

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

0. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κρουστικές τάσεις (ως κρουστική τάση χαρακτηρίζεται ένας μοναδιαίος και ενιαίως πολικότητας παλμός τάσης) χρησιμοποιούνται κατά τη διεξαγωγή τεχνικών δοκιμών υψηλών τάσεων, με στόχο την προσομοίωση των διηλεκτρικών καταπονήσεων που υφίστανται οι εγκατεστημένες στα ηλεκτρικά δίκτυα διατάξεις και στοιχεία κατά την ανάπτυξη επί των δικτύων εσωτερικών και εξωτερικών υπερτάσεων και, επίσης, κατά τη βασική έρευνα την αφορώσα στη μελέτη της διασπάσεως μονωτικών υλικών.

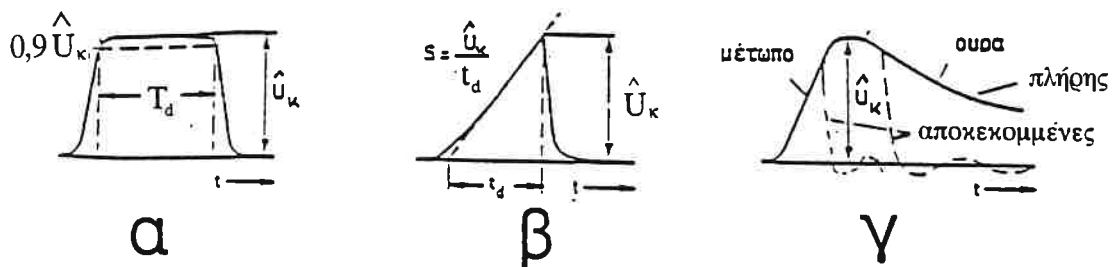
Τόσο η παραγωγή, όσο και, κυρίως, οι μετρήσεις των υψηλών κρουστικών τάσεων παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες, λόγω της πολύ μικρής διάρκειας των τάσεων αυτών, συνεπεία της οποίας τα διάφορα μεταβατικά φαινόμενα μπορούν να επηρεάσουν, εισάγοντας σημαντικά σφάλματα, την ακρίβεια της μετρήσεως. Κατά κανόνα οι κρουστικές τάσεις παράγονται μέσω της εκφορτίσεως πυκνωτών υψηλής τάσεως, διαμέσου σπινθηριστών εναύσεως, σε ένα κύκλωμα αντιστάσεων και χωρητικοτήτων. Η μέγιστη τιμή των κρουστικών τάσεων μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια σπινθηριστών μετρήσεως ή οργάνων μετρήσεως, συνδυαζομένων (των τελευταίων) με καταμεριστές τάσης. Πλήρης, πέραν τούτου, πληροφόρηση περί της χρονικής μεταβολής μιάς κρουστικής τάσεως λαμβάνεται μέσω ηλεκτρονικού παλμογράφου ή αναλογικού - ψηφιακού μετατροπέως, συνδυαζομένων, πάντοτε, με καταμεριστή τάσεως. Στην τελευταία περίπτωση (χρήση αναλογικού - ψηφιακού μετατροπέως) υπάρχει το πλεονέκτημα ότι η κυματομορφή ενταμιεύεται σε ψηφιακή μορφή, οπότε τα δεδομένα μπορούν να υποστούν την οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία (υπολογισμό χαρακτηριστικών μεγεθών της τάσεως κ.λπ.).

Διακρίνουμε ορθογωνικές, σφηνοειδείς και διπλοεκθετικές κρουστικές τάσεις. Όλες οι κρουστικές τάσεις έχουν σαν χαρακτηριστικό μέγεθός τους τη μέγιστη τιμή τους $\hat{U}_κ$, επιπλέον σαν χαρακτηριστικό/ά μέγεθος/η έχουν: οι ορθογωνικές το χρόνο T_d κατά τον οποίο έχουν τιμή μεγαλύτερη του $90\% \cdot \hat{U}_κ$, οι σφηνοειδείς τη διάρκεια ανόδου t_d και την κλίση μετώπου S ($S = \frac{\hat{U}_κ}{t_d}$) και οι διπλοεκθετικές το χρόνο μετώπου T_m , στην περίπτωση κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας, ή το χρόνο μεγίστου t_m , στην περίπτωση κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας, και το χρόνο ημίσεος εύρους T_H .

Είναι προφανές ότι, εάν είναι δεδομένη η μέγιστη τιμή $\hat{U}_κ$ μιάς σφηνοειδούς κρουστικής τάσης, ένα από τα δύο άλλα χαρακτηριστικά της μεγέθη (t_d ή S) πλεονάζει. Συνήθως, εκ των δύο αυτών χαρακτηριστικών μεγεθών αναφέρεται η κλίση μετώπου (S) της σφηνοειδούς κρουστικής τάσης.

Σε ερευνητικές εργασίες συχνά χρησιμοποιούνται οι δύο πρώτες μορφές κρουστικών τάσεων, ενώ για τη διεξαγωγή δοκιμών χρησιμοποιούνται προτυποποιημένες διπλοεκθετικές κρουστικές τάσεις : Κρουστικές τάσεις με διάρκεια μετώπου της τάξης του 1 μ s και ημίσεος εύρους μερικές δεκάδες μ s προσομοιώνουν τις υπό κεραιών δημιουργούμενες υπερτάσεις, ενώ σημαντικά μεγαλύτερης διάρκειας κρουστικές τάσεις προσομοιώνουν τις υπερτάσεις που ακολουθούν τους διάφορους χειρισμούς ζεύξης και απόζευξης σ' ένα δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Διακρίνουμε πλήρεις και αποκεκομμένες κρουστικές τάσεις (στο μέτωπο, στην κορυφή ή στην ουρά). Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι τρεις προαναφερθέντες τύποι κρουστικών τάσεων. Οι αποκεκομμένες κρουστικές τάσεις δημιουργούνται όταν κατά τη διάρκεια επιβολής της κρουστικής τάσεως συμβεί στο συνδεδεμένο στην κρουστική γεννήτρια δοκίμιο διάσπαση, ή, εν γένει, διάσπαση, είτε σκοπούμενη, είτε τυχαία, στο κύκλωμα υψηλής τάσεως. Σ' αυτή την περίπτωση, εμφανίζεται απότομος μηδενισμός της τάσεως, δημιουργούμενης τότε της αποκεκομμένης κρουστικής τάσεως, ο οποίος συνεπάγεται την εμφάνιση της ταλαντώσεως τάσεως (μεταβατικό φαινόμενο) που φαίνεται στο Σχήμα 1γ με διακεκομμένη γραμμή.

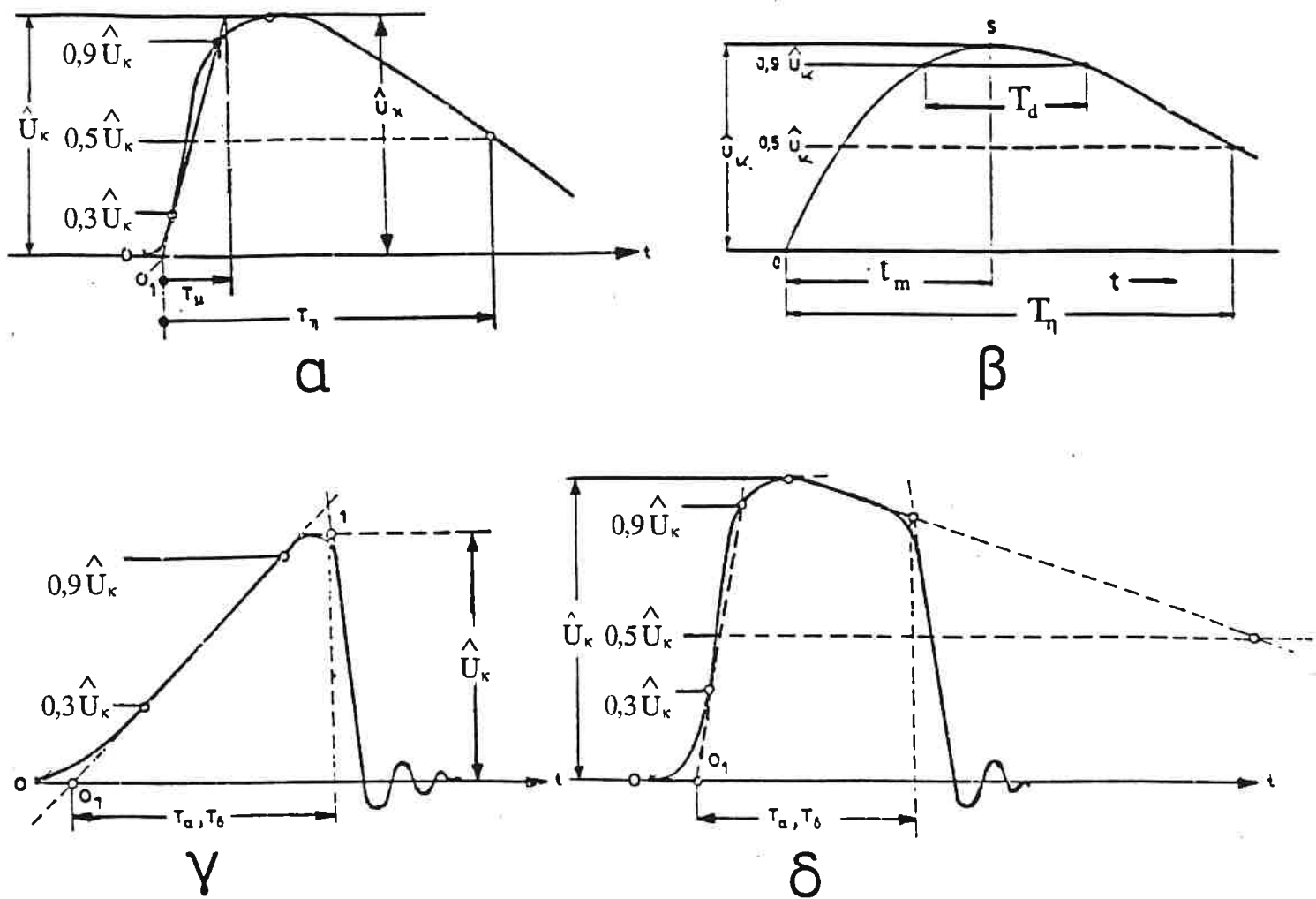


Σχήμα 1: Τύποι κρουστικών τάσεων

- α: Ορθογωνική
- β: Σφηνοειδής
- γ: Διπλοεκθετική

Οι διεθνείς κανονισμοί ορίζουν συγκεκριμένες χρονικές παραμέτρους, οι οποίες προσδιορίζουν τη χρονική μεταβολή, τόσο στο μέτωπο, όσο και στην ουρά των κρουστικών τάσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά τη διεξαγωγή τεχνικών δοκιμών. Στο Σχήμα 2 φαίνεται ο τρόπος καθορισμού των χρονικών παραμέτρων επί παλμογραφημάτων των πλήρων τυποποιημένων κρουστικών τάσεων δοκιμής (Σχήματα 2α, 2β) και επί παλμογραφημάτων αποκεκομμένων κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας (Σχήματα 2γ, 2δ).

Λόγω των αναπόφευκτων υψίσυχων ταλαντώσεων που εμφανίζονται στην αρχή των κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας, περί των οποίων γίνεται και εν συνεχεία αναφορά, (Σχήμα 3), για τον ορισμό του χρόνου μετώπου λαμβάνονται υπ' όψιν τα σημεία του μετώπου που βρίσκονται στο 30% και στο 90% του μεγίστου, η χρονική διαφορά των δύο σημείων πολλαπλασιαζόμενη επί 1,67 δίνει το χρόνο μετώπου, ενώ η ευθεία η συνδέουσα τα δύο προαναφερθέντα σημεία ορίζει στον άξονα του χρόνου την "ονομαστική αρχή" του χρόνου. Το σημείο στην ουρά της κρουστικής τάσης που αντιστοιχεί στο 50% του μεγίστου ορίζει, σε συνδυασμό με την ονομαστική αρχή του χρόνου το χρόνο ημίσεος εύρους της κρουστικής τάσης.



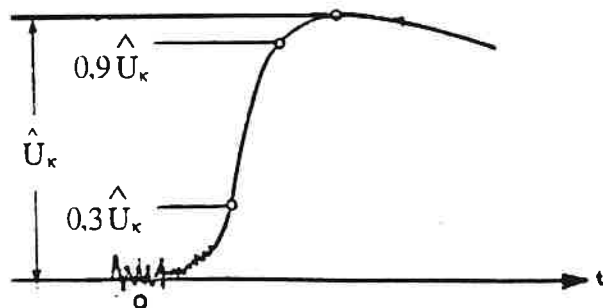
Σχήμα 2: Καθορισμός ονομαστικών μεγεθών διπλοεκθετικών κρουστικών τάσεων

α: Κρουστική τάση μικρής διάρκειας

β: Κρουστική τάση μεγάλης διάρκειας

γ: Αποκεκομμένη στο μέτωπο κρουστική τάση μικρής διάρκειας

δ: Αποκεκομμένη στην ουρά κρουστική τάση μικρής διάρκειας



Σχήμα 3: Μέτωπο κρουστικής τάσεως μικρής διάρκειας, προς κατάδειξη των ταλαντώσεων στην αρχή της

Συνήθως χρησιμοποιούνται μικρής διάρκειας (κεραυνικές) κρουστικές τάσεις χρόνου μετώπου 1,2 μs και χρόνου ημίσεος εύρους 50 μs, χαρακτηριζόμενες ως κρουστικές τάσεις μορφής 1,2/50 μs, όπου είναι επιτρεπτές ανοχές $\pm 30\%$ στο χρόνο μετώπου και $\pm 20\%$ στο χρόνο ημίσεος εύρους.

Ο καθορισμός των χρονικών παραμέτρων των κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας είναι σημαντικά απλούστερος. Για τον καθορισμό του χρόνου μεγίστου (και όχι πλέον μετώπου) λαμβάνεται υπ' όψιν η πραγματική αρχή των χρόνων και το πραγματικό μέγιστο της κυματομορφής, ενώ για τον καθορισμό του ημίσεος εύρους (ουράς) ισχύουν όσα αναφέρθηκαν και στην περίπτωση κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας. Για την προσομοίωση των καταπονήσεων που δημιουργούν οι εσωτερικές υπερτάσεις χρησιμοποιείται η κυματομορφή 250/2500 μs, όπου 250 μs $\pm 20\%$ είναι ο χρόνος μεγίστου και 2500 μs $\pm 60\%$ είναι ο χρόνος ημίσεος εύρους. Συχνά, στην περίπτωση κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας, προς χαρακτηρισμό της διάρκειας του παλμού και αντί του χρόνου ημίσεος εύρους αναφέρεται η χρονική διάρκεια T_d , κατά την οποία η στιγμιαία τιμή της τάσεως υπερβαίνει το 90% του μεγίστου (ίδετε Σχήμα 2β).

Σε περίπτωση κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας εμφανίζεται επί της (θεωρητικά διπλοεκθετικής) κυματομορφής υψίσυχνες ταλαντώσεις, των οποίων το εύρος στην περιοχή του μεγίστου δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 5% της \hat{U}_k . Υποτίθεται ότι οι επικαθήμενες ταλαντώσεις είναι συχνότητας τουλάχιστον 0,5 MHz, σε αντίθετη περίπτωση ως μέγιστη τιμή της κρουστικής τάσεως λαμβάνεται υπ' όψιν η πραγματικά εμφανιζόμενη μέγιστη στιγμιαία τιμή τάσεως. Επισημαίνεται ότι, ιδιαίτερα όταν είναι επιθυμητές υψηλές τιμές της τάσεως ή/και της ενεργείας, η απαλλαγή της κρουστικής τάσεως από τις παράσιτες ταλαντώσεις παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντικές δυσκολίες.

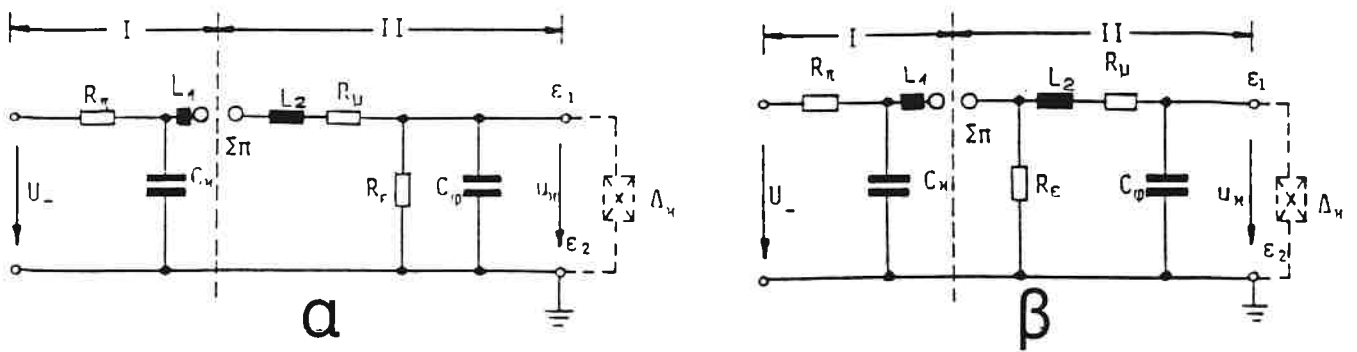
Στην περίπτωση αποκεκομμένων κρουστικών τάσεων (Σχήματα 2γ, 2δ) ως T_a , T_b ορίζονται ο χρόνος αποκοπής (σε περίπτωση σκόπιμης διάσπασης) και ο χρόνος (τυχαίας) διάσπασης στο κύκλωμα υψηλής τάσεως αντίστοιχα.

1. ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Η παραγωγή διπλοεκθετικών κρουστικών τάσεων, ανάλογα με το εύρος αυτών, γίνεται είτε μέσω μονοβαθμίων, είτε μέσω πολυβαθμίων γεννητριών κρουστικών τάσεων. Στη θέση αυτή θα παρουσιασθούν οι μονοβάθμιες κρουστικές γεννήτριες, οι οποίες έχουν, συνήθως, τη μορφή ενός εκ των δύο κυκλωμάτων, τα οποία φαίνονται στο Σχήμα 4, τα οποία θα χαρακτηρίζονται εφεξής ως "κύκλωμα a" και "κύκλωμα b" αντιστοίχως.

