ανθρώπινη παρέμβαση, απενεργοποιούνται όταν αναπτύσσεται μια βλάβη, κάτι που αποτελεί μια από τις βασικές αρχές της σύγχρονης ηλεκτρικής πρακτικής. Για να αποφευχθεί η ηλεκτροπληξία, οι Δ.Δ.Ε. θα

πρέπει να λειτουργούν εντός 25-40 χιλιοστών του δευτερολέπτου υπό οποιοδήποτε ρεύμα διαρροής (μέσω ενός ατόμου) έντασης μεγαλύτερης από 30 mA, προτού η ηλεκτροπληξία μπορέσει να προκαλέσει στο εν δυνάμει θύμα καρδιακή μαρμαρυγή, την πιο κοινή αιτία θανάτου λόγω ηλεκτροπληξίας. Αντίθετα, οι συμβατικοί διακόπτες κυκλώματος ή οι ασφάλειες διακόπτουν το κύκλωμα μόνο στην περίπτωση υπερεντάσεων (το οποίο μπορεί να είναι χιλιάδες φορές το ρεύμα διαρροής στο οποίο ανταποκρίνεται ένας Δ.Δ.Ε.). Ένα μικρό ρεύμα διαρροής μπορεί να είναι ένα πολύ σοβαρό σφάλμα, αλλά πιθανότατα δεν θα αύξανε το συνολικό ρεύμα αρκετά ώστε μια ασφάλεια ή ένας διακόπτης κυκλώματος να διακόψει το κύκλωμα, και σίγουρα όχι αρκετά γρήγορα για να σωθεί μια ανθρώπινη ζωή. Οι Δ.Δ.Ε. συγκρίνουν το ισοζύγιο ρεύματος μεταξύ δύο αγωγών χρησιμοποιώντας έναν μετασχηματιστή διαφορικού ρεύματος. Αυτό μετρά τη διαφορά μεταξύ του ρεύματος που ρέει μέσω του ενεργού αγωγού και του ρεύματος που επιστρέφει μέσω του ουδέτερου αγωγού. Εάν το αλγεβρικό άθροισμα αυτών δεν είναι μηδέν, υπάρχει διαρροή ρεύματος και ο Δ.Δ.Ε. θα ανοίξει τις επαφές του. Για έναν Δ.Δ.Ε. επιτήρησης τριφασικής εγκατάστασης, οι τρεις αγωγοί υπό τάση και ο ουδέτερος (εάν υπάρχει) πρέπει να διέρχονται μέσω του μετασχηματιστή ρεύματος.

Τυπικός σχεδιασμός

Όπως φαίνεται στην εικόνα 3, στον εσωτερικό μηχανισμό ενός Δ.Δ.Ε., η εισερχόμενη παροχή τροφοδότησης και οι ουδέτεροι αγωγοί συνδέονται με τους ακροδέκτες στο σημείο 1, ενώ οι εξερχόμενοι αγωγοί φορτίου συνδέονται με τους ακροδέκτες στο σημείο 2. Ο αγωγός γείωσης συνδέεται από την κεντρική παροχή, καθώς δεν απαιτείται η διακοπή του υπό καμία συνθήκη. Όταν πιεστεί το κουμπί επαναφοράς στο σημείο 3, οι επαφές στο σημείο 4 και στο σημείο 5 κλείνουν, επιτρέποντας τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στο σημείο 5 διατηρεί τις επαφές κλειστές



ΕΙΚΟΝΑ 2: Αρχή λειτουργίας Δ.Δ.Ε.