Το καθένα από τα δύο κυκλώματα συνίσταται από τέσσερα βασικά στοιχεία, δηλαδή

- τον "πυκνωτή κρούσεως" C_k ,
- τον "πυκνωτή φορτίου", ή (σπανιότερα) "πυκνωτή μετώπου" C_ϕ ,
- την "αντίσταση αποσβέσεως", ή "αντίσταση μετώπου" R_μ και
- την "αντίσταση εκφορτίσεως", ή "αντίσταση ουράς" R_e .



Σχήμα 4: Μονοβάθμιες γεννήτριες κρουστικών τάσεων

α: κύκλωμα α

β: κύκλωμα β

Τα δύο κυκλώματα διακρίνονται μόνον ως προς τη σχετική θέση των αντιστάσεων εκφορτίσεως R_ϵ και μετώπου R_μ αντιστοίχως.

Επιπλέον υπάρχουν: Η προστατευτική αντίσταση R_π , η συνολική παράσιτη αυτεπαγωγή $L = L_1 + L_2$ των διαφόρων στοιχείων του κυκλώματος, στην οποία θα αναφερθούμε και εν συνεχεία, τέλος δε, ο σπινθηριστής σφαιρών $\Sigma\pi$ μεταβλητού διακένου, μέσω του οποίου το κύκλωμα χωρίζεται σε δύο τμήματα I και II, καλούμενα "τμήμα φορτίσεως" και "τμήμα εκφορτίσεως" αντιστοίχως [1].

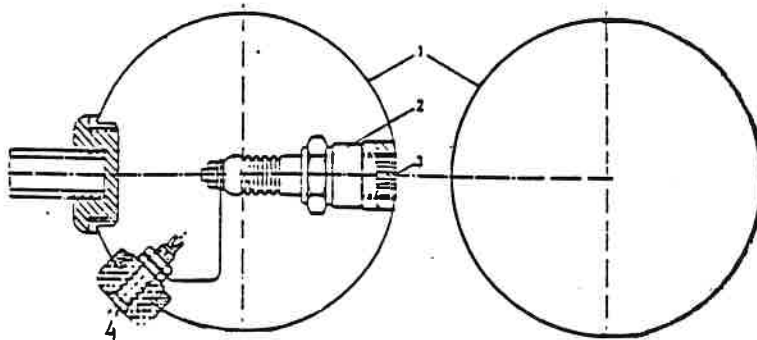
Η κρουστική τάση παράγεται στην έξοδο της γεννητριάς (ακροδέκτες ϵ_1, ϵ_2), εμφανιζομένη επί του πυκνωτού C_ϕ . Εφ' όσον πρόκειται να διεξαχθεί κάποια τεχνική δοκιμή, το προς έλεγχο δοκίμιο Δ_k συνδέεται στην έξοδο της γεννητριάς, είναι δε δυνατόν, υπό συνθήκες, να παραλειφθεί σ' αυτήν την περίπτωση ο πυκνωτής φορτίου C_ϕ , οπότε το ρόλο του αναλαμβάνει η χωρητικότητα του δοκιμίου.

Για να λειτουργήσει η κρουστική γεννήτρια χρειάζεται, ακόμη, μία πηγή συνεχούς τάσεως U_- , από την οποία φορτίζεται ο πυκνωτής C_k .

L είναι η συνολική παράσιτη αυτεπαγωγή των στοιχείων του κυκλώματος (αντιστάσεων, πυκνωτών και συνδετικών αγωγών), ισούται δε προς το άθροισμα της εσωτερικής αυτεπαγωγής L_1 και της εξωτερικής τοιαύτης L_2 . Οι αυτεπαγωγές L_1 και L_2 είναι παράσιτες [2]: Η L_1 είναι αλληλένδετη με τα εσωτερικά στοιχεία της γεννητριάς και, κατά συνέπεια, εξαρτάται από τη γεωμετρική διάταξη και τις διαστάσεις της. Η L_2 περιλαμβάνει την αυτεπαγωγή του εξωτερικού κυκλώματος, το οποίο συνδέει τη γεννήτρια με το δοκίμιο και, επομένως, εξαρτάται από το μήκος, τη διάταξη και τη διατομή των αγωγών συνδέσεως. Η παρουσία των L_1 και L_2 είναι ενοχλητική, πλην, όμως, αναπόφευκτη, για τη λειτουργία της γεννητριάς, και γι' αυτό καταβάλλεται, πάντοτε, προσπάθεια μειώσεώς τους, με τη χρήση αγωγών συνδέσεως μεγάλης διατομής (προς τούτο χρησιμοποιούνται συχνά ταινίες χαλκού) και με την, κατά το δυνατόν, μείωση των διαστάσεων, τόσο της γεννητριάς, όσο και των εξωτερικών συνδέσεων.

Κατά τη λειτουργία μιας κρουστικής γεννήτριας διακρίνουμε δύο φάσεις: τη φάση της φόρτισης (I) και τη φάση της εκφόρτισης (II). Κατά τη φάση (I) ο πυκνωτής C_k φορτίζεται στη συνεχή τάση U_- . Η φάση (II) αρχίζει όταν (μετά διάσπαση του διακένου του σπινθηριστή $\Sigma\pi$) ο C_k αρχίζει να εκφορτίζεται,

εμφανιζόμενης τότε της κρουστικής τάσης στους ακροδέκτες του πυκνωτή φορτίου C_ϕ . Συγκεκριμένα, όταν ο πυκνωτής C_κ φορτισθεί στην επιθυμητή τάση U_- , δημιουργείται ένας σπινθήρας στον σπινθηριστή $\Sigma\pi$, συνήθως με τη βοήθεια μίας συσκευής "trigatron" (Σχήμα 5), η οποία είναι ενσωματωμένη σε μία από τις δύο σφαίρες του σπινθηριστού. Με τον σπινθήρα αυτόν συνδέεται ο πυκνωτής C_κ στο υπόλοιπο κύκλωμα. Επειδή η αντίσταση R_μ είναι, κατά κανόνα, πολύ μικρότερη από την R_e , ο C_ϕ θα φορτισθεί μέσω της R_μ με μία σταθερά χρόνου περίπου ίση προς $R_\mu C_\phi$. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης του C_ϕ σχηματίζεται το μέτωπο της κρουστικής τάσεως, τούτο δε δικαιολογεί για τα στοιχεία R_μ και C_ϕ τα ονόματα "αντίσταση μετώπου" και "πυκνωτής μετώπου" αντιστοίχως. (Περί εναύσεως των κρουστικών γεννητριών θα επανέλθουμε στην παράγραφο 3 των ανά χειρας σημειώσεων.)



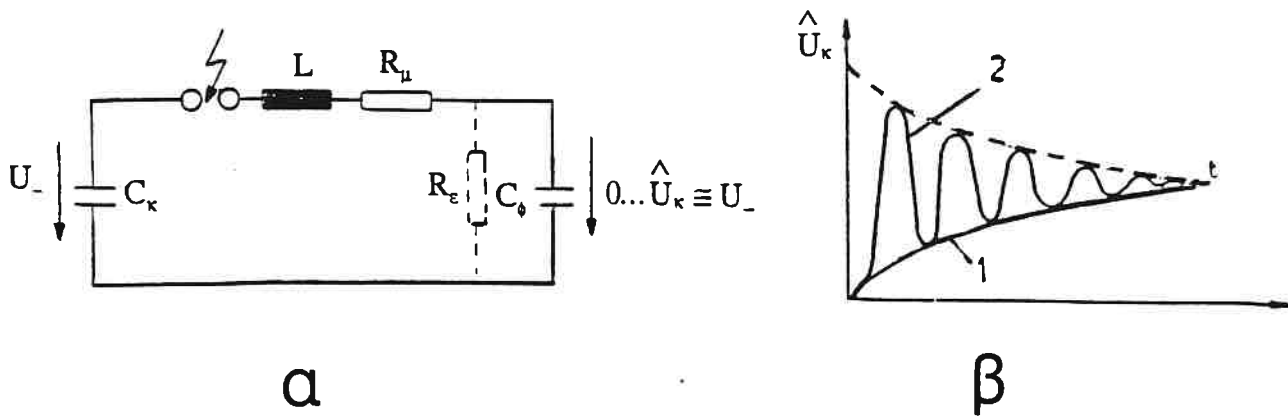
Σχήμα 5: Συσκευή trigatron με μονωμένο βοηθητικό ηλεκτρόδιο εναύσεως

- 1: διάκενο σπινθηριστού
- 2: μονωτήρας διελεύσεως
- 3: μονωμένο βοηθητικό ηλεκτρόδιο εναύσεως
- 4: είσοδος παλμού εναύσεως

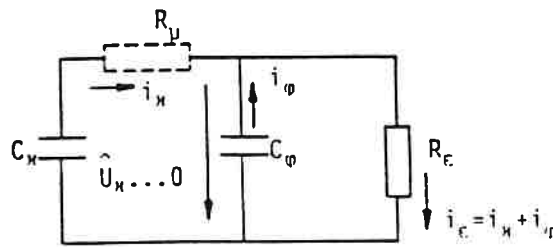
Στη συνέχεια, οι πυκνωτές C_κ και C_ϕ εκφορτίζονται μέσα στην αντίσταση R_e με μία σταθερά χρόνου ίση περίπου προς $(C_\kappa + C_\phi)R_e$. Κατά την περίοδο της εκφορτίσεως των δύο πυκνωτών σχηματίζεται η ουρά της κρουστικής τάσεως. Επειδή, κατά κανόνα, $C_\kappa \gg C_\phi$ και $R_e \gg R_\mu$, η ουρά της κρουστικής τάσεως διαρκεί, εν γένει, πολύ περισσότερο από το μέτωπο.

Είναι φανερό ότι, η περιγραφή λειτουργίας της μονοβάθμιας κρουστικής γεννήτριας, που έγινε προηγουμένως, εμπεριέχει απλουστεύσεις. Έτσι, προκειμένου να μελετήσουμε τη διαμόρφωση του μετώπου, αμελούμε την ύπαρξη της R_e , ενώ, κατά τη μελέτη διαμόρφωσης της ουράς, αμελούμε την R_μ . Η διαμόρφωση του μετώπου (ταχέως ανερχομένου κλάδου) και της ουράς (βραδύτερον κατερχομένου κλάδου) της κρουστικής τάσεως φαίνεται στα Σχήματα 6, 7 αντίστοιχα, τα οποία, χωρίς βλάβη της γενικότητας, αναφέρονται στο κύκλωμα α. Για να αποφευχθούν υψίσυχνες ταλαντώσεις (Σχήμα 6β) πρέπει να ισχύει:

$$R_\mu \geq 2\sqrt{L \cdot \frac{C_\kappa + C_\phi}{C_\kappa \cdot C_\phi}}$$



Σχήμα 6: Ισοδύναμο κύκλωμα (α) για τη μελέτη διαμόρφωσης του μετώπου (β) κρουστικής τάσεως
 β.1: εκθετική μεταβολή
 β.2 : αποσβεννυμένη ταλάντωση



Σχήμα 7: Ισοδύναμο κύκλωμα για τη μελέτη διαμόρφωσης της ουράς κρουστικής τάσεως

Η μεταβολή της τάσεως φορτίσεως του C_ϕ εξαρτάται κυρίως από το λόγο C_k/C_ϕ . Στις γεννήτριες κρουστικών τάσεων επιδιώκεται να ισχύει γενικώς $C_k \gg C_\phi$, ώστε να απαιτείται μικρό μέρος του φορτίου του C_k για τη φόρτιση του C_ϕ . Τούτο εξασφαλίζει ότι, για δεδομένη συνεχή τάση U_- φορτίσεως του C_k , η παραγόμενη κρουστική τάση είναι λίγο μόνο μικρότερη της U_- , επομένως ο (πάντοτε μικρότερος της μονάδος) "συντελεστής χρησιμοποίησης"

$$\eta = \frac{\hat{U}_k}{U_-}$$

της γεννήτριας έχει μεγάλη (σχετικώς) τιμή. Εξ άλλου, επειδή παραλλήλως προς τον C_ϕ συνδέεται η χωρητικότητα $C_{\Delta k}$ του δοκιμίου, και προκειμένου να μην έχουμε σοβαρή μεταβολή της μορφής της κρουστικής τάσεως, ακόμη και όταν η $C_{\Delta k}$ έχει υπολογίσιμη τιμή, η C_ϕ πρέπει να είναι επαρκώς μεγαλύτερα της $C_{\Delta k}$ ($C_\phi \gg C_{\Delta k}$), οπότε η C_k πρέπει να είναι ακόμη μεγαλύτερη. Συνεπώς, η γεννήτρια κρουστικών τάσεων είναι τόσο καλλίτερης ποιότητας, όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των C_k και C_ϕ , υπό την προϋπόθεση ότι ισχύει πάντοτε η σχέση $C_k \gg C_\phi$.

Η διαμόρφωση του μετώπου της κρουστικής τάσεως τελειώνει όταν οι πυκνωτές C_k και C_ϕ αποκτήσουν την ίδια τάση \hat{U}_k (μεγίστη τιμή της κρουστικής τάσεως), η οποία υπολογίζεται προσεγγιστικά, λαμβανομένης υπ' όψη της αρχής διατηρήσεως του ηλεκτρικού φορτίου

$$U_- \cdot C_k = \hat{U}_k \cdot (C_k + C_\phi)$$

Επομένως, για τη μέγιστη τιμή της κρουστικής τάσεως έχουμε:

$$\hat{U}_k = U_- \cdot \frac{C_k}{C_k + C_\phi}$$

για δε το συντελεστή χρησιμοποίησης της γεννητριάς

$$\eta = \frac{\hat{U}_k}{U_-} = \frac{C_k}{C_k + C_\phi}$$

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης της γεννητριάς αυξάνει με την αύξηση του λόγου (C_k/C_ϕ). Πάντως, λόγω της υπάρξεως και της R_e , η οποία προηγουμένως αμελήθηκε, η \hat{U}_k θα είναι μικρότερη από την ανωτέρω ορισθείσα (οριακή) τιμή της, δηλαδή θα ισχύει η ανισότητα

$$\hat{U}_k \leq \frac{R_e}{R_e + R_\mu} \cdot U_-$$

που προκύπτει, αγνοουμένης της αυτεπαγωγής L , από τον καταμεριστή που σχηματίζουν οι αντιστάσεις R_μ και R_e . Σύμφωνα με την παρατήρηση αυτή, ο συντελεστής χρησιμοποίησης η είναι τόσο μεγαλύτερος, όσο ο λόγος R_μ/R_e είναι μικρότερος. Εξ άλλου, και η αισθητή διαφορά ανάμεσα στο χρόνο μετώπου T_μ και στον χρόνο ημίσεως εύρους T_η επιβάλλει όπως ισχύει $R_e \gg R_\mu$.

Και ερχόμαστε να μελετήσουμε τις διαφορές ανάμεσα στα κυκλώματα a και b της μονοβάθμιας γεννήτριας κρουστικών τάσεων: Σύμφωνα με όσα εξετάθησαν προηγουμένως ο συντελεστής χρησιμοποίησης στην περίπτωση του κυκλώματος a είναι,

$$\eta = \frac{\hat{U}_k}{U_-} = \left(\frac{R_e}{R_e + R_\mu} \right) \cdot \left(\frac{C_k}{C_k + C_\phi} \right)$$

ενώ στην περίπτωση του κυκλώματος β ανέρχεται σε

$$\eta = \frac{\hat{U}_k}{U_-} = \frac{C_k}{C_k + C_\phi}$$

επομένως υπό την αυτή συνεχή τάση φορτίσεως η συνδεσμολογία b δίνει υψηλότερη κρουστική τάση σε σχέση με τη συνδεσμολογία a , νοουμένου ότι για τις δύο συνδεσμολογίες χρησιμοποιούνται τα ίδια κυκλωματικά στοιχεία.

Σημαντική διαφορά προκύπτει όσον αφορά στην καταπόνηση των αντιστάσεων σε τάση και ισχύ, η ως άνω δε διαφορά είναι σημαντική ιδίως στην περίπτωση της αντιστάσεως εκφορτίσεως R_e : Στο κύκλωμα α η R_e , ούσα συνδεδεμένη παράλληλα προς τον πυκνωτή φορτίου, καταπονείται στην κρουστική τάση, της οποίας η μέγιστη τιμή είναι μικρότερη από τη συνεχή τάση φορτίσεως της γεννήτριας. Αντιθέτως, στην περίπτωση του κυκλώματος β, η R_e δέχεται τη μέγιστη καταπόνηση τάσεως τη στιγμή διασπάσεως του σπινθηριστού Σπ, οπότε (εάν δεχθούμε μηδενική αντίσταση για το μήκος του τόξου) η R_e συνδέεται παράλληλα προς τον πυκνωτή κρούσεως και δέχεται ολη (σχεδόν) τη συνεχή τάση φορτίσεως της κρουστικής γεννητριας.

Η καταπόνηση της αντιστάσεως μετώπου R_μ σε τάση είναι ίδια, ανεξαρτήτως του χρησιμοποιούμενου κυκλώματος (α ή β) για την παραγωγή κρουστικής τάσεως: Και στις δύο περιπτώσεις η μέγιστη καταπόνησή της εμφανίζεται τη στιγμή δημιουργίας του σπινθήρα στο διάκενο του σπινθηριστή Σπ και, δεδομένου ότι η χωρητικότητα φορτίου είναι αφόρτιστη, ισούται προς τη συνεχή τάση φορτίσεως της γεννητριας.

Όσον αφορά στην καταπόνηση των δύο αντιστάσεων σε ισχύ, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι κατά τη διαμόρφωση της ουράς, οπότε οι δύο πυκνωτές (κρούσεως και φορτίου) εκφορτίζονται παράλληλα, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας φορτίσεως της γεννήτριας (που ταυτίζεται με την ενέργεια φόρτισης του πυκνωτού κρούσεως) και είναι

$$W = \frac{1}{2} C_k U_-^2$$

μετατρέπεται σε θερμότητα εντός των R_e και R_μ . Λόγω της προαναφερθείσης απαιτήσεως $R_e \gg R_\mu$, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας αυτής απορροφάται από την R_e , η οποία αναγκαστικά πρέπει να είναι ανθεκτικότερη από την R_μ . Από συγκριτική παρατήρηση των κυκλωμάτων α και β, προκύπτει ότι το αναλογούν ποσοστό της απορροφωμένης ενεργείας στην αντίσταση R_e είναι διαφορετικό στις δύο συνδεσμολογίες (μεγαλύτερο είναι στην περίπτωση του κυκλώματος β).

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Χωρίς βλάβη της γενικότητας θα γίνει αναφορά στην αναλυτική έκφραση της κυματομορφής που προκύπτει από την κρουστική γεννήτρια α (Σχήμα 4β): Συγκεκριμένα, η αναλυτική έκφραση της κρουστικής τάσεως ευρίσκεται σχετικά απλά εάν θεωρηθεί το κύκλωμα α, χωρίς δοκίμιο, με αγνόηση των (παρασίτων) χωρητικότητων L_1, L_2 . Η διατιθεμένη πηγή συνεχούς τάσεως φορτίζει μέσω της αντιστάσεως προστασίας R_π τον πυκνωτή κρούσεως. Με τη δημιουργία σπινθήρος στο σπινθηριστή Σπ τη χρονική στιγμή $t=0$, αρχίζει να διαμορφώνεται η κρουστική τάση.

Ο ακριβής υπολογισμός της χρονικής μεταβολής της τάσεως, εφ' όσον δεν αγνοηθούν τα παράσιτα στοιχεία, απαιτεί πολύπλοκες υπολογιστικές διαδικασίες, στις οποίες υπεισέρχονται διαφορικές εξισώσεις 4ης τάξεως. Εάν θεωρηθεί η εξωτερική μόνον αυτεπαγωγή (L_2) ίση προς 0, τότε η χρονική μεταβολή της κρουστικής τάσεως περιγράφεται από διαφορική εξίσωση 3ης τάξεως, και παρά

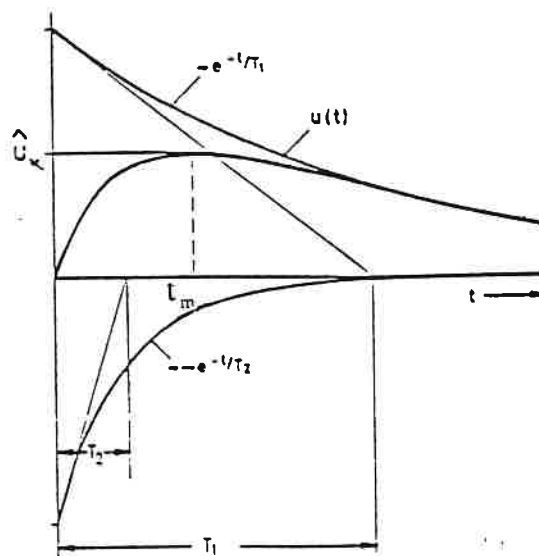
την απλοποίηση, όμως, αυτή, η αναλυτική επίλυση εξακολουθεί να παραμένει πολύπλοκη.

Ο υπολογισμός της κρουστικής τάσεως, μετά τη γενομένη απλοποιητική παραδοχή περί μηδενισμού αμοτέρων των παρασίτων χωρητικοτήτων μπορεί να γίνει στο πεδίο του χρόνου, είτε στο πεδίο της συχνότητας, μέσω κατάλληλου μετασχηματισμού (Fourier ή Laplace). Αφήνεται προς εξάσκηση των αναγνώστων του παρόντος ο υπολογισμός της κρουστικής τάσεως, συναρτήσεως της συνεχούς τάσεως φορτίσεως της γεννητριάς και των στοιχείων του κυκλώματος. Στη θέση αυτή δίνεται μόνον η αναλυτική έκφραση της παραγομένης κρουστικής τάσεως από ένα έκαστο των δύο συνήθως εν χρήσει κυκλωμάτων κρουστικών γεννητριών.

Επανερχόμενοι στο κύκλωμα α, παρατηρούμε ότι η αναλυτική έκφραση της κρουστικής τάσεως δίνεται από τη σχέση

$$u_{\kappa}(t) = U_{-} \cdot \frac{R_{\varepsilon} \cdot C_{\kappa}}{\tau_1 - \tau_2} \cdot \left(e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right)$$

από την οποία, εν συνεχεία, εύκολα σχετικά προκύπτει ο χρόνος μεγίστου, ο μέγιστη τιμή της κρουστικής τάσεως και ο συντελεστής χρησιμοποίησης της κρουστικής γεννήτριάς. Η $u_{\kappa}(t)$ είναι διαφορά δύο φθινουσών εκθετικών συναρτήσεων. Στο Σχήμα 8 φαίνονται οι παράμετροι τ_1 , τ_2 , t_m και \hat{U}_{κ} της κρουστικής τάσεως. Η μεταβολή της $u_{\kappa}(t)$ είναι φανερό ότι εξαρτάται αποκλειστικά από τις σταθερές χρόνου τ_1 και τ_2 .



Σχήμα 8: Η κυματομορφή της κρουστικής τάσεως ως διαφορά δύο φθινουσών εκθετικών συναρτήσεων

Χρόνος μεγίστου

$$t_m = \frac{\ln \frac{\tau_2}{\tau_1}}{\frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau_2}}$$

Μεγίστη τιμή της κρουστικής τάσεως

$$\hat{U}_k = U_- \cdot \frac{R_\varepsilon \cdot C_k}{\tau_1 - \tau_2} \left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{\tau_2}{\tau_1 - \tau_2}} \cdot \left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}\right)$$

Συντελεστής χρησιμοποίησης

$$\eta = \frac{\hat{U}_k}{U_-} = \frac{R_\varepsilon \cdot C_k}{\tau_1 - \tau_2} \left(\frac{\tau_2}{\tau_1}\right)^{\frac{\tau_2}{\tau_1 - \tau_2}} \cdot \left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}\right),$$

$$\text{όπου } \tau_2, \tau_1 = \frac{2C_k C_\phi R_\varepsilon R_\mu}{R_\varepsilon(C_k + C_\phi) + R_\mu C_k \pm \sqrt{[R_\varepsilon(C_k + C_\phi) + R_\mu C_k]^2 - 4C_k C_\phi R_\varepsilon R_\mu}}$$

(Παρατηρείστε ότι η υπόρριζη ποσότητα είναι πάντοτε θετική, επομένως για τους χρόνους τ_1, τ_2 προκύπτουν πάντοτε πραγματικοί αριθμοί).

Στην περίπτωση του κυκλώματος b, η αναλυτική έκφραση της κρουστικής τάσεως, δίνεται από την ίδια αναλυτική σχέση όπως και στην περίπτωση του κυκλώματος a, κατά συνέπεια και για το χρόνο μεγίστου, τη μέγιστη τιμή της κρουστικής τάσεως και το συντελεστή χρησιμοποίησης ισχύουν οι ίδιοι όπως και προηγουμένως σχέσεις, με μόνη διαφοροποίηση στις σχέσεις υπολογισμού των χρονικών σταθερών τ_1 και τ_2 , οι οποίες δίνονται από τη σχέση

$$\tau_2, \tau_1 = \frac{2C_k C_\phi R_\varepsilon R_\mu}{R_\varepsilon(C_k + C_\phi) + R_\mu C_\phi \pm \sqrt{[R_\varepsilon(C_k + C_\phi) + R_\mu C_\phi]^2 - 4C_k C_\phi R_\varepsilon R_\mu}}$$

Η αιτιολόγηση της διαφοροποίησης μεταξύ των σχέσεων υπολογισμού των χρονικών σταθερών στην περίπτωση των δύο κυκλωμάτων καθίσταται προφανής, εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι τα δύο κυκλώματα διαφέρουν μεταξύ τους κατά τη θέση της R_μ και συναχθούν τα σχετικά συμπεράσματα για το ρόλο των δύο αντιστάσεων R_ε και R_μ στις φάσεις φόρτισης και εκφόρτισης στο κάθε ένα από τα δύο κυκλώματα.

ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΤΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις, αναλόγως της διάρκειας (μικρής ή μεγάλης) της κρουστικής τάσης, δεδομένου ότι στις μικρής διάρκειας κρουστικές τάσεις ως χαρακτηριστικό μέγεθος εκφράζον την αύξηση της τάσεως χρησιμοποιείται ο χρόνος μετώπου T_m , ενώ στις μεγάλης διάρκειας κρουστικές τάσεις χρησιμοποιείται αντίστοιχα ο χρόνος μεγίστου t_m .

α) Μικρής διάρκειας κρουστικές τάσεις

Από τη δεδομένη αναλυτική έκφραση της κρουστικής τάσης υπολογίζεται με παραγωγή ο χρόνος μεγίστου t_m , και η αντίστοιχη μέγιστη τιμή της κρουστικής τάσεως \hat{U}_k . Στη συνέχεια υπολογίζεται το 30%, 90% και 50% του εύρους της τάσεως, προκειμένου να βρεθούν στο πεδίο του χρόνου τα σημεία κατά τα οποία η κρουστική τάση φθάνει στις αντίστοιχες τιμές ανερχομένη (στο 30% και 90%) και

κατερχομένη (στο 50%). Η εύρεση των σημείων αυτών είναι απαραίτητη για των υπολογισμό του χρόνου μετώπου T_{μ} και του χρόνου ημίσεος εύρους T_{η} . Για την εύρεση των τριών αυτών σημείων θα χρειασθεί προφανώς επίλυση της διπλοεκθετικής αναλυτικής σχέσεως, η οποία αποδίδει τη χρονική μεταβολή της κρουστικής τάσεως, από δε τις εκάστοτε λαμβανόμενες δύο λύσεις κρατείται εκείνη η οποία είναι μικρότερη του ήδη υπολογισθέντος t_m (για τα σημεία στο 30% και 90% του μεγίστου, με άλλα λόγια λαμβάνονται υπ' όψιν οι λύσεις οι οποίες δίνουν σημεία στον ανερχόμενο κλάδο της τάσεως), ενώ για το σημείο στο 50% του μεγίστου, το οποίο βρίσκεται στον κατερχόμενο κλάδο της κρουστικής τάσεως, κρατείται η λύση η οποία είναι μεγαλύτερα του χρόνου μεγίστου.

Επομένως έχουν ευρεθεί τρεις τιμές χρόνου, οι $t_{30\%}$, $t_{90\%} < t_m$ και $t_{50\%} > t_m$. Ο **χρόνος μετώπου T_{μ}** είναι

$$T_{\mu} = (t_{90\%} - t_{30\%}) \cdot 10 / 6 = (t_{90\%} - t_{30\%}) \cdot 1,67$$

Η ονομαστική αρχή των χρόνων δίνεται από τη σχέση

$$t_{01} = t_{30\%} - (t_{90\%} - t_{30\%}) / 2$$

ενώ ο **χρόνος ημίσεος εύρους T_{η}** μπορεί να υπολογισθεί από την επόμενη εξίσωση

$$T_{\eta} = t_{50\%} - t_{01}$$

Η απόδειξη των τριών τελευταίων σχέσεων αφήνεται στους αναγνώστες του παρόντος, οι οποίοι θα οδηγηθούν σ' αυτή λαμβάνοντας υπ' όψη τον ορισμό των χαρακτηριστικών χρονικών μεγεθών κρουστικής τάσης μικρής διάρκειας (Σχήμα 2α).

α) **Μεγάλης διάρκειας κρουστικές τάσεις**

Από τη δεδομένη αναλυτική έκφραση της κρουστικής τάσης υπολογίζεται με παραγωγή ο χρόνος μεγίστου t_m , και η αντίστοιχη **μεγίστη τιμή της κρουστικής**

τάσεως \hat{U}_k . Στη συνέχεια υπολογίζεται το 90% και 50% του εύρους της τάσεως, προκειμένου να βρεθούν στο πεδίο του χρόνου τα σημεία κατά τα οποία η κρουστική τάση φθάνει στις αντίστοιχες τιμές ανερχομένη (στο 90%) και κατερχομένη (στο 90% και 50%). Η εύρεση των σημείων αυτών είναι απαραίτητη για των υπολογισμό της χρονικής διάρκειας T_d και του χρόνου ημίσεος εύρους T_{η} .

Για την εύρεση των τριών αυτών σημείων θα χρειασθεί προφανώς επίλυση της διπλοεκθετικής αναλυτικής σχέσεως, η οποία αποδίδει τη χρονική μεταβολή της κρουστικής τάσεως, από δε τις εκάστοτε λαμβανόμενες δύο λύσεις για μεν το σημείο 90% κρατούνται αμφότερες, αντιστοιχούσες στα δύο εκατέρωθεν του μεγίστου σημεία κατά τα οποία η κρουστική τάση βρίσκεται στο 90% του μεγίστου, για δε το σημείο στο 50% του μεγίστου, το οποίο βρίσκεται στον κατερχόμενο κλάδο της κρουστικής τάσεως, κρατείται η λύση η οποία είναι μεγαλύτερα του χρόνου μεγίστου.

Επομένως έχουν ευρεθεί τρεις τιμές χρόνου, οι $t_{90\%1} < t_m$ και $t_{90\%2}$, $t_{50\%} > t_m$. Ο **χρόνος ημίσεος εύρους T_{η}** είναι

$$T_{\eta} = t_{50\%},$$

ενώ η **χρονική διάρκεια T_d** δίνεται από τη σχέση

$$T_d = t_{90\%2} - t_{90\%1}$$

Όμοια όπως και προηγουμένως, οι δύο τελευταίες σχέσεις είναι προφανείς από τον ορισμό των χαρακτηριστικών χρονικών μεγεθών κρουστικής τάσης μεγάλης διάρκειας (Σχήμα 2β).

Είναι προφανές ότι εάν η κρουστική τάση είναι καταγεγραμμένη υπό ψηφιακή μορφή (π.χ. μέσω της χρήσεως αναλογικού - ψηφιακού μετατροπέως) η εκτέλεση των σχετικών υπολογισμών και η εξεύρεση των ως άνω χαρακτηριστικών μεγεθών διευκολύνονται τα μέγιστα και είναι ταχύτατες.

ΕΥΧΡΗΣΤΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΕΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν σε προηγούμενη θέση, μέσω των χρονικών σταθερών τ_1 και τ_2 η χρονική μεταβολή μιάς κρουστικής τάσεως περιγράφεται κατά τρόπον μονοσήμαντο. Συνεπώς, και τα χαρακτηριστικά μεγέθη T_μ και T_η εξαρτώνται από τις προαναφερθείσες χρονικές σταθερές τ_1 και τ_2 . Υπό την προϋπόθεση ότι $\tau_1 \gg \tau_2$ (ανισότης η οποία εξασφαλίζεται όταν $R_e C_k \gg R_\mu C_\phi$, ισχύουσα εν γένει δεδομένου ότι, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη θέση, ισχύουν οι ανισότητες $R_e \gg R_\mu$ και $C_k \gg C_\phi$), οι μεν χρονικές σταθερές τ_1 και τ_2 συνδέονται με απλές (πολύ απλούστερες των εκτεθεισών στην παράγραφο 2) προσεγγιστικές σχέσεις με τα κυκλωματικά στοιχεία της κρουστικής γεννήτριας, τα δε χαρακτηριστικά μεγέθη T_μ και T_η συνδέονται με τις σταθερές τ_1 και τ_2 με απλές σχέσεις αναλογίας.

Έτσι, συνηθέστατα, και ιδίως κατά τη σύνθεση κυκλωμάτων για τη διεξαγωγή εργαστηριακών δοκιμών με κρουστικές τάσεις, χρησιμοποιούνται προσεγγιστικοί τύποι για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών μεγεθών κρουστικής τάσεως παραγομένης από δεδομένο κύκλωμα. Η ακρίβεια η επιτυγχανομένη με τη χρήση των τύπων αυτών χαρακτηρίζεται ως επαρκής, είναι δε τόσο καλλίτερη, όσο ο λόγος T_μ/T_η είναι μικρότερος. Έτσι, όσον αφορά στις τρεις κυριότερες κρουστικές τάσεις μικρής διάρκειας (1,2/5 μ s, 1,2/50 μ s και 1,2/200 μ s), η επιτυγχανομένη ακρίβεια είναι μεγίστη στην περίπτωση της κυματομορφής 1,2/200 μ s, ενώ στην κυματομορφή 1,2/5 μ s, λόγω του ότι οι χρονικές σταθερές τ_1 και τ_2 δεν ικανοποιούν τη σχέση $\tau_1 \gg \tau_2$, η χρήση των προσεγγιστικών τύπων είναι δυνατόν να οδηγήσει σε σοβαρά και, πάντως, μη αμελητέα σφάλματα.

Ανεξαρτήτως του χρησιμοποιουμένου κυκλώματος (a ή b) ισχύουν οι αναλογίες

$$T_\mu = \frac{2}{b} \cdot \tau_2$$

$$T_\eta = \frac{1}{\alpha} \cdot \tau_1$$

ενώ οι συντελεστές αναλογίας, για κάθε μία από τις τρεις γνωστότερες και ευρύτερα χρησιμοποιούμενες προτυποποιημένες κρουστικές τάσεις δίνονται από τον πίνακα που ακολουθεί.

T_{μ}/T_{η}			
	1,2/5 μs	1,2/50 μs	1,2/200 μs
Συν/τέες			
1/α	1,435	0,733	0,704
2/b	1,500	2,963	3,150

Οι απλές προσεγγιστικές σχέσεις, οι συνδέουσες τις χρονικές σταθερές με τα στοιχεία του κυκλώματος παραγωγής της κρουστικής τάσεως, καθώς και ο συντελεστής χρησιμοποίησης, δίνονται στη συνέχεια, για κάθε μία από τις δύο συνηθέστερες συνδεσμολογίες:

a

$$\tau_1 \equiv (R_e + R_{\mu})(C_{\kappa} + C_{\phi})$$

$$\tau_2 \equiv \frac{R_e \cdot R_{\mu}}{R_e + R_{\mu}} \cdot \frac{C_{\kappa} \cdot C_{\phi}}{C_{\kappa} + C_{\phi}}$$

$$\eta \equiv \frac{R_e}{R_e + R_{\mu}} \cdot \frac{C_{\kappa}}{C_{\kappa} + C_{\phi}}$$

b

$$\tau_1 \equiv R_e \cdot (C_{\kappa} + C_{\phi})$$

$$\tau_2 \equiv R_{\mu} \cdot \frac{C_{\kappa} \cdot C_{\phi}}{C_{\kappa} + C_{\phi}}$$

$$\eta \equiv \frac{C_{\kappa}}{C_{\kappa} + C_{\phi}}$$

Για τα χαρακτηριστικά μεγέθη κρουστικής τάσεως μεγάλης διάρκειας, ισχύουν οι προσεγγιστικοί τύποι

$$t_m = \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{\tau_1 - \tau_2} \cdot \ln \frac{\tau_1}{\tau_2}$$

$$T_{\eta} = \tau_1 \ln \frac{2}{\eta}$$

υπό την προϋπόθεση ότι $T_{\eta} \geq 10t_m$. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης η στον τελευταίο τύπο υπολογισμού του χρόνου ημίσεος εύρους κρουστικής τάσης μεγάλης διάρκειας, θα ληφθεί, αναλόγως εάν το κύκλωμα παραγωγής είναι της συνδεσμολογίας *a* ή *b*, από τις προαναφερθείσες αντίστοιχες προσεγγίσεις.