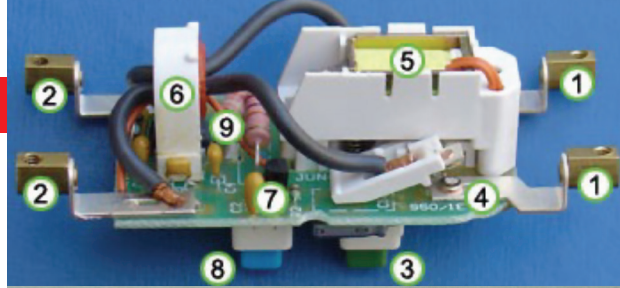
- 1. Μηχανισμός Απόζευξης
- 2. Δευτερεύον Τύλιγμα Ηλεκτρονόμου
- 3. Τοροειδής Πυρήνας
- 4. Πλήκτρο Δοκιμής
- L: Αγωγός Φάσης
- N: Αγωγός Ουδέτερου

όταν απελευθερωθεί το κουμπί επαναφοράς. Το πηνίο στο σημείο 6 είναι ένας μετασχηματιστής διαφορικού ρεύματος που περιβάλλει (αλλά δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένος) τους ενεργούς και ουδέτερους αγωγούς. Σε κανονική λειτουργία, όλο το ρεύμα υπό τον ενεργό αγωγό επιστρέφει στον ουδέτερο αγωγό. Τα ρεύματα στους δύο αγωγούς είναι επομένως ίσα και αντίθετα, και ακυρώνουν το ένα το άλλο. Οποιοδήποτε σφάλμα ως προς τον αγωγό γείωσης (για παράδειγμα, όταν ένα άτομο αγγίξει ένα ενεργό στοιχείο στη διασυνδεδεμένη συσκευή) προκαλεί ένα μέρος του ρεύματος να πάρει μια διαφορετική οδό επιστροφής. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια ανισορροπία (διαφορά) στο ρεύμα μεταξύ των δύο αγωγών (μονοφασική εγκατάσταση) ή, γενικότερα, ένα μη μηδενικό αλγεβρικό άθροισμα ρευμάτων μεταξύ διαφόρων αγωγών (τρεις ενεργοί αγωγοί και ένας ουδέτερος αγωγός). Αυτή η διαφορά προκαλεί ένα ρεύμα στο πηνίο στο σημείο 6, το οποίο ενεργοποιεί το κύκλωμα ανίχνευσης βλαβών στο σημείο 7.

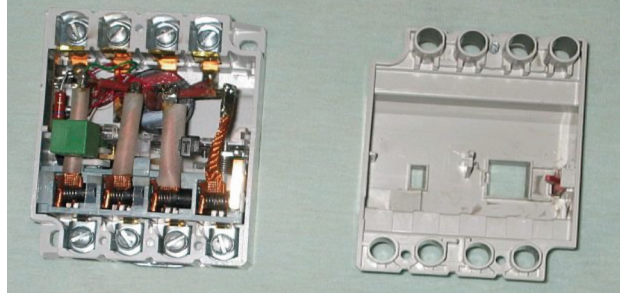
Στη συνέχεια, το κύκλωμα ανίχνευσης βλαβών διακόπτει την παροχή ισχύος προς την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα στο σημείο 5, και οι επαφές στο σημείο 4 εξαναγκάζονται από ένα ελατήριο να ανοίξουν, διακόπτοντας την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα. Το κουμπί δοκιμής στο σημείο 8 επιτρέπει την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας της διάταξης με τη διέλευση ενός μικρού ελεγχόμενου ρεύματος μέσω του καλωδίου δοκιμής στο σημείο 9. Αυτό προσομοιώνει ένα σφάλμα δημιουργώντας μια ανισορροπία στο πηνίο. Εάν ο Δ.Δ.Ε. δεν ανοίξει τις επαφές του όταν πατηθεί αυτό το κουμπί, τότε η συσκευή πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα.

Συνδυαστική χρήση TVS-D & Δ.Δ.Ε.

Ο λόγος που επιλέγεται η τυποποιημένη διάταξη προστασίας της ηλεκτρικής εγκατάστα-



EIKONA 3:
Εσωτερικός μηχανισμός τυπικού μονοφασικού Δ.Δ.Ε.



EIKONA 4:
Εσωτερικός μηχανισμός τυπικού τριφασικού Δ.Δ.Ε.