Η αντίστροφη διαδικασία (δηλαδή με δεδομένη την επιθυμητή κυματομορφή, να επιλεγούν τα στοιχεία της προς σύνθεση κρουστικής γεννητριάς) είναι με βάση τους προεκτεθέντες προσεγγιστικούς τύπους απλή. Στην πράξη, και επειδή οι μεν πυκνωτές είναι μεγαλύτερας αξίας απ' ό,τι οι αντιστάσεις απ' ενός, απ' ετέρου δε ούτε η χωρητικότητά τους μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή, ούτε σε ένα συνηθισμένο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων διατίθενται πυκνωτές στην επάρκεια στην οποία διατίθενται αντιστάσεις, επιλέγονται κατ' αρχήν οι χωρητικότητες της προς σύνθεση κρουστικής γεννητριάς και, στη συνέχεια, βάσει του επιδιωκόμενου εύρους και της επιθυμητής κυματομορφής τάσεως, γίνεται εκλογή τύπου κυκλώματος (*a* ή *b*) και επιλογή αντιστάσεων εκ των διατιθεμένων, λαμβάνοντας υπ' όψη τους προεκτεθέντες προσεγγιστικούς τύπους, τα χαρακτηριστικά της διατιθεμένης πηγής συνεχούς τάσεως και βεβαίως την αναμενόμενη καταπόνηση των αντιστάσεων σε τάση και ισχύ.

Ειδικά για τον υπολογισμό των στοιχείων γεννητριάς κρουστικής τάσεως της μορφής 1,2/50 μs , υπάρχει η δυνατότης εφαρμογής μιάς ακόμη απλούστερης

μεθόδου [3], για την επιλογή των τιμών των αντιστάσεων μετώπου και ουράς, εφ' όσον έχουν επιλεγεί οι χωρητικότητες του κυκλώματος: Με δεδομένη τη σχέση των χωρητικότητων και αναλόγως της προθέσεως συνθέσεως κυκλώματος τύπου α ή β, από τον πίνακα που ακολουθεί εξευρίσκεται ο συντελεστής χρησιμοποίησης, εν

C_ϕ/C_κ	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20
η					
a	0,850	0,820	0,810	0,800	0,770
b	0,932	0,899	0,868	0,837	0,810

συνεχεία δε από τις δύο σχέσεις που ακολουθούν ορίζονται οι τιμές των αντιστάσεων. Η αναμενομένη απόκλιση τιμών μεταξύ των ευρισκομένων από τους

$$R_e \equiv 1410 \cdot \eta \cdot \frac{T_\eta}{C_\kappa} \quad \left. \vphantom{R_e} \right\} \text{ Μονάδες } \Omega, \text{ nF, } \mu\text{s.}$$

$$R_\mu \equiv \frac{333}{\eta} \cdot \frac{T_\mu}{C_\phi}$$

τύπους αυτούς και των διαθεσίμων ωμικών αντιστάσεων, υποχρεώνει σε εκ των υστέρων έλεγχο των αποκλίσεων των χρονικών χαρακτηριστικών της παραχθησομένης κρουστικής τάσεως από τα αντίστοιχα ονομαστικά. Επιστάται η προσοχή των αναγνωστών επί του ότι οι δύο τελευταίως αναφερθέντες τύποι ισχύουν για συγκεκριμένες μονάδες (Ω για τις ωμικές αντιστάσεις, nF για τις χωρητικότητες και μs για το χρόνο).

3. ΕΝΑΥΣΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Η έναυση (σπανιότερα χαρακτηριζόμενη και ως άφεση ή σκανδαλισμός) των κρουστικών γεννητριών, όπως, ήδη, αναφέρθηκε στην παράγραφο 1 του παρόντος τεύχους, επιτυγχάνεται με τη δημιουργία σπινθήρος στον σπινθηριστή Σπ (Σχήμα 4), οπότε αρχίζει η εκφόρτιση του πυκνωτού κρούσεως στο υπόλοιπο κύκλωμα και η διαμόρφωση του παλμού τάσεως.

Η έναυση της κρουστικής γεννήτριας μπορεί να επιτευχθεί κατά δύο τρόπους, είτε εφαρμόζοντας στο διάκενο του σπινθηριστή συνεχή τάση φορτίσεως U_- μεγαλύτερη ή ίση από την τάση διασπάσεώς του U_δ , οπότε η έναυση χαρακτηρίζεται ως "μη ελεγχόμενη", είτε επιβάλλοντας στο διάκενο, και συγκεκριμένα μεταξύ μίας των δύο σφαιρών του σπινθηριστή (κατά κανόνα της γειωμένης, δηλαδή εκείνης που βρίσκεται προς την πλευρά της χωρητικότητας φορτίου) και ενός τρίτου βοηθητικού ηλεκτροδίου, μία βοηθητική κρουστική τάση, η οποία οδηγεί στη διάσπαση, εν συνεχεία, του κυρίου διακένου του σπινθηριστού, χαρακτηριζομένης ως "ελεγχόμενη" της κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχανομένης εναύσεως της γεννήτριας.

Για τη "μη ελεγχόμενη" έναυση της γεννήτριας, το διάκενο του σπινθηριστού ρυθμίζεται σε μία προκαθορισμένη απόσταση δ , αντιστοιχούσα σε τάση

διασπάσεως U_{δ} και είτε η τάση φορτίσεως U_{-} αυξάνει μέχρι την τιμή U_{δ} , οπότε το διάκενο διασπάται, είτε η U_{-} τηρείται μικρότερη της U_{δ} , οπότε, μειώνοντας το μήκος του διακένου δ , επιτυγχάνουμε τη διάσπασή του. Η μη ελεγχόμενη έναυση της κρουστικής γεννητριάς χαρακτηρίζεται από απλότητα και εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις δοκιμών, π.χ. όταν πρόκειται να επιβάλουμε επανειλημμένως μία κρουστική τάση δεδομένου ύψους (ή, εν πάση περιπτώσει, προερχομένη από σταθερά συνεχή τάση φορτίσεως της κρουστικής γεννητριάς) σ' ένα δοκίμιο. Στην περίπτωση μη ελεγχόμενης έναυσης δεν μπορούμε να πετύχουμε συγχρονισμό της εκφορτίσεως της γεννητριάς και της αφέσεως του παλμογράφου κρουστικών τάσεων (περί του οποίου θα επανέλθουμε στη συνέχεια), επομένως προκύπτει αδυναμία καταγραφής της κρουστικής τάσεως. Ακόμη, δεν μπορούμε να πετύχουμε ελεγχόμενη αποκοπή της κρουστικής τάσεως (ίδτε στη συνέχεια του παρόντος φυλλαδίου).

Καθίσταται, επομένως, προφανές ότι, η μη ελεγχόμενη έναυση της κρουστικής γεννητριάς, παρά την απλότητά της, έχει τα μειονεκτήματα της αστάθειας και μειωμένης αξιοπιστίας, των πολύπλοκων χειρισμών σε κάθε μεταβολή της τάσεως, της αδυναμίας ακριβούς ρυθμίσεως του χρόνου έναυσεως, και της αδυναμίας καταγραφής και αποκοπής της κρουστικής τάσεως και για τους προεκτεθέντες λόγους χρησιμοποιείται σε εξαιρετικές μόνον περιπτώσεις, όπως π.χ. η αναφερθείσα (επανειλημμένη επιβολή σταθεράς κρουστικής τάσεως στο αυτό δοκίμιο), ή σε μικρές και σε, κατά το μάλλον ή ήττον, ευτελούς κατασκευής και φθηνές κρουστικές γεννητρίες.

Ανεξαρτήτως των ανωτέρω, η διάρκεια φορτίσεως της χωρητικότητας C_k (από την επιβολή της συνεχούς τάσεως φορτίσεως μέχρι τη διάσπαση του διακένου του σπινθηριστού) είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη έχει ρυθμισθεί η τάση διασπάσεως U_{δ} του διακένου (ισοδύναμα, το διάκενο δ), υπό σταθερά συνεχή τάση φορτίσεως U_{-} , όσο, δηλαδή μεγαλύτερος είναι ο λόγος

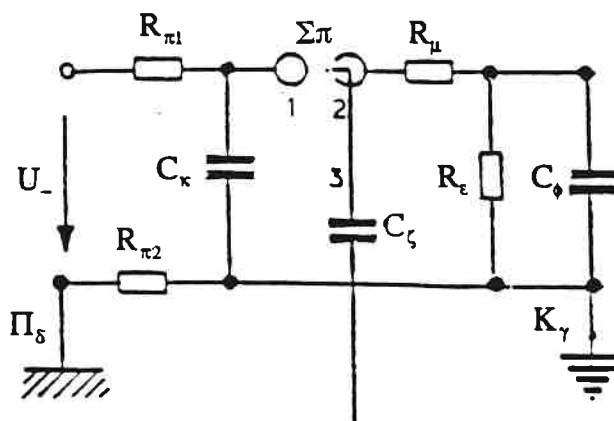
$$\lambda = \frac{U_{\delta}}{U_{-}} (\leq 1)$$

Λόγω του ότι η τάση φορτίσεως του πυκνωτού κρούσεως C_k υπόκειται σε εκθετική μεταβολή, η διάρκεια φορτίσεως αυξάνει πλέον ή αναλογικώς με το λ . Εάν το λ ρυθμισθεί σε μικρή τιμή, οι διασπάσεις του διακένου του σπινθηριστού, άρα και οι εκφορτίσεις της γεννητριάς, διαδέχονται η μία την άλλη με γρήγορο ρυθμό, γεγονός που δεν αποκλείεται να οδηγήσει σε επικίνδυνη για τη λειτουργικότητα της γεννητριάς καταπόνησή της. Βέβαια, ο ρυθμός φορτίσεων και εκφορτίσεων της γεννητριάς εξαρτάται και από τις αντιστάσεις φορτίσεως (πρόκειται για την/τις αντίσταση/σεις μέσω της/των οποίας/ων επιτυγχάνεται η φόρτιση του/των πυκνωτού/ών κρούσεως στη συνεχή τάση φορτίσεως - περί αυτών ίδτε κατωτέρω στην παράγραφο την αναφερομένη στις πολυβάθμιες κρουστικές γεννητρίες), η συνολική τιμή των οποίων πρέπει να είναι τόσο, ώστε η φόρτιση της γεννητριάς να γίνεται ούτε πολύ αργά (για λόγους πρακτικούς - λειτουργικούς), ούτε, όμως, και πολύ γρήγορα, ώστε να μην υπερφορτίζεται επικίνδυνα η γεννητρία συνεχούς τάσεως, που εξασφαλίζει τη φόρτιση του/ων πυκνωτού/ών κρούσεως της κρουστικής γεννητριάς.

Η ελεγχόμενη έναυση της κρουστικής γεννητριάς ενεργοποιείται είτε χειροκίνητα (με την πίεση αντίστοιχου πλήκτρου), οπότε και προσδιορίζεται επακριβώς η χρονική στιγμή έναυσεως, είτε αυτόματα, μόλις η συνεχής τάση φορτίσεως υπερβεί

μίας εκ των προτέρων καθορισμένη τιμήν. Σε σχέση με τη μη ελεγχόμενη έναυση, η ελεγχόμενη παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και γι' αυτό εφαρμόζεται πολύ συχνότερα από εκείνη: έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία και ευστάθεια, είναι πολύ απλούστερη στους απαιτούμενους για τη μεταβολή της τάσεως της γεννητριάς χειρισμούς, επιτρέπει δε την ακριβή ρύθμιση του χρόνου εναύσεως, την καταγραφή και την (ενδεχομένως επιθυμητή) αποκοπή της κρουστικής τάσεως.

Για την επίτευξη της ελεγχόμενης εκφορτίσεως εφαρμόζονται διάφοροι τρόποι, η συσκευή, όμως, που χρησιμοποιείται συνηθέστερα είναι η "trigatron" (Σχήμα 5). Σ' αυτήν την περίπτωση, η μία εκ των δύο σφαιρών, και δη κατά κανόνα η εξ αυτών γειωμένη, του σπινθηριστού Σπ (Σχήμα 9) φέρει μία μικρή οπή στον έναντι της άλλης σφαίρας πόλον της, μέσα στην οποία βρίσκεται ένα έναντι αυτής μονωμένο ηλεκτρόδιο που δεν εξέρχει από την υπόλοιπη επιφάνειά της και παρουσιάζει έναντι αυτής (της άλλης σφαίρας) ένα δακτυλιοειδές διάκενο πλάτους περί το 1 mm [4]. Με την επιβολή σ' αυτό το βοηθητικό ηλεκτρόδιο ενός παλμού τάσεως, συνήθως αρνητικής πολικότητας προς γην, εάν η συσκευή εναύσεως παράγει παλμούς μιάς συγκεκριμένης πολικότητας, ή επιλεγμένης πολικότητας, εφ' όσον υπάρχει η δυνατότης αυτή, εύρους περί τα 10 kV, το δακτυλιοειδές διάκενο διασπάται και ο δημιουργούμενος σπινθήρας, τόσο λόγω της θέσεως εμφανίσεώς του, όσο και, κυρίως, λόγω του αναπτυσσομένου φορτίου χώρου, συνεπάγεται μία έντονη τοπική ανομοιογένεια στο πεδίο του διακένου του σπινθηριστού, προκαλώντας, έτσι, τη διάσπασή του, υπό την προϋπόθεση, βεβαίως, ότι, η συνεχής τάση φορτίσεως του διακένου U_- είναι μικρότερη, αλλά κατ' ολίγον μόνο, της τάσεως διασπάσεως U_δ του διακένου. Η διάσπαση του διακένου υποβοηθείται σημαντικά, όταν η πολικότης του βοηθητικού παλμού είναι αντίθετη εκείνης της συνεχούς τάσεως φορτίσεως της κρουστικής γεννητριάς, συνιστάται δε η αξιοποίηση του γεγονότος αυτού, εφ' όσον, βεβαίως, υπάρχει η δυνατότης επιλογής πολικότητας του βοηθητικού παλμού.



Σχήμα 9: Μονοβάθμια γεννήτρια κρουστικών τάσεων με σπινθηριστή εναύσεως

Σπ: σπινθηριστής εναύσεως

1: σφαίρα υψηλής τάσεως

2: σφαίρα χαμηλής τάσεως (αρχικά γειωμένη)

3: βοηθητικό ηλεκτρόδιο

C_ζ : πυκνωτής ζεύξεως

Π_δ : προσγείωση δικτύου

K_γ : κρουστική γη

Ο βοηθητικός παλμός παράγεται συνήθως από μικρή συσκευή παραγωγής κρουστικών τάσεων ή αποσβεννυμένων ταλαντώσεων, ελεγχόμενη αυτομάτως ή

μέσω πλήκτρων, όπως προαναφέρθηκε. Συνήθως, από την ίδια συσκευή, και πέραν του αναφερθέντος βοηθητικού παλμού εναύσεως της κρουστικής γεννητριάς, παράγονται ταυτόχρονα και άλλοι παλμοί (συνήθως ακόμη δύο παλμοί) για την ελεγχόμενη ενεργοποίηση άλλων διαδικασιών και συσκευών σχετιζομένων είτε με τη διαμόρφωση της κρουστικής τάσεως, είτε την καταγραφή της (π.χ. αποκοπή της κρουστικής τάσεως μέσω του σπινθηριστού αποκοπής, άφηση του παλμογράφου κρουστικών τάσεων, θέματα στα οποία θα επανέλθουμε στη συνέχεια).

Με τη διάσπαση του διακένου του σπινθηριστού Σπ, η συσκευή εναύσεως, ευρισκομένη συνήθως επί της τραπέζης χειρισμών και ελεγχόμενη (αλλά και μονίμως προσπελάσιμη, για προφανείς λειτουργικούς λόγους) από το χειριστή της διατάξεως παραγωγής κρουστικών τάσεων, τίθεται υπό τη συνεχή τάση φορτίσεως U_- της κρουστικής γεννητριάς, γεγονός ιδιαίτερα επικίνδυνο για το χειριστή, αλλά φυσικά και για την ίδια τη συσκευή καθώς και για τις λοιπές διατάξεις χειρισμών. Για λόγους, επομένως, ασφαλείας προσωπικού και εγκαταστάσεων, στην τροφοδοσία του μονωμένου ηλεκτροδίου του *trigatron* συνδέεται εν σειρά ο πυκνωτής ζεύξεως (C_T , Σχήμα 9), που πρέπει να αντέχει τη συνεχή τάση φόρτισης του πυκνωτού κρούσεως. Μέσω του εν λόγω πυκνωτού ζεύξεως, που φορτίζεται κατά την εκφόρτιση της γεννητριάς, η συσκευή εναύσεως διατηρείται μονίμως σε χαμηλό δυναμικό, ενώ η βοηθητική κρουστική τάση εναύσεως μεταφέρεται, μέσω του ιδίου πυκνωτού ζεύξεως προς το βοηθητικό ηλεκτρόδιο του σπινθηριστού.

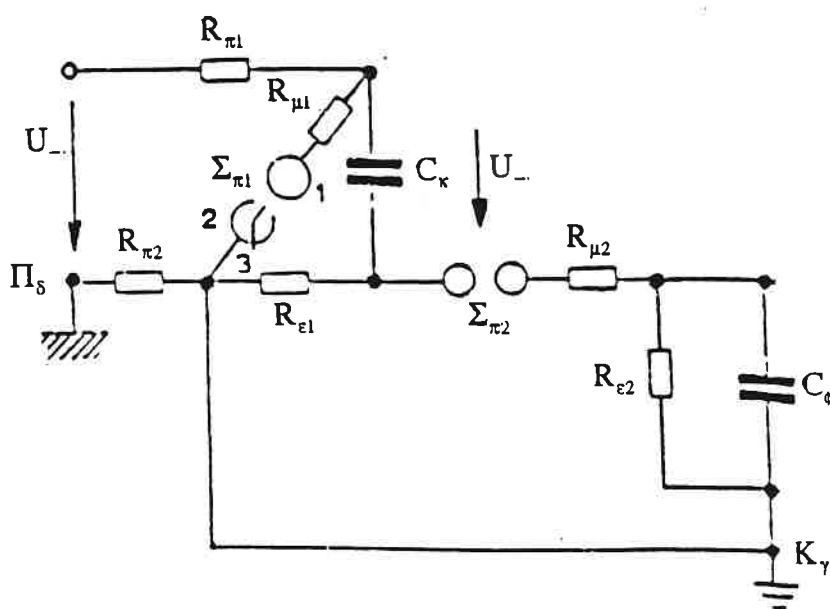
Τα προηγουμένως αναφερθέντα μειονεκτήματα αποφεύγονται σε άλλα συστήματα εναύσεως, στα οποία δεν υφίσταται γαλβανική ζεύξη μεταξύ συσκευής εναύσεως και σπινθηριστού. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα, κατά την επιλεγείσα χρονική στιγμή εναύσεως, να κατευθυνθεί προς το κύριο διάκενο του σπινθηριστού Σπ, το οποίο είναι, ήδη, φορτισμένο στη συνεχή τάση U_- , μία φωτεινή δέσμη ισχυράς εντάσεως, προερχόμενη π.χ. από τη δημιουργία σπινθήρος σε βοηθητικό σπινθηριστή, ευρισκόμενο πλησίον του Σπ. Η φωτεινή δέσμη προκαλεί πολλαπλασιασμό των ελευθέρων ηλεκτρικών φορτίων που βρίσκονται στο διάκενο του σπινθηριστού Σπ, μειώνοντας την τάση διασπάσεως U_s του διακένου αυτού σε επίπεδα κάτω της συνεχούς τάσεως φορτίσεως U_- .

Επίσης, μία βοηθητική συσκευή εναύσεως μπορεί να τεθεί υπό υψηλό δυναμικό (δυναμικό της σφαίρας 2, Σχήμα 9) και η εντολή προς αυτήν για την παραγωγή της βοηθητικής τάσεως εναύσεως να σταλεί μέσω του αέρος, υπό μορφήν ηλεκτρομαγνητικού σήματος ορισμένης συχνότητας, ή μέσω πνευστικού (πνευματικού) μηχανισμού. Πάντως, οι μέθοδοι αυτές χαρακτηρίζονται από μεγάλη αστάθεια, κατά συνέπεια μικρή ασφάλεια λειτουργίας και γι' αυτό δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

Ο πυκνωτής ζεύξεως μπορεί να αποφευχθεί, επίσης, εάν κατά την επιλεγείσα χρονική στιγμή εναύσεως, κατευθυνθεί προς το κύριο διάκενο του σπινθηριστού Σπ, το οποίο είναι, ήδη, φορτισμένο στη συνεχή τάση U_- , μία δέσμη υπεριώδους ακτινοβολίας, ή μία δέσμη ακτίνων προερχόμενη από λυχνία ατμών υδραργύρου με τοιχώματα χαλαζίου, ή μία δέσμη ακτίνων Χ. Μάλιστα, είναι σκόπιμο οι αναφερθείσες δέσμες ακτίνων να κατευθύνονται προς τον έναντι της γειωμένης σφαίρας πόλον της φορτισμένης σφαίρας. Τέλος, η χρήση του πυκνωτού ζεύξεως αποφεύγεται, εάν μέσα σε κοιλότητα της υπό τάση σφαίρας, ευρισκομένην πλησίον του πόλου αυτής που αναφέρθηκε τοποθετηθεί ραδιενεργός ουσία, με ραδιενέργεια μεταξύ 0,2 και 0,6 mCurie. Είναι προφανές ότι, κατά τη χρήση

ακτίνων X ή ραδιενεργού ουσίας πρέπει να λαμβάνονται αυστηρότατα μέτρα ασφαλείας.

Ένας άλλος τρόπος αποφυγής του πυκνωτού ζεύξεως προϋποθέτει την τροποποίηση του κυκλώματος της κρουστικής γεννητριάς, ώστε η σφαίρα 2 του σπινθηριστού εναύσεως $\Sigma_{\pi 1}$ να διατηρείται μονίμως σε χαμηλό δυναμικό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση του κυκλώματος της κρουστικής γεννητριάς όπως φαίνεται στο Σχήμα 10, όπου αντί για έναν έχουμε δύο σπινθηριστές ($\Sigma_{\pi 1}$ και $\Sigma_{\pi 2}$), εκ των οποίων σημασία για την έναυση έχει μόνον ο $\Sigma_{\pi 1}$: κατ' αιτόν τον τρόπο η σφαίρα 2 του συγκεκριμένου σπινθηριστή βρίσκεται μόνιμα συνδεδεμένη με την κρουστική γη (περί κρουστικής γης ίδετε την επομένη παράγραφο των ανά χειρας σημειώσεων).



Σχήμα 10: Μετατροπή της κρουστικής γεννητριάς του Σχήματος 9, για την αποφυγή του πυκνωτού ζεύξεως.

Ο πυκνωτής κρούσεως φορτίζεται μέσω των αντιστάσεων $R_{\pi 1}$, $R_{\pi 2}$ και $R_{\epsilon 1}$, μετά δε τη φόρτισή του ο ακροδέκτης του γ βρίσκεται στο δυναμικό της κρουστικής γης K_{γ} , ενώ η συνεχής τάση φορτίσεως U_- επιβάλλεται στον σπινθηριστή $\Sigma_{\pi 1}$, παράλληλα συνδεδεμένο με αυτόν. Στον δεύτερο σπινθηριστή $\Sigma_{\pi 2}$ δεν επιβάλλεται ακόμη τάση, δεδομένου ότι και οι δύο ακροδέκτες του βρίσκονται στο δυναμικό της κρουστικής γης.

Όταν μέσω του βοηθητικού παλμού, που οδηγείται στο διάκνω του πρώτου σπινθηριστή $\Sigma_{\pi 1}$ με το βοηθητικό ηλεκτρόδιο 3, προκληθεί διάσπαση του σπινθηριστή αυτού, ο ακροδέκτης β του πυκνωτού κρούσεως αποκτά ακαριαίως το δυναμικό της κρουστικής γης, επειδή δε ο πυκνωτής κρούσεως δεν είναι δυνατόν να χάσει ακαριαίως την τάση και το φορτίο του, ο ακροδέκτης του γ αποκτά το δυναμικό $-U_-$, υπό την, κατά κανόνα πληρουμένη προϋπόθεση, βεβαίως, ότι η μεν αντίσταση $R_{\mu 1}$ είναι πολύ μικρή, ενδεχομένως και ίση με μηδέν, η δε αντίσταση $R_{\epsilon 1}$ είναι πολύ μεγάλη. Ήδη, με την ανύψωση του δυναμικού του κόμβου γ , επέρχεται

διάσπαση και του δευτέρου σπινθηριστού $\Sigma\pi_2$ της διατάξεως και εκφόρτιση του πυκνωτού κρούσεως στο εξωτερικό κύκλωμα της γεννητριάς ($R_{\mu 2}, R_{e 2}$ και C_ϕ).

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί και σε προηγούμενη θέση, για τη δημιουργία του μετώπου της κρουστικής τάσεως σημασία, εκτός των χωρητικότητων C_κ και C_ϕ , έχουν οι αντιστάσεις $R_{\mu 1}$ και $R_{\mu 2}$ (αντιστάσεις μετώπου ή αποσβέσεως), το άθροισμα των οποίων λαμβάνεται υπ' όψη ως συνολική αντίσταση αποσβέσεως του κυκλώματος R_μ , στους διαφόρους τύπους υπολογισμού των χαρακτηριστικών της παραγομένης κρουστικής τάσεως, οι οποίοι έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 2 του παρόντος. Βέβαια, και σύμφωνα με το προαναφερθέντα, θα μπορούσε η $R_{\mu 1}$ να είναι μηδενική και ολόκληρη η αντίσταση αποσβέσεως να ληφθεί στο εξωτερικό κύκλωμα στη θέση της $R_{\mu 2}$. Στην πράξη, όμως, και με στόχο την απόσβεση υψίσυχων ταλαντώσεων, σε βρόχους που σχηματίζονται και περιλαμβάνουν και τα παράσιτα στοιχεία της κρουστικής γεννήτριας, οι δύο αντιστάσεις $R_{\mu 1}$ και $R_{\mu 2}$ λαμβάνονται ίσες μεταξύ τους, οπότε η συνολική αντίσταση αποσβέσεως του κυκλώματος μοιράζεται εξ ίσου στο εσωτερικό και εξωτερικό κύκλωμα της γεννητριάς:

$$R_{\mu 1} = R_{\mu 2} = \left(\frac{R_\mu}{2}\right)$$

Όσον αφορά στη διαμόρφωση της ουράς, παρατηρείται ότι, η εκφόρτιση των δύο χωρητικότητων (κρούσεως και φορτίου) γίνεται μέσω των αντιστάσεων $R_{e 1}$ και $R_{e 2}$, εκ των οποίων η πρώτη λαμβάνεται με σημαντικά μεγαλύτερη τιμή απ' ό,τι η δεύτερη, και πάντως μέχρι ενός ορίου, δεδομένου ότι, υπερβολική αύξηση της $R_{e 1}$ οδηγεί σε αντίστοιχη υπερβολική αύξηση του χρόνου φορτίσεως της χωρητικότητας κρούσεως C_κ . Επομένως, σημαντική περαιτέρω αύξηση του χρόνου ημίσεως εύρους μπορεί να επιτευχθεί μόνον με αύξηση της αντιστάσεως $R_{e 2}$, η δε μέγιστη διάρκεια ημίσεως εύρους της παραγομένης κρουστικής τάσεως, για σταθερή τιμή της $R_{e 1}$, επιτυγχάνεται παραλείποντας την $R_{e 2}$.

Πρέπει να επισημανθεί ότι, ενώ στα κυκλώματα του Σχήματος 4 η παραγομένη κρουστική τάση είναι της ίδιας πολικότητας προς γην όπως η συνεχής τάση φορτίσεως, στην κρουστική γεννήτρια του Σχήματος 10 οι δύο ως άνω τάσεις είναι αντιθέτου πολικότητας.

Για τη σωστή λειτουργία της κρουστικής γεννήτριας σημασία έχουν τα διάκενα των δύο σπινθηριστών και πρωτίστως εκείνο του σπινθηριστού $\Sigma\pi_1$, ενώ το διάκενο του σπινθηριστού $\Sigma\pi_2$ διαστασιοποιείται βάσει του διακένου του $\Sigma\pi_1$, τηρούμενο, πάντοτε, ελαφρώς μικρότερο εκείνου, ώστε μετά τη διάσπαση του $\Sigma\pi_1$ να ακολουθεί άμεσα η διάσπαση του $\Sigma\pi_2$. Συνήθως μία σφαίρα ενός εκάστου των διακένων είναι κινητή, η δε κίνησή τους γίνεται μέσω κοινού άξονος, με τη βοήθεια μικρού ηλεκτροκινητήρα. Η ακτίνα r εκάστης των τεσσάρων σφαιρών των δύο σπινθηριστών (όλες είναι της ίδιας διαμέτρου) επιλέγεται έτσι ώστε, το ηλεκτροστατικό πεδίο των σπινθηριστών να μπορεί να θεωρηθεί πρακτικώς ομοιογενές ακόμη και όταν (οριακά) το διάκενο των σφαιρών είναι μέγιστο (δ_m), επομένως πρέπει να ισχύει

$$r \geq \delta_m$$

Σημειώνεται ότι, το μέγιστο διάκενο των σπινθηριστών προκύπτει μονοσήμαντα από την ονομαστική τάση της γεννητριάς, είτε την τάση φορτίσεως, είτε την παραγομένη κρουστική τάση.

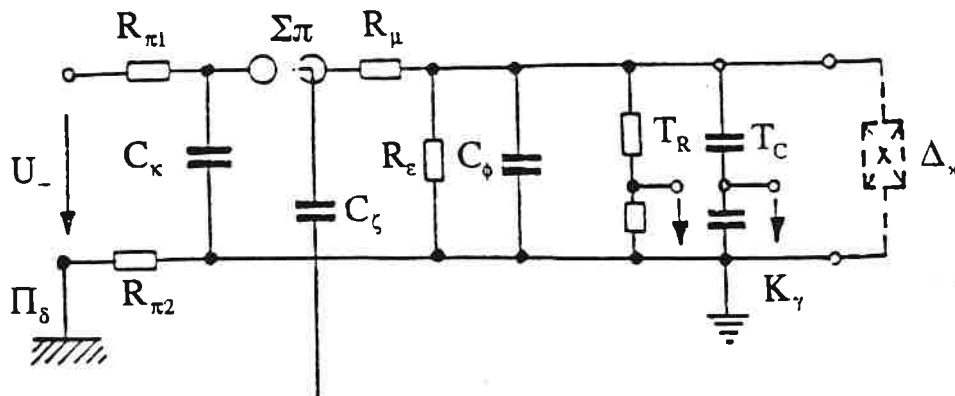
Κατά καιρούς έχει προταθεί η χρησιμοποίηση σπινθηριστών, των οποίων η αρχή λειτουργίας αποκλίνει από τη φιλοσοφία του μεταβλητού διακένου στον αέρα: Έτσι, έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί σπινθηριστές σταθερού διακένου έγκλειστοι σε αεροστεγή περιβλήματα, γεμάτα συνήθως με N_2 . Η τάση διασπάσεως U_s των διακένων αυτών δεν καθορίζεται από τη μεταβολή του μήκους, αλλά από τη μεταβολή της πίεσεως του αερίου μέσα στον αεροστεγή θάλαμο. Με τη χρήση τέτοιων σπινθηριστών αποφεύγεται η επίδραση στην U_s των περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασίας, πίεσεως, υγρασίας) και η λειτουργία της κρουστικής γεννητριάς γίνεται αθόρυβη. Τα κυριότερα μειονεκτήματα των σπινθηριστών αυτών είναι η υψηλή τιμή τους, κάποια αστάθεια κατά τη λειτουργία τους και το γεγονός ότι, συνηθέστατα, με έναν τέτοιον σπινθηριστή μπορεί να καλυφθεί μία κατά το μάλλον ή ήττον στενή περιοχή τιμών τάσεων, οπότε για την κάλυψη ευρύτερων περιοχών τιμών τάσεων απαιτείται η διαθεσιμότητα περισσότερων του ενός τέτοιων σπινθηριστών.

4. ΜΕΤΡΗΣΗ - ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Η παραγομένη κρουστική τάση είναι κατά κανόνα προς γην, και γι' αυτόν ακριβώς το λόγο η σωστή προσγείωση της κρουστικής γεννητριάς έχει τεράστια σημασία. Η προσγείωση της κρουστικής γεννητριάς πρέπει να γίνεται κοντά στο δοκίμιο ή στα στοιχεία C_0 ή R_e του κυκλώματος εκφορτίσεως (Σχήμα 9), μέσω ιδιαίτερων ηλεκτροδίων προσγειώσεως, τα οποία απαρτίζουν την "κρουστική γη" ($K_γ$) και τα οποία δεν συνδέονται με την προσγείωση του δικτύου εναλλασσομένης τάσεως (Π_s). Η κρουστική γη συνδέεται με την προσγείωση δικτύου εναλλασσομένης τάσεως μέσω της αντιστάσεως $R_{π2}$, τάξεως μεγέθους $M\Omega$, κατάλληλης ονομαστικής τάσεως. Η χρήση ιδιαίτερης προσγειώσεως ακολουθείται γιατί, εάν για την προσγείωση της κρουστικής γεννητριάς χρησιμοποιείτο η προσγείωση του δικτύου, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν, από τις διάφορες παράσιτες χωρητικότητες της κρουστικής γεννητριάς, κλειστοί βρόχοι με μικρή συνολική ωμική αντίσταση. Στο εσωτερικό των βρόχων αυτών αναπτύσσονται εξ επαγωγής σημαντικές κατά το εύρος υψίσυχνης τάσεις, οι οποίες υπερτίθενται της καμπύλης της παραγομένης κρουστικής τάσεως, γεγονός το οποίο αντιβαίνει στους ισχύοντες κανονισμούς, σύμφωνα με τους οποίους η παραγομένη κρουστική τάση πρέπει να είναι εντελώς απαλλαγμένη από παράσιτες ταλαντώσεις.

Η μέτρηση ή/και η καταγραφή της κρουστικής τάσεως γίνεται μέσω ωμικών (T_R) ή χωρητικών καταμεριστών (T_C) συνδεομένων παράλληλα προς το δοκίμιο Δ_k (Σχήμα 11). Προκειμένου όπως η σύνδεση του αντιστοίχου καταμεριστού στο κύκλωμα παραγωγής κρουστικής τάσεως μην επηρεάζει ουσιαδώς τη μορφή της παραγομένης κρουστικής τάσεως, θα πρέπει στη μεν περίπτωση ωμικού καταμεριστού η συνολική ωμική του αντίσταση R_σ να είναι σημαντικά μεγαλύτερη της R_e , ενώ στην περίπτωση χωρητικού καταμεριστού η συνολική χωρητικότητα C_σ

να είναι σημαντικά μικρότερη της C_ϕ . (Υπενθυμίζεται ότι, προσεγγιστικά, η συνολική ωμική αντίσταση R_σ ωμικού καταμεριστού ισούται προς την αντίσταση υψηλής τάσεως αυτού, ενώ η συνολική χωρητικότητα C_σ χωρητικού καταμεριστού ισούται προς τη χωρητικότητα υψηλής τάσεως αυτού.)