σης με τη συνδυαστική χρήση TVS-D & Δ.Δ.Ε. είναι πως σε μεταβατικές καταστάσεις στους ηλεκτρικούς υποσταθμούς, αλλά και σε φαινόμενα όπως είναι οι κεραυνοί και οι χειρισμοί μεταγωγής ουδέτερου, αναπτύσσεται δυναμικό επαγωγικά μεταξύ ουδέτερων αγωγών αναφορικά με τους αγωγούς γείωσης. Επειδή αυτό το δυναμικό επηρεάζει τα ηλεκτρονικά συστήματα της ηλεκτρικής εγκατάστασης, η δίοδος TVS μετατοπίζει την πλεονάζουσα τάση του συστήματος διανομής σε δυναμικό κοντά σε αυτό του αγωγού γείωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα ρεύματα διαρροής παράγονται κυρίως από τους πυκνωτές φίλτραρίσματος EMC στο στάδιο τροφοδοσίας των ηλεκτρονικών συσκευών (high harmonics disorder), συνήθως σε συσκευές που σχετίζονται με εφαρμογές IT. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον αυξημένο κίνδυνο ενεργοποίησης του Δ.Δ.Ε.

Το παραπάνω φαινόμενο εντείνεται περαιτέρω σε περιπτώσεις ηλεκτρικών γραμμών μεγάλου μήκους καθώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η φυσική χωρητικότητα τους προστίθεται σε αυτή των πυκνωτών επί των φίλτρων EMI RFI της παροχής του εξοπλισμού.

Έτσι, στις περιπτώσεις που η παροδική διαρροή προς τη γείωση δεν θεωρείται επικίνδυνη ή θανάσιμη, ο ρολός της δίοδου TVS είναι να περιορίσει αυτή την υπέρταση η οποία είναι η αιτία εμφάνισης παροδικού ρεύματος διαρροής χωρίς να ενεργοποιηθεί ο Δ.Δ.Ε., αποτρέποντας έτσι περιττές διακοπές κυκλώματος.

Η μη συγχρονισμένη μεταφορά από τη μία πηγή στην άλλη (π.χ. παροχή GenSet στο δίκτυο) είναι επίσης μία ακόμα γνωστή περίπτωση παροδικής υπέρτασης στον ουδέτερο που ενεργοποιεί τους Δ.Δ.Ε.

Οι Δ.Δ.Ε. AC και/ή A τύπου ενεργοποιούνται πιο εύκολα σε αυτές τις παροδικές καταστά-

σεις. Οι Δ.Δ.Ε. τύπου SI παρουσιάζουν μια μικρή καθυστέρηση ενεργοποίησης, επιτρέποντας τη ροή αυτού του παροδικού ρεύματος ανεπαίσθητα. Σε κυκλώματα που προστατεύονται με ενεργούς Δ.Δ.Ε., ο χρήστης πρέπει να ελέγχει χειροκίνητα τον Δ.Δ.Ε. ανά περίοδο και να ελέγχει για τυχόν ζημιές που μπορεί να έχουν συμβεί στη δίοδο TVS, ώστε να την αντικαταστήσει.

*Ο κ. Νικόλαος Σπήθος είναι ηλεκτρολόγος μηχανικός (BSc, ΕΚΠΑ) και τεχνικός διευθυντής στην PowerSales, με εξειδίκευση στα ηλεκτρονικά ισχύος και με εμπειρία άνω των 10 ετών στους τομείς των συστημάτων αδιάλειπτης ενέργειας και φωτισμού.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. PowerSales, TVSD 1.5 & 5kW PowerSales RCD ExplUM+Specs EN V03
2. MicroSemi, MicroNotes 103
3. SCILLC, TVS/Zener Theory and Design Considerations ON Semiconductor
4. Shehal Joseph, RCD Basic Structure
5. Markus Matern, RCD Internal Design & Function
6. Priwo, RCD Variations
7. Nikos Stithos, Neutral-to-Ground Voltage Protection in Electrical Installations Using a TVSD & RCD Combination

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- JahnviSajip, Difference Between Neutral and Grounding Conductors in Electrical Engineering.
- Vincent P. Luciani, Causes of Neutral-to-Ground Voltage and Proper Remediation Methods.
- Janet Heat, Transient Voltage Suppressor Diode.

Διάγραμμα εγκατάστασης TVSD & Δ.Δ.Ε. σε τριφασική εγκατάσταση.