Σχήμα 11: Μονοβάθμια γεννήτρια κρουστικών τάσεων με καταμεριστές

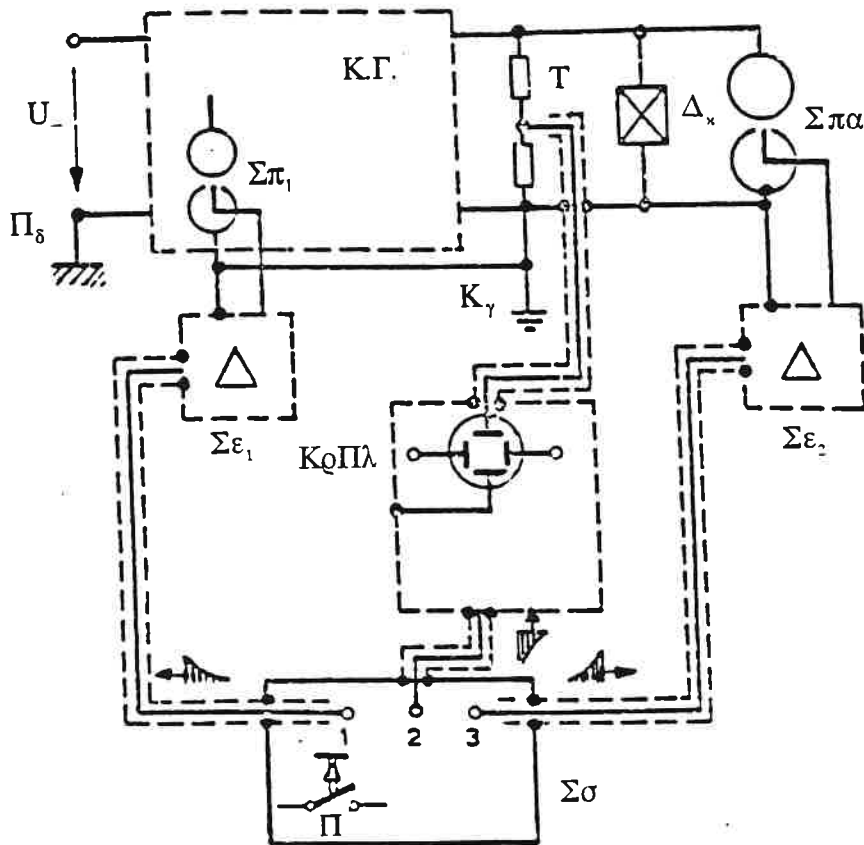
- T_R : Ωμικός καταμεριστής
- T_C : Χωρητικός καταμεριστής
- Δx : Δοκίμιο

Όχι σπάνια, ως καταμεριστές του αντιστοίχου τύπου διαμορφώνονται τα ίδια τα στοιχεία του εξωτερικού κυκλώματος της κρουστικής γεννητριάς (R_ϵ και C_ϕ αντιστοίχως), παρεμβαλλομένης μεταξύ του ακροδέκτου χαμηλής τάσεως αυτών και της γης των αντιστοίχων στοιχείων χαμηλής τάσεως: Για τη διαμόρφωση της R_ϵ σε ωμικό καταμεριστή, μεταξύ αυτής και της γης παρεμβάλλεται μία μικρή ωμική αντίσταση, ώστε να προκύπτει η επιθυμητή σχέση ωμικού καταμερισμού, ενώ για τη διαμόρφωση του C_ϕ σε χωρητικό καταμεριστή, μεταξύ αυτού και της γης παρεμβάλλεται μία μεγάλη χωρητικότητα, ώστε να προκύπτει η επιθυμητή σχέση χωρητικού καταμερισμού. Η παρεμβολή των στοιχείων χαμηλής τάσεως των καταμεριστών δεν μεταβάλλει ουσιαδώς την αρχική τιμή των R_ϵ και C_ϕ .

Η μέτρηση της κρουστικής τάσεως είναι δυνατή, επίσης, με τη χρήση σπινθηριστού μετρήσεως. Δεδομένου ότι, στο θέμα των σπινθηριστών μετρήσεως θα αναφερθούμε διεξοδικά στο μέρος των παραδόσεων το αφορών στη μέτρηση υψηλών τάσεων, στη θέση αυτή θα αρκестούμε σε τηλεγραφική αναφορά του τρόπου χρησιμοποιήσεως των σπινθηριστών μετρήσεως για τη μέτρηση υψηλών κρουστικών τάσεων: Το ζητούμενο, εν προκειμένω είναι η εύρεση του διακένου, για το οποίο η προς μέτρηση υψηλή κρουστική τάση αποτελεί την τάση διασπάσεως 50%. Μετά την εξεύρεση του διακένου αυτού, από τους διατιθεμένους πίνακες, οι οποίοι συναρτούν την κρουστική τάση διασπάσεως 50% των προτυποποιημένων σπινθηριστών μετρήσεως με το διάκενο αυτών, λαμβάνεται η τιμή της μετρητέας κρουστικής τάσεως, η οποία ανάγεται στις επικρατούσες κατά τη διάρκεια της μέτρησης περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασίας, πίεσεως και υγρασίας), λαμβανομένων υπ' όψη των σχετικών συντελεστών διορθώσεως.

Για την καταγραφή μιάς κρουστικής τάσεως μέσω παλμογράφου κρουστικών τάσεων, απαιτείται συγχρονισμός της κρουστικής γεννητριάς με τον παλμογράφο:

δεδομένου ότι η κρουστική τάση ως μοναδιαίο μέγεθος εμφανίζεται μία φορά σε μία προεπιλεγμένη χρονική στιγμή και σε ελάχιστο χρόνο μηδενίζεται, θα πρέπει και η οριζόντια απόκλιση της ηλεκτρονικής δέσμης του παλμογράφου να είναι, επίσης, μοναδιαία. Αυτό είναι δυνατόν να επιτευχθεί, με τη διαβίβαση στον παλμογράφο της σχετικής εντολής την κατάλληλη χρονική στιγμή (Σχήμα 12). Έτσι, την κατάλληλη χρονική στιγμή διαβιβάζεται στον παλμογράφο ένα σήμα, έχον τη μορφή κρουστικής τάσης, τιμής λίγων εκατοντάδων V, το οποίο παράγεται στη συσκευή συγχρονισμού Σσ.



Σχήμα 12: Διάταξη συγχρονισμού εκφορτίσεως κρουστικής γεννητριάς - αφέσεως παλμογράφου κρουστικών τάσεων - σπινθηριστού αποκοπής

- Κ.Γ.: γεννήτρια κρουστικών τάσεων
- T: καταμεριστής τάσεως
- Δκ: δοκίμιο
- Σπ₁: σπινθηριστής εναύσεως
- Σπα: σπινθηριστής αποκοπής
- ΚρΠλ: παλμογράφος κρουστικών τάσεων
- Σε: συσκευή εναύσεως
- Σσ: συσκευή συγχρονισμού τριών σημάτων
- 1: προς γεννήτρια κρουστικών τάσεων
- 2: προς παλμογράφο κρουστικών τάσεων
- 3: προς διάταξη αποκοπής της κρουστικής τάσεως
- Π: πλήκτρο

Για να μπορέσει, μία κρουστική τάση, η οποία παράγεται από τη γεννήτρια κρουστικών τάσεων, να καταγραφεί από τον παλμογράφο, μετά, βεβαίως, τον καταμερισμό της στον καταμεριστή T, θα πρέπει οδηγούμενη στις πλάκες

κατακόρυφου αποκλίσεως του παλμογράφου, να εμφανισθεί στην οθόνη του κατά την μοναδιαία απόκλιση της δέσμης του, για να συμβεί δε τούτο θα πρέπει να ικανοποιούνται δύο συνθήκες:

α) Μεταξύ αφέσεως του παλμογράφου και εναύσεως της κρουστικής γεννητριάς πρέπει να μεσολαβεί χρονικό διάστημα $\Delta\tau$, το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση

$$\Delta\tau = \Delta\tau_\gamma - \Delta\tau_\pi$$

όπου $\Delta\tau_\gamma$ και $\Delta\tau_\pi$ παριστούν αντίστοιχα τα εξής: $\Delta\tau_\gamma$ είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην παροχή σήματος στη συσκευή εναύσεως $\Sigma\epsilon_1$ της γεννητριάς, για τη δημιουργία του βοηθητικού παλμού εναύσεως του σπινθηριστού $\Sigma\pi_1$, και στην έναρξη εμφάνισης της παραγομένης υπό της γεννητριάς κρουστικής τάσεως. $\Delta\tau_\pi$ είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην αποστολή του σήματος 2 στον παλμογράφο και στην έναρξη απόκλισης της οριζοντίου δέσμης του παλμογράφου.

Η ικανοποίηση της απαιτήσεως αυτής επιτυγχάνεται με τη χρήση της συσκευής συγχρονισμού $\Sigma\sigma$: Η συσκευή αυτή παράγει δύο τουλάχιστον (συνήθως, όμως, τρία) σήματα σε μεταβλητή (ρυθμιζόμενη) χρονική απόκλιση μεταξύ τους (το τρίτο σήμα, όπως θα αναφερθεί στην επόμενη παράγραφο, χρησιμοποιείται για την εναόκοπή της κρουστικής τάσεως). Μετά, λοιπόν, το πέρας της φορτίσεως του πυκνωτού κρούσεως, πιέζεται το επί της συσκευής συγχρονισμού πλήκτρο Π: Τότε από την έξοδο 1 της συσκευής αυτής αναχωρεί ένα σήμα, προς τη συσκευή εναύσεως $\Sigma\epsilon_1$, ενεργοποιώντας, με ορισμένη χρονική καθυστέρηση, την έξοδο από αυτήν του σήματος εναύσεως του σπινθηριστού $\Sigma\pi_1$, το οποίο προκαλεί την έναρξη διμόρφωσης της κρουστικής τάσεως. Από την έξοδο 2 της συσκευής συγχρονισμού αναχωρεί με καθυστέρηση $\Delta\tau$ ως προς το σήμα 1, άλλο σήμα οδεύον προς τον παλμογράφο, οπότε και αρχίζει η οριζοντία απόκλιση της ηλεκτρονικής του δέσμης. Εφόσον έχει γίνει σωστή επιλογή του χρονικού διαστήματος $\Delta\tau$, ώστε να ισχύει η προαναφερθείσα σχέση μεταξύ $\Delta\tau$, $\Delta\tau_\gamma$ και $\Delta\tau_\pi$, εξασφαλίζεται ο συγχρονισμός μεταξύ της αποκλίσεως της δέσμης του παλμογράφου και παραγωγής της κρουστικής τάσεως, οπότε η τελευταία θα εμφανισθεί, βεβαίως καταμερισμένη, στην οθόνη του παλμογράφου.

β) Ο χρόνος αποκλίσεως της δέσμης του παλμογράφου πρέπει να επαρκεί, ώστε στην οθόνη του παλμογράφου να περιληφθεί το επιθυμητό μέρος της κρουστικής κυματομορφής (κατά κανόνα επιθυμητή είναι η καταγραφή του μετώπου της κρουστικής τάσεως και το πρώτο μέρος της ουράς της, συνηθέστατα μέχρι και πριν του σημείου του ορίζοντος το ήμισυ εύρος στην ουρά).

γ) Η ισχύς αυτής της απαιτήσεως εξασφαλίζεται με την επιλογή κατάλληλης κλίμακας χρόνου στον παλμογράφο.

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη θέση, σε ολοένα μεγαλύτερη έκταση χρησιμοποιείται, ήδη, ο αναλογικός - ψηφιακός μετατροπέας, υποκαθιστώντας τον παλμογράφο κρουστικών τάσεων με σαφή έναντι αυτού πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι με την ψηφιακή ενταμίευση των δεδομένων (σημείων) που απαρτίζουν την κρουστική κυματομορφή, επιτρέπει την περαιτέρω ταχυτάτη και κατά διαφόρους τύπους και με διαφόρους στόχους επεξεργασία των ενταμιευμένων στοιχείων.

5. ΑΠΟΚΟΠΗ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

Με τον όρο αποκοπή κρουστικής τάσεως εννοούμε τον απότομο μηδενισμό της κρουστικής τάσεως σε δεδομένη χρονική στιγμή, αντίστοιχα δε ως χρόνος αποκοπής θεωρείται ο χρόνος από την ονομαστική αρχή της κυματομορφής μέχρι την έναρξη του μηδενισμού της. Από τα Σχήματα 2γ και 2δ καθίσταται προφανής ο τρόπος καθορισμού του χρόνου αποκοπής, για αποκοπή της κρουστικής τάσεως, τόσο στο μέτωπο, όσο και στην ουρά αντίστοιχα. Στην περίπτωση αποκοπής στο μέτωπο, είναι σαφές ότι η στιγμιαία τιμή της τάσεως κατά την αποκοπή $\hat{U}_{κα}$ είναι μικρότερη της μεγίστης τιμής την οποία θα ελάμβανε η κρουστική τάση ($\hat{U}_κ$), εάν δεν απεκόπτετο.

Η αποκοπή κρουστικής τάσεως είναι δυνατή εφ' όσον η συσκευή συγχρονισμού παράγει τρία σήματα, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Βεβαίως και με συσκευή συγχρονισμού δύο σημάτων είναι δυνατή η αποκοπή κρουστικής τάσεως, με μόνη τη διαφορά ότι, σ' αυτήν την περίπτωση δεν θα υπάρχει, αναγκαστικά η δυνατότητα συγχρονισμού του παλμογράφου κρουστικών τάσεων, με συνέπεια να μην είναι δυνατή η κατά τρόπον αδιαμφισβήτητο διακρίβωση της αποκοπής της κρουστικής τάσεως.

Πρακτικά, η αποκοπή κρουστικής τάσεως επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός σπινθηριστή σφαιρών, ο οποίος αναλαμβάνει το ρόλο του σπινθηριστού αποκοπής Σπα (Σχήμα 12), ο οποίος κατασκευαστικά δεν διαφέρει από το σπινθηριστή εναύσεως Σπ₁ και συνδέεται παράλληλα με το δοκίμιο Δκ, οπότε επ' αυτού επιβάλλεται η υπό της γεννητριάς παραγομένη κρουστική τάση. Υπό την προϋπόθεση ότι επιδιώκεται αποκοπή της κρουστικής τάσεως στην ουρά, το διάκενο του σπινθηριστού αποκοπής ρυθμίζεται έτσι ώστε να μην διασπάται οριακά από την αναμενομένη μεγίστη τιμή της κρουστικής τάσεως $\hat{U}_κ$. Για την αποκοπή σε δεδομένη χρονική στιγμή διαβιβάζεται σήμα από την έξοδο 3 της συσκευής συγχρονισμού Σσ προς τη συσκευή εναύσεως Σε₂, η οποία, ανάλογα όπως η συσκευή εναύσεως Σε₁, στέλνει μέσω του βοηθητικού ηλεκτροδίου του σπινθηριστού αποκοπής Σπα σήμα εναύσεως σ' αυτόν τον σπινθηριστή. Το σήμα εναύσεως είναι του ίδιου τύπου και εύρους όπως το προς τον σπινθηριστή Σπ₁ αποστελλόμενο. Η ρύθμιση της χρονικής αποκλίσεως μεταξύ των σημάτων 1 και 3 της συσκευής συγχρονισμού ορίζει τον χρόνο αποκοπής $T_α$. Όπως είναι ευνόητο, για κάθε μία μορφή κρουστικής τάσεως, υπάρχει ένα άνω όριο το οποίο ο χρόνος αποκοπής δεν μπορεί να υπερβεί (π.χ. για τη μορφή 1,2/50 μs το άνω όριο του χρόνου αποκοπής είναι τα 10 μs), γιατί η στιγμιαία τιμή της κρουστικής τάσεως έχει μειωθεί αρκετά κάτω από τη μεγίστη τιμή της, οπότε ο βοηθητικός παλμός ο κατευθυνόμενος στον σπινθηριστή αποκοπής δεν επαρκεί για να τον οδηγήσει σε διάσπαση.

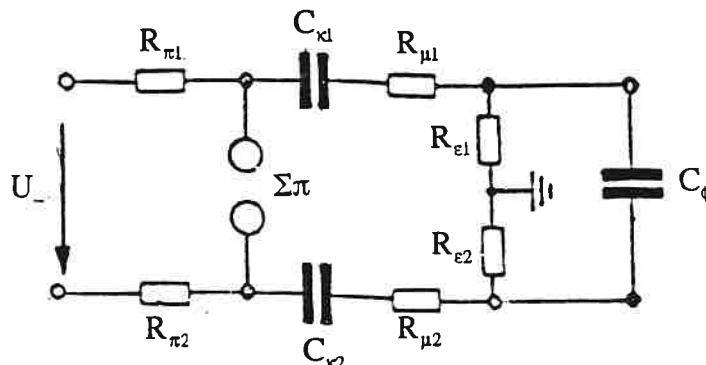
Η αποκοπή στο μέτωπο και δη σε καθορισμένη εκ των προτέρων χρονική στιγμή είναι δυσκολότερη, λόγω των μικρής διάρκειάς του, εάν, πάντως, ενδιαφέρει απλώς η αποκοπή στο μέτωπο χωρίς δέσμευση όσον αφορά στη χρονική στιγμή της αποκοπής, τούτο μπορεί να επιτευχθεί, με την επιλογή διακένου του σπινθηριστού αποκοπής τόσο ώστε να διασπάται υπό τάση σημαντικά μικρότερη της μεγίστης

κρουστικής τάσεως την οποία αναμένεται να δώσει η χρησιμοποιούμενη κρουστική γεννήτρια.

Ο όρος αποκοπή κρουστικής τάσεως χρησιμοποιείται για την περιγραφή του ηθελημένου απότομου μηδενισμού της κρουστικής τάσεως. Βεβαίως, απότομος μηδενισμός της κρουστικής τάσεως είναι δυνατόν να σημειωθεί χωρίς να έχει επιδιωχθεί, με άλλα λόγια, λόγω διασπάσεως του ελεγχόμενου δοκιμίου. Οι καμπύλες της κρουστικής τάσεως και στην περίπτωση αυτή είναι όπως οι καμπύλες της (ηθελημένα) αποκοπείσης κρουστικής τάσεως (Σχήματα 2γ, 2δ), ο δε χρόνος διασπάσεως T_s εξευρίσκεται εκ των παλμογραφημάτων με τον ίδιο τρόπο, όπως ο χρόνος αποκοπής.

6. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΑΛΛΩΝ ΜΟΡΦΩΝ

Το Σχήμα 13 παριστάνει το κύκλωμα μονοβάθμιας κρουστικής γεννήτριας, που παράγει τάση συμμετρική ως προς γην. Η χρήση και στο Σχήμα 13 των συμβολισμών που χρησιμοποιήθηκαν μέχρι τούδε καθιστά προφανή την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας και διαμορφώσεως της κρουστικής τάσεως, της παραγομένης από τη συγκεκριμένη κρουστική γεννήτρια.



Σχήμα 13: Μονοβάθμια γεννήτρια παραγωγής συμμετρικών προς γην κρουστικών τάσεων

Τέτοιες κρουστικές γεννήτριες χρησιμοποιούνται σπανιότατα και μόνον για ειδικούς ερευνητικούς σκοπούς: αρκεί να ληφθεί υπ' όψιν ότι, σε περίπτωση χρησιμοποίησης κρουστικής γεννήτριας αυτού του τύπου θα πρέπει το δοκίμιο να είναι ελεύθερο (αγείωτο), εάν δε εκ των πραγμάτων είμαστε αναγκασμένοι να χρησιμοποιήσουμε γειωμένο δοκίμιο, πράγμα που ισχύει κατά κανόνα, τότε αφ' ενός μεν θα πρέπει ο μεν πυκνωτής φορτίου να είναι εφοδιασμένος με μεσαία λήψη, η οποία θα τον χωρίζει σε δύο τμήματα χωρητικότητας εκάστου $2C_{\phi}$ και η οποία θα γειωθεί, αφ' ετέρου δε, θα μπορέσουμε να εκμεταλλευτούμε μόνο το 50% του μεγίστου της κρουστικής τάσεως την οποία είναι σε θέση να παράγει η γεννήτρια.

Η μετατροπή μιάς γεννήτριας υπολογισμένης για την παραγωγή κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας σε γεννήτρια παραγωγής κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας (π.χ. μετατροπή γεννήτριας κυματομορφής 1,2/50 μ s σε γεννήτρια κυματομορφής 250/2500 μ s) μπορεί να επιτευχθεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό με

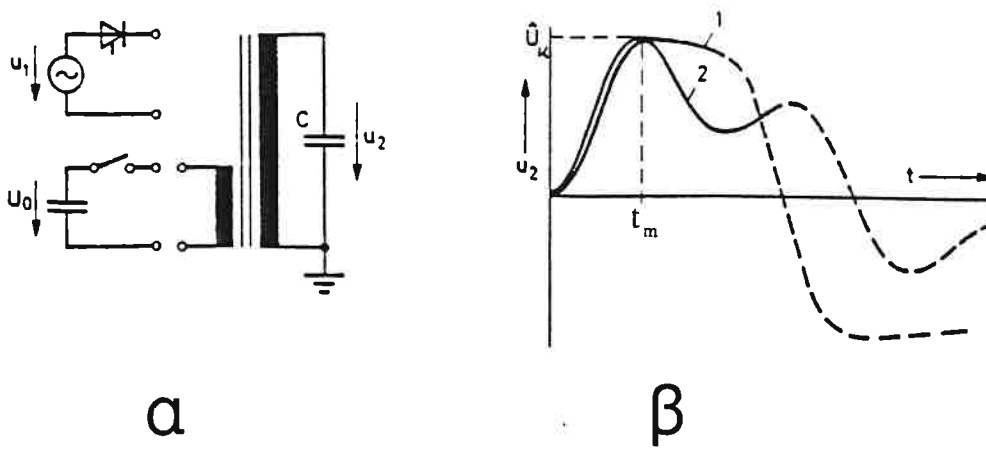
αντικατάσταση των αντιστάσεων μετώπου και εκφορτίσεως (R_{μ} και R_e) αντίστοιχα) με άλλες σημαντικά μεγαλύτερας τιμής. Η μεγίστη διάρκεια ημίσεος εύρους επιτυγχάνεται όταν η αντίσταση εκφορτίσεως παραλειφθεί εντελώς. Σε περίπτωση που επιδιώκεται χρόνος ημίσεος εύρους μεγαλύτερος του ως άνω οριακώς επιτυγχανομένου, λύση, έστω και δαπανηρά, προσφέρει η αντικατάσταση της χωρητικότητας φορτίου C_f με άλλη μεγαλύτερη ή η αύξηση της τιμής της με την εν παραλλήλω σύνδεση προς αυτήν πρόσθετης χωρητικότητας. Γενικά στις γεννήτριες παραγωγής κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας οι αναγκαίες τιμές αντιστάσεων είναι μεγάλες, πρέπει δε κατά την εκλογή τους να λαμβάνεται υπ' όψη σοβαρά η αυξημένη καταπόνηση ισχύος των αντιστάσεων αυτών. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης αυτών των γεννητριών υπολείπεται σαφώς του συντελεστού χρησιμοποίησης γεννητριών παραγωγής κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας, λαμβάνει δε τιμές μεταξύ 0,5 και 0,7. Σημειώνεται, τέλος, ότι, λόγω της μεγάλης διάρκειας των παραγομένων παλμών, οι κατασκευαστές γεννητριών κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας συνιστούν στους χρήστες όπως, σε περίπτωση τροποποίησης του κυκλώματος για την παραγωγή κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας, η συνεχής τάση φορτίσεως U_0 μην υπερβεί το 75% της επιτρεπτής στην περίπτωση παραγωγής κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας, προς αποφυγήν υπερβολικής καταπόνησεως όλων των στοιχείων του κυκλώματος (αντιστάσεων και πυκνωτών).

Για την παραγωγή κρουστικών τάσεων μεγάλης διάρκειας (χρόνος μεγίστου της τάξεως ms) μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν μετασχηματιστές δοκιμής διεγερόμενοι από κρουστικό παλμό. Η ταχυτάτη άνοδος της τάσεως στο πρωτεύον οδηγεί σε ένα εξισωτικό (μεταβατικό) φαινόμενο μεταξύ του μετασχηματιστού και των συνδεδεμένων στο τύλιγμα δευτερεύοντος (τύλιγμα υψηλής τάσεως) χωρητικότητων (χωρητικότης εξόδου του μετασχηματιστού δοκιμής, πλέον τη χωρητικότητα του δοκιμίου). Η εμφανιζόμενη στην έξοδο κυματομορφή χρησιμοποιείται ως κρουστική τάση ζεύξεως. Ο παλμός διεγέρσεως παράγεται είτε μέσω ενός φορτισμένου πυκνωτή και ενός διακόπτη, είτε απ' ευθείας από το δίκτυο εναλλασσομένης τάσεως μέσω ενός θυρίστορ. Και οι δύο μέθοδοι έχουν καταξιωθεί στην πράξη. Τα αντίστοιχα κυκλωματικά διαγράμματα και τυπικές μορφές της κυματομορφής εξόδου φαίνονται στο Σχήμα 14.

Η κυματομορφή από την αρχή των χρόνων μέχρι την κορυφή της ακολουθεί τη μεταβολή $(1 - \cos \omega t)$, η οποία αντιστοιχεί σε ένα κύκλωμα συντονισμού σειράς. Ο μετασχηματιστής δοκιμής αντικαθίσταται, στο αντίστοιχο ισοδύναμο κύκλωμα, με την αυτεπαγωγή του σκεδάσεως L , ενώ οι χωρητικότητες της πλευράς υψηλής τάσεως συμπεριλαμβάνονται στην απεικονιζόμενη χωρητικότητα C . Εάν δεχθούμε την ύπαρξη στο πρωτεύον μιάς στερεάς πηγής τάσεως και με την προϋπόθεση μικρής απόσβεσης στο κύκλωμα, ο χρόνος μεγίστου t_m του παλμού δίνεται από τη σχέση

$$t_m \cong \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

Η ουρά του παλμού είτε έχει τη μορφή αποσβεννυμένης ταλαντώσεως, στην περίπτωση του πυκνωτού, είτε παραμένει αρκετόν χρόνο σχεδόν σταθερή, στην περίπτωση του θυρίστορ. Τα σχεδιασμένα με διακεκομμένη γραμμή τμήματα των καμπυλών αποκρίσεως καθορίζονται από τη μη γραμμική μαγνητική συμπεριφορά του σιδηρού πυρήνος.

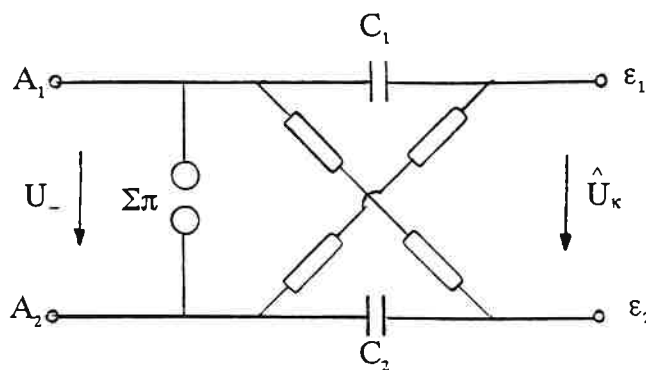


Σχήμα 14: Παραγωγή κρουστικών τάσεων ζεύξεως με μετασχηματιστές δοκιμής
 α: κυκλωματικά διαγράμματα για διέγερση μέσω του δικτύου εναλλασσομένης τάσεως και μέσω φορτισμένου πυκνωτού αντιστοίχως
 β: κυματομορφές εξόδου αναλόγως του στοιχείου ζεύξεως
 1: θυρίστορ
 2: διακόπτης

Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την παραγωγή υψηλών κρουστικών τάσεων ζεύξεως (μεγάλων χρόνων μεγίστου). Χρειάζεται, πάντως, προσοχή, ώστε τα εξισωτικά φαινόμενα στο εσωτερικό του μετασχηματιστού δοκιμών να μην οδηγήσουν σε υπερβολική καταπόνησή του.

7. ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Η πολυβάθμια κρουστική γεννήτρια βασίζεται στην αρχή της εν παραλλήλω φορτίσεως πολλών πυκνωτών και της, εν συνεχεία, εν σειρά εκφορτίσεώς τους, οπότε οι τάσεις φορτίσεώς τους προστίθενται. Ο πρώτος που χρησιμοποίησε αυτήν την αρχή ήταν ο Καθηγητής Erwin Marx του Ινστιτούτου Υψηλών Τάσεων του Braunschweig, έλαβε δε γι' αυτήν του την ανακάλυψη δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1923. Το αρχικό κύκλωμα του Marx, που εμφανίζεται μέσα στο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του, φαίνεται στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15: Αρχικό κύκλωμα Marx για διπλασιασμό της τάσεως.

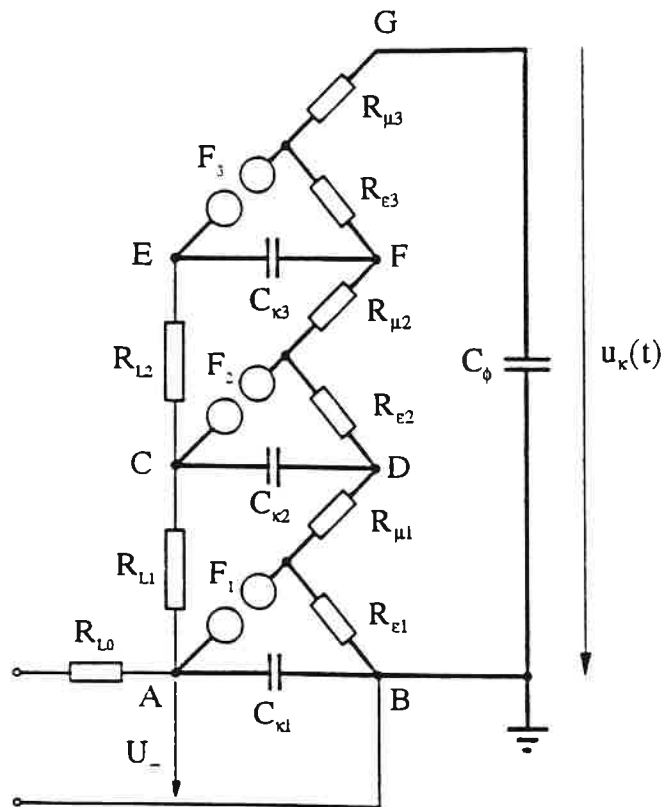
Η τάση φορτίσεως U εφαρμόζεται ταυτόχρονα και στους δύο πυκνωτές C_1 και C_2 , που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα. Όταν ο σπινθηριστής Σπ βραχυκυκλωθεί, οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε σειρά και οι τάσεις τους αθροίζονται, οπότε στην έξοδο (ϵ_1, ϵ_2) της γεννητριάς εμφανίζεται η τάση $\hat{U}_k = 2U$. Από το αρχικό αυτό κύκλωμα διπλασιασμού της τάσεως, μέχρι το κύκλωμα μιάς σύγχρονης κρουστικής γεννητριάς μεσολάβησαν πολλά στάδια.

Για τους ίδιους λόγους, που ισχύουν για τους μετασχηματιστές δοκιμής και τις ανορθωτικές διατάξεις, για παραγωγή κρουστικών τάσεων άνω ενός ορίου τάσεως (μη υπερβαίνοντας, πάντως, τα 200 - 250 kV), η χρησιμοποίηση πολυβαθμίων διατάξεων καθίσταται οικονομικότερη.

Σύμφωνα με την προηγουμένως εκτεθείσα αρχή λειτουργίας των πολυβαθμίων κρουστικών γεννητριών Marx, υπό την αυτή συνεχή τάση φορτίσεως U φορτίζεται ένας αριθμός n (όσες και οι βαθμίδες) συνδεδεμένων αρχικώς εν παραλλήλω πυκνωτών κρούσεως C_{ki} , όπου ο δείκτης αναφέρεται στην τάξη της βαθμίδας, και εν συνεχεία μετατρέπεται η σύνδεση των C_{ki} σε εν σειρά σύνδεση, οπότε και εκφορτίζονται στον πυκνωτή φορτίου C_ϕ . Σημειώνεται ότι, εκτός του πυκνωτού φορτίου C_ϕ που είναι ενιαίος, τα υπόλοιπα στοιχεία του κυκλώματος είναι κατανομημένα ανά βαθμίδα. Οι αντιστάσεις μετώπου $R_{\mu i}$ και ουράς $R_{\epsilon i}$ είναι συνδεδεμένες κατά τρόπον αντίστοιχον ή του κυκλώματος τύπου a ή του κυκλώματος τύπου b. Οι πυκνωτές μετώπου, φορτίζονται μέσω των αντιστάσεων φορτίσεως R_{L0} έως και R_{Li-1} .

Το Σχήμα 16 δείχνει τη συνδεσμολογία, σύμφωνα με κύκλωμα τύπου b, μιας τριβάθμιας γεννητριάς Marx [5]. Εάν η αντίσταση ουράς $R_{\epsilon i}$ της κάθε βαθμίδας συνδεθεί παράλληλα προς τη συνδεσμολογία σειράς των στοιχείων $R_{\epsilon i}$, F_i και C_{ki} προκύπτει τριβάθμια κρουστική γεννητρία Marx με κύκλωμα τύπου a.

Η φόρτιση των πυκνωτών κρούσεως γίνεται ως εξής : Ο C_{k1} φορτίζεται στη συνεχή τάση φορτίσεως U μέσω της R_{L0} , ο C_{k2} μέσω των R_{L0} , R_{L1} και ο C_{k3} μέσω των R_{L0} , R_{L1} , R_{L2} . Οι ακροδέκτες B, D, F των τριών πυκνωτών κρούσεως είναι γειωμένοι, του μεν C_{k1} απ' ευθείας, των δε C_{k2} και C_{k3} μέσω των $(R_{\mu 1} + R_{\epsilon 1})$ και $(R_{\mu 1} + R_{\epsilon 1} + R_{\mu 2} + R_{\epsilon 2})$ αντιστοίχως. Οι αντιστάσεις φορτίσεως R_{Li} χρησιμεύουν για να περιορίζουν το ρεύμα φορτίσεως των πυκνωτών C_{ki} και δεν επηρεάζουν τη μορφή της παραγομένης τάσεως. Η εν σειρά σύνδεση των πυκνωτών κρούσεως και η εκφόρτιση της γεννητριάς Marx γίνεται μέσω των σπινθηριστών σφαιρών F_i , ως εξής : μόλις διασπασθεί ο F_1 , το σημείο D λαμβάνει το δυναμικό του A, ήτοι U ως προς τη γη. Οι αντιστάσεις φορτίσεως R_{L1} είναι πολύ μεγάλης τιμής και ισχύει η ανισότητα $R_{L1} \gg R_{\epsilon 1} \gg R_{\mu 1}$, συνεπώς ο πυκνωτής C_{k2} δεν προλαβαίνει να εκφορτισθεί μέσω της R_{L1} , και για το λόγο αυτό η τάση προς τη γη του σημείου C γίνεται $2U$. Το διάκενο F_2 του σπινθηριστού βρίσκεται τότε υπό τάση $2U$ και, αν είναι ίδιο ή και ελαφρώς μεγαλύτερο από το F_1 , διασπάται αμέσως, οπότε το σημείο F αποκτά δυναμικό $2U$ προς C, και, κατά συνέπεια, το σημείο E αποκτά δυναμικό $3U$ προς γην, ήτοι το διάκενο του σπινθηριστού F_3 ευρισκόμενο υπό τάση $3U$ διασπάται αμέσως και ο πυκνωτής μετώπου C_ϕ αρχίζει να φορτίζεται. Με τη



Σχήμα 16: Τριβάθμια κρουστική γεννήτρια Marx (κύκλωμα b).

διάσπαση όλων των σπινθηριστών οι πυκνωτές κρούσεως συνδέονται εν σειρά με συνολική τάση ίση με το άθροισμα των τάσεων τους, οπότε και αρχίζει η μέσω των αντιστάσεων μετώπου $R_{\mu 1}$, $R_{\mu 2}$ και $R_{\mu 3}$ φόρτιση του πυκνωτή μετώπου C_{ϕ} και στη συνέχεια η εκφόρτιση του C_{ϕ} και της ισοδύναμης προς τον εν σειρά συνδυασμό των $C_{\kappa i}$ χωρητικότητας μέσω των αντιστάσεων του κυκλώματος.

Επομένως, το ισοδύναμο μονοβάθμιο κύκλωμα μιας n -βάθμιας γεννήτριας Marx, αν θεωρηθεί όπως κατά κανόνα ισχύει, ότι όλα τα κατανομημένα ανά βαθμίδα στοιχεία είναι μεταξύ τους ίσα ($C_{\kappa 1} = C_{\kappa 2} = \dots = C_{\kappa n}$, $R_{\mu 1} = R_{\mu 2} = \dots = R_{\mu n}$, $R_{E 1} = R_{E 2} = \dots = R_{E n}$) είναι το κύκλωμα της μονοβάθμιας γεννήτριας του Σχήματος 4, τύπου a ή b ανάλογα με την περίπτωση, με τις εξής ισοδύναμες τιμές των κυκλωματικών του στοιχείων:

$$C_{\kappa} = \frac{C_{\kappa i}}{n}, \quad R_{\mu} = n \cdot R_{\mu i},$$

$$R_{E} = n \cdot R_{E i}, \quad C_{\phi} = C_{\phi}$$

και συνεχή τάση φορτίσεως ίση προς το n -πλάσιο της U_- ($U_{ολ} = nU_-$). Κατά τα ανωτέρω, η συνολική ενέργεια W της γεννήτριας Marx είναι το άθροισμα των ενεργειών W_i των επιμέρους βαθμίδων:

$$W = n \cdot W_i = \frac{n}{2} \cdot C_{\kappa i} U_-^2 = \frac{1}{2} \cdot C_{\kappa} U_{ολ}^2$$

Συνεπώς, ως συντελεστής χρησιμοποίησης η πολυβάθμια γεννήτρια, ορίζεται, το πληλίκιο

$$n = \frac{\hat{U}_k}{n \cdot U_-}$$

Οι αντιστάσεις μετώπου συχνά κατανέμονται κατά το ήμισυ του συνόλου εξ ίσου ανά βαθμίδα και κατά το υπόλοιπο ήμισυ συγκεντρωμένο ως ενιαία αντίσταση στην έξοδο της γεννήτριας. Αντιστοίχως, και η αντίσταση εκφορτίσεως πολλές φορές δεν κατανέμεται καθόλου στις βαθμίδες αλλά τίθεται ως ενιαία αντίσταση στην έξοδο. Σ' αυτήν την περίπτωση οι συγκεντρωμένες αντιστάσεις μετώπου ή εκφορτίσεως μπορούν να συνδεθούν ώστε να προκύψει τύπος κυκλώματος α ή β. Έχουν κατασκευασθεί πολυβάθμιες γεννήτριες Marx ικανές να παράγουν υψηλές κρουστικές τάσεις μεγίστης τιμής έως 10 MV, ενέργειας έως μερικές εκατοντάδες kWs και με πυκνωτές κρούσεως χωρητικότητας έως εκατοντάδες nF. Οι συνεχείς τάσεις φορτίσεως ποικίλλουν και είναι συνήθως μεταξύ 100 και 300 kV, παράγονται δε συνήθως από μετασχηματιστές δοκιμής και ανορθωτικές διατάξεις. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης εξαρτάται από τη μορφή της παραγομένης τάσεως και στις πιο πολλές περιπτώσεις βρίσκεται στην περιοχή τιμών 0,6...0,9. Κατά βάση σε περίπτωση συνδεσμολογίας β ο συντελεστής χρησιμοποίησης είναι μεγαλύτερος απ' ό,τι σε συνδεσμολογία α, ιδίως στην περίπτωση κρουστικών τάσεων σχετικώς μικρής διάρκειας ημίσεος εύρους.

Ο αριθμός των βαθμίδων των πολυβαθμίων γεννητριών ποικίλλει, δεδομένου ότι, μεγάλος αριθμός βαθμίδων είναι οικονομικότερος, αλλά μικρός αριθμός πλεονεκτεί κατά το ότι περιορίζει τις παράσιτες αυτεπαγωγές και ως εκ τούτου συντελεί στην επίτευξη μεγάλης ευσταθείας και αξιοπιστίας, χαρακτηριστικών απαραίτητων, ιδίως κατά την παραγωγή υψηλών κρουστικών τάσεων μικρής διάρκειας μετώπου.

Για τη σωστή λειτουργία της γεννήτριας Marx είναι απαραίτητο το διάκενο του πρώτου σπινθηριστού (F_1) να διασπάται πριν από τα υπόλοιπα διάκενα. Τούτο επιτυγχάνεται με τη χρήση της συσκευής trigatron, η οποία προκαλεί την έναυση του διακένου αυτού, η διάσπαση των υπολοίπων σπινθηριστών ακολουθεί περίπου ακαριαίως, λόγω της περιγραφείσης διαδικασίας αυξήσεως της κατά διάκενο επιβαλλομένης τάσεως.

8. ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ορθογωνικές κρουστικές τάσεις βραχείας διάρκειας παράγονται από "αποταμιευτές ενεργείας" μορφής γραμμής μεταφοράς ή καλώδιου. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα καλώδιο υψηλής τάσεως, το οποίο φορτίζεται σε συνεχή τάση U μέσω μιάς μεγάλης τιμής ωμικής αντιστάσεως το οποίο, εν συνεχεία, εκφορτίζεται σε ένα δεύτερο, κατ' αρχήν αφόρτιστο, καλώδιο, στο άλλο άκρο του οποίου είναι συνδεδεμένο το δοκίμιο. Η διάρκεια της κρουστικής τάσεως είναι διπλάσια από το χρόνο οδεύσεως οδεύοντων κυμάτων στο καλώδιο φορτίσεως. Το εύρος της κρουστικής τάσεως εξαρτάται από τη σύνθετη αντίσταση του δοκίμιου και δεν μπορεί να υπερβεί την τιμή U .

Σε ένα άλλο κύκλωμα παραγωγής ορθογωνικών κρουστικών τάσεων χρησιμοποιούνται πυκνωτές υψηλής τάσεως, οι οποίοι συνδέονται σε μία γραμμή οδευόντων κυμάτων βραχυκυκλωμένη στο άκρο της. Το ενεργό μήκος της γραμμής αυτής μπορεί να μεταβληθεί ελαφρώς, με στόχο την παραγωγή κρουστικών τάσεων διαφορετικής διάρκειας.

Με "αποταμιευτές ενεργείας" μορφής γραμμής μεταφοράς ή καλωδίου είναι δυνατόν να επιτευχθεί πολλαπλασιασμός τάσεως. Οι σχετικές διατάξεις έχουν, κατά βάση, διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε στο δοκίμιο υπερτίθενται άλματα δυναμικού προερχόμενα από οδεύοντα κύματα σε διάφορες γραμμές. Μία διάταξη αυτής της κατηγορίας, προταθείσα από τον A.D. Blumlein το 1941 και αποτελούμενη από δύο παράλληλους "αποταμιευτές ενεργείας", δίνει διπλασιασμό τάσεως: Η γεννήτρια Blumlein αποτελείται από δύο παράλληλες γραμμές υψηλής τάσεως, π.χ. από έναν επίπεδο αγωγό υψηλής τάσεως διπλής στρώσεως, στον οποίο ο κεντρικός αγωγός φορτίζεται στο ένα άκρο με συνεχή υψηλή τάση U ως προς τους δύο ακραίους. Όταν το ένα ζεύγος ηλεκτροδίων στην αρχή της γραμμής βραχυκυκλωθεί, η δημιουργούμενη εκφόρτιση συνεπάγεται την ανάπτυξη την εμφάνιση τάσεως εύρους $2U$ στο δοκίμιο, το οποίο είναι συνδεδεμένο μεταξύ των δύο ακραίων αγωγών στο τέλος της γραμμής. Οι γεννήτριες Blumlein χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη φυσική του πλάσματος.

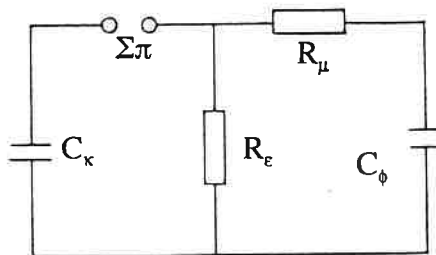
Μία παραλλαγή των αναφερθεισών γεννητριών, οι "ελικοειδείς γεννήτριες" μπορούν να παράγουν τριγωνικούς παλμούς τάσεως διάρκειας περίπου 100 ns, με εύρος πολλαπλάσιο της συνεχούς τάσεως φορτίσεως.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι, με τη χρησιμοποίηση επαγωγών είναι δυνατόν να παραχθούν υψηλές κρουστικές τάσεις μικρής διάρκειας. Προς τούτο, ένα ισχυρό ρεύμα οδηγείται μέσω της συνδεσμολογίας σειράς ενός πηνίου υψηλής τάσεως και ενός στοιχείου ζεύξεως, παράλληλα στο οποίο συνδέεται το δοκίμιο. Όταν αυξάνει η αντίσταση του ζευκτικού στοιχείου και το κύκλωμα συντηρείται από τη δράση της επαγωγής, εμφανίζεται στους ακροδέκτες του δοκιμίου ένας παλμός τάσεως. Ως ζευκτικά στοιχεία χρησιμοποιούνται, μεταξύ των άλλων, λεπτοί εκρηγνυόμενοι αγωγοί.

9. ΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Άσκηση 1η

Επιθυμώντας να κατασκευάσουμε την κρουστική γεννήτρια του Σχήματος 17, που να δίνει κρουστική τάση μορφής $1,2/50 \mu\text{s}$, εκλέγουμε : $C_\phi = 1 \text{ nF}$ και $C_\kappa = 10 \text{ nF}$. Δίνονται οι τιμές των σταθερών: $1/a = 0,733$ και $2/b = 2,963$

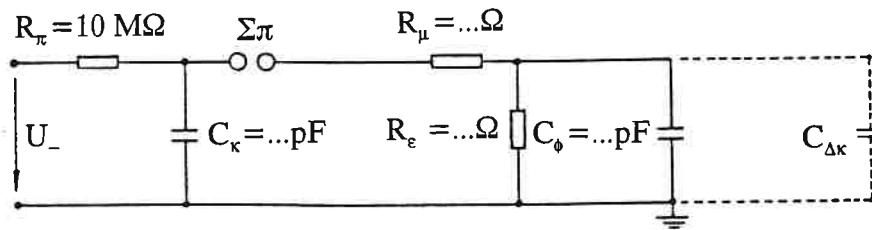


Σχήμα 17

1. Τι τιμές θα πρέπει να διαλέξουμε για τις αντιστάσεις R_{μ} και R_{ϵ} ;
2. Ποιά η τιμή του συντελεστή χρησιμοποίησης της κρουστικής γεννήτριας; Ενδεχομένως να βρείτε μέχρι και τρεις διαφορετικές μεταξύ τους τιμές του η . Ελέγξτε αν αυτές οι τρεις τιμές διαφέρουν μεταξύ τους (η μεγίστη από την ελαχίστη) περισσότερο του 3%. Αν όχι δώστε σαν τιμή του η το μέσο όρο των τριών ευρεθεισών τιμών.
3. Θέλουμε να ελέγξουμε τη διηλεκτρική αντοχή της μονώσεως καλωδίου μέσης τάσεως, παρουσιάζοντας χωρητικότητα $0,4 \text{ nF/m}$, σε μήκος καλωδίου τουλάχιστον 4 m . Οι κανονισμοί για τις δοκιμές καλωδίων απαιτούν όπως ο χρόνος μετώπου T_{μ} της κρουστικής τάσεως είναι μεταξύ $0,5 \mu\text{s}$ και $5,0 \mu\text{s}$, ενώ για το χρόνο ημίσεως εύρους T_{η} είναι δεκτή απόκλιση $\pm 20\%$ από την ονομαστική τιμή των $50 \mu\text{s}$. Γνωρίζετε ότι ο χωρητικός καταμεριστής τάσεως που θα χρησιμοποιηθεί έχει χωρητικότητα $0,2 \text{ nF}$ και ότι όσο μεγαλύτερο μήκος καλωδίου (οπωσδήποτε πάνω από 4 m) χρησιμοποιήσετε, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματά σας. Πόσο μήκος θα έχει το πολύ το τμήμα του καλωδίου, που θα ελεγχθεί, ώστε οι χρόνοι T_{μ} και T_{η} που προκύπτουν να είναι δεκτοί από τους κανονισμούς δοκιμών καλωδίων;

Άσκηση 2η

Δίδεται η κρουστική γεννήτρια του Σχήματος 18, παράγουσα κρουστικές τάσεις $1,2/50 \mu\text{s}$. Στη διάθεσή σας έχετε έναν πυκνωτή 6000 pF , άλλων των 1200 pF και δύο ωμικές αντιστάσεις (9500Ω και 416Ω).



Σχήμα 18

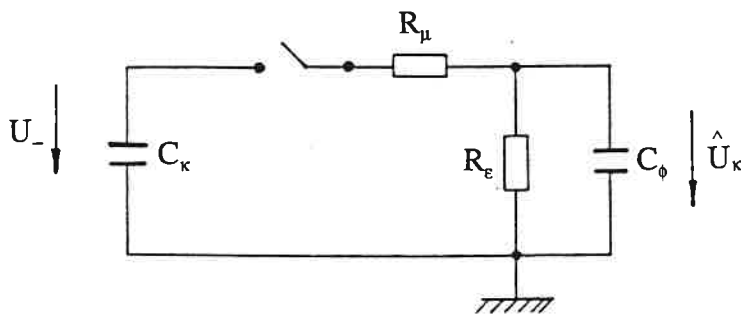
1. Τοποθετείστε τις κατάλληλες τιμές των στοιχείων στο σχήμα και ελέγξτε αν πράγματι η παραγόμενη κρουστική τάση είναι της μορφής $1,2/50 \mu\text{s}$.
2. Η χωρητικότητα φορτίου είναι ταυτόχρονα και χωρητικός καταμεριστής με τιμή της χωρητικότητας χαμηλής τάσεως $C_1 = (120/99) \text{ nF}$. Ποια η τιμή της χωρητικότητας χαμηλής τάσεως C_2 ; Ποια η σχέση καταμερισμού; Η έξοδος του χωρητικού καταμεριστή είναι είσοδος του παλμογράφου κρουστικών τάσεων και δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 600 V . Ποια κρουστική τάση μπορούμε (το πολύ) να μετρήσουμε;
3. Από τις σχέσεις $R_{\mu} = f(\eta)$ και $R_{\epsilon} = f(\eta)$ υπολογίστε το συντελεστή η . Πόση πρέπει να είναι η συνεχής τάση φορτίσεως για να πετύχουμε τη μεγίστη δυνατή κρουστική τάση (ίδετε ερώτημα 2);
4. Θέλουμε να ελέγξουμε υπό κρουστική τάση $1,2/50 \mu\text{s}$ δοκίμιο χωρητικότητας $C_{\Delta\kappa} = 1,8 \text{ nF}$. Έχουμε επιπλέον στη διάθεσή μας 5 αντιστάσεις των 416Ω και άλλες 5 των 9500Ω . Πώς θα πρέπει να τις χρησιμοποιήσουμε (είτε όλες, είτε

ορισμένες απ' αυτές) ώστε η μορφή της κρουστικής τάσης να παραμείνει 1,2/50 μs ;

Σημείωση (Αφορά τα ερωτήματα 1 και 4) : Περιοχές επιτρεπτών τιμών για τους χρόνους T_μ και T_η : $T_\mu = 1,2 \mu\text{s} \pm 30\%$, $T_\eta = 50 \mu\text{s} \pm 20\%$.

Άσκηση 3η

Η μονοβάθμια γεννήτρια παραγωγής κρουστικών τάσεων του Σχήματος 19 έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά : Χωρητικότητα κρούσεως $C_\kappa = 10 \text{ nF}$, χωρητικότητα φορτίου $C_\phi = 1 \text{ nF}$, αντίσταση μετώπου $R_\mu = 485 \Omega$ και αντίσταση ουράς $R_e = 6000 \Omega$.



Σχήμα 19

Η συνεχής τάση φόρτισης της γεννήτριας παράγεται από ανορθωτική διάταξη κατά Liebenow-Greinacher τροφοδοτούμενη από μετασχηματιστή τάσεως δευτερεύοντος 88 kV (ενδεικνυμένη τιμή).

Ζητούνται :

1. Να σχεδιαστεί η διάταξη παραγωγής κρουστικών τάσεων.
2. Η αναλυτική έκφραση της κρουστικής τάσεως $u_\kappa = u_\kappa(t)$.
3. Από ποιες συναρτήσεις αποτελείται η $u_\kappa(t)$; Να γίνει η γραφική παράστασή τους.
4. Από τις προηγούμενες καμπύλες να σχεδιασθεί η καμπύλη της $u_\kappa(t)$, απ' αυτή δε να υπολογισθούν γραφικώς η διάρκεια μετώπου και η διάρκεια ημίσεος εύρους.
5. Να ευρεθεί ο συντελεστής χρησιμοποίησης της κρουστικής γεννήτριας.
6. Εάν επιθυμούμε παραγωγή κρουστικών τάσεων τυποποιημένης μορφής 1.2/200 μs , ποια στοιχεία της ως άνω γεννήτριας πρέπει να μεταβληθούν και ποιες οι νέες τιμές τους;

Άσκηση 4η

Για τον έλεγχο της διηλεκτρικής αντοχής υπό καταπόνηση με κρουστική τάση δοκιμών χωρητικότητας 10 pF πρόκειται να κατασκευασθεί από μεμονωμένα στοιχεία μονοβάθμια κρουστική γεννήτρια κυκλώματος τύπου α. Ως πυκνωτής κρούσεως θα χρησιμοποιηθεί πυκνωτής $C_\kappa = 10 \text{ nF}$, ως πυκνωτής φορτίου άλλος $C_\phi = 1 \text{ nF}$. Για τη μέτρηση της κρουστικής τάσεως θα χρησιμοποιηθεί χωρητικός καταμεριστής τάσεως σε συνδυασμό με παλμογράφο κρουστικών τάσεων. Για τη

σύνθεση του χωρητικού καταμεριστού τάσεως διατίθενται δύο πυκνωτές, ένας των 99 nF και ένας του 1 nF.

1. Πως θα κατασκευασθεί ο χωρητικός καταμεριστής τάσεως και ποια η σχέση καταμερισμού αυτού;
2. Ποια η ολική χωρητικότητα φορτίου της κρουστικής γεννήτριας;
3. Για κρουστική τάση μορφής 1,2/200 μs: Ποιες οι τιμές των αντιστάσεων μετώπου και εκφορτίσεως και ποιος ο συντελεστής χρησιμοποίησης της γεννήτριας βάσει της αρχής διατηρήσεως του φορτίου; Ποια η μέγιστη παράσιτη αυτεπαγωγή της διατάξεως, ώστε να εξασφαλίζεται η απεριοδικότητα του φαινομένου;
4. Στην είσοδο του παλμογράφου δεν επιτρέπεται το αφικνούμενο σήμα να υπερβαίνει τα 500 V. Ποια είναι η τιμή της κρουστικής τάσεως που μπορεί να παραχθεί και μετρηθεί χωρίς να κινδυνεύσει ο παλμογράφος; Ποια η αντίστοιχη τιμή της συνεχούς τάσεως φορτίσεως της γεννήτριας; Η συνεχής τάση παράγεται με ανόρθωση (με γέφυρα Graetz) υψηλής εναλλασσομένης τάσεως 50 Hz. Διατίθεται μονοφασική παροχή 220 V/50 Hz και πέντε μετασχηματιστές δοκιμής με σχέσεις μεταφοράς: 220 V/20 kV, 220 V/25 kV, 220 V/55 kV, 220 V/100 kV και 220 V/110 kV. Ποιων μετασχηματιστών αποκλείεται η χρησιμοποίηση;
5. Για κρουστική τάση μορφής 1,2/50 μs: Ποια τιμή πρέπει να έχουν οι αντιστάσεις μετώπου και εκφορτίσεως και ποια η τιμή του συντελεστή χρησιμοποίησης (δυνατοί δύο διάφοροι τρόποι επιλύσεως);

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Π.Ν. Νικολόπουλος: "Υψηλαί Τάσεις", Τόμος Α, Αθήνα, 1971
2. Χρ. Μαινεμενλής: "Τεχνική του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων", Πάτρα, 1984.
3. Ι.Α. Σταθόπουλος: "Υψηλές Τάσεις Ι", Αθήνα, 1988.
4. Κ.Α. Στασινόπουλος: "Τεχνολογία των Υψηλών Τάσεων", Θεσσαλονίκη, 1988.
5. D. Kind: "An Introduction to High Voltage Experimental Techniques", Vieweg, Braunschweig, 1984.

Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Πρώτη εκτύπωση: Οκτώβριος 1988

Ανατυπώσεις: Ιανουάριος 1990, Οκτώβριος 1991, Οκτώβριος 1992

Προσθήκες και επανεκτύπωση: Μάρτιος 1995