

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

Π2.1 Γεννήτρια ASEA-HAEFELY

Η κρουστική γεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του Ε.Μ.Πολυτεχνείου είναι η Type PC 6-288 των ASEA HAEFELY [244] (σχήμα Π2.1), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σαν γεννήτρια παραγωγής κρουστικών τάσεων, είτε σαν γεννήτρια παραγωγής κρουστικών ρευμάτων.



Σχήμα Π2.1: Γεννήτρια κρουστικών ρευμάτων PC 6-288 των ASEA-HAEFELY

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη της κρουστικής γεννήτριας είναι [244]:

- η αντίστασή της, που προκύπτει από τη σχέση $Z_s = \frac{V_{\text{ανοιχτοκυκλωμα}}}{i_{\text{βραχυκυκλωμα}}}$ έχει τιμή $2\Omega \pm 10\%$,
- η μέγιστη ενέργεια εκφορτίσεώς της είναι $216\text{Ws} \pm 10\%$,
- η τάση τροφοδοσίας της μπορεί να είναι 115 ή 230V,
- η συχνότητα με την οποία τροφοδοτείται από το δίκτυο είναι 50 ή 60Hz,
- η μέγιστη ισχύς με την οποία μπορεί να τροφοδοτηθεί είναι 250VA,
- οι διαστάσεις της είναι $500 \times 400 \times 160\text{mm}^3$,
- το βάρος της είναι περίπου 40Kgr, και

- η γεννήτρια πληροί τους κανονισμούς ασφαλείας I.E.C. 348.

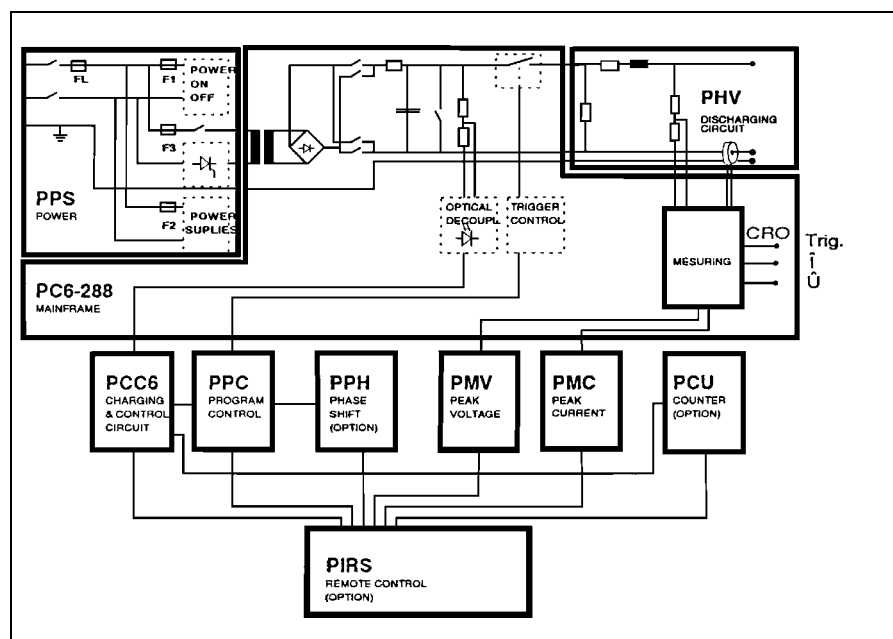
Όταν λειτουργεί σαν γεννήτρια παραγωγής ρεύματος δύναται να τροφοδοτεί με ρεύμα, του οποίου η κορυφή μπορεί να κυμαίνεται από 0,25 έως 3kA, ενώ η κυματομορφή του κρουστικού ρεύματος κατά το βραχυκύκλωμα είναι η $8/20\mu\text{s} \pm 30\%$.

Όταν λειτουργεί σαν γεννήτρια παραγωγής τάσης έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί με τάση, της οποίας η κορυφή μπορεί να κυμαίνεται από 0,5 έως $6\text{kV} \pm 10\%$, ενώ η κυματομορφή της κρουστικής τάσης στο ανοικτοκύκλωμα είναι η $1,2/50\mu\text{s} \pm 30\%$.

Π2.1.1 Οι βασικές μονάδες της κρουστικής γεννήτριας της δοκιμής

Το σύστημα δοκιμής PC 6-288 αποτελείται από έναν αριθμό ανεξαρτήτων τμημάτων (μονάδων) [244]. Αυτά (βλέπε σχήμα Π2.2) είναι:

- το τμήμα υψηλής τάσης (αποτελείται από τη μονάδα PC 6-288),
- το τμήμα μετρήσεων και ελέγχου (αποτελείται από τις μονάδες PCC6, PPC, PMV, PMC),
- το τμήμα παροχής των κυματομορφών (υψηλής τάσης-ρεύματος), (αποτελείται από τη μονάδα PHV).



Σχήμα Π2.2: Γεννήτρια κρουστικών ρευμάτων PC 6-288 των ASEA-HAEFELY

Μονάδα PC 6-288

Αποτελεί την καρδιά του μετρητικού συστήματος και περιλαμβάνει τα κύρια στοιχεία του συστήματος φόρτισης-εκφόρτισης (πυκνωτή κρούσης, διακόπτες φόρτισης και εκφόρτισης). Εδώ λαμβάνει χώρα η ανύψωση της εναλλασσόμενης τάσης, με τη βοήθεια μετασχηματιστή, και η δημιουργία της τάσης φόρτισης του πυκνωτή κρούσης. Το σύστημα ανόρθωσης αποτελείται από μία διάταξη θυρίστορ, στην οποία ελέγχεται ηλεκτρονικά (αυτόματα) η γωνία έναυσης, άρα και η τιμή της ανορθωμένης (συνεχούς) τάσης.

Μονάδα PHV

Η High Voltage Plug (PHV) περιλαμβάνει δύο εξόδους, την HIGH VOLTAGE και την COMMON. Η έξοδος HIGH VOLTAGE δίνει, με τη βοήθεια ενός αγωγού (υψηλής τάσης), την υψηλή τάση (μορφής 1,2/50μs), ενώ το υψηλό ρεύμα (μορφής 8/20μs) λαμβάνεται με τη χρήση δύο ειδικών αγωγών (υψηλής τάσης) βραχυκυκλώνοντας τις εξόδους HIGH VOLTAGE και COMMON.

Τμήμα της μονάδας PHV αποτελεί και η μονάδα μετρήσεων (CRO Measuring Unit), η οποία έχει τρεις εξόδους:

- την έξοδο 1 (CRO TRIGGER), που παρέχει την τάση σκανδαλισμού (έναρξη μέτρησης) του παλμογράφου, μέγιστη τιμή της οποίας είναι τα 10V,
- τη BNC έξοδο 2 (IMPULSE I), που δίνει ένα σήμα ανάλογο του ρεύματος στην COMMON line (κοινή γραμμή). Το ρεύμα μετριέται με τη χρήση ενός μαγνητικού probe, του οποίου ο λόγος μετατροπής είναι 10A/V, και
- τη BNC έξοδο 3 (IMPULSE U), που δίνει ένα σήμα ανάλογο της τάσης και το οποίο είναι γαλβανικά αποσυνδεδεμένο από το κύκλωμα υψηλής τάσης. Η τάση μετριέται με τη χρήση ενός ωμικού καταμεριστή που έχει λόγο καταμερισμού ίσο με 1:730.

Μονάδα PCC

Η Charging Control Module PCC 1.1 παρέχει τη δυνατότητα:

- τροφοδοσίας της γεννήτριας,

- ρύθμισης του κυκλώματος υψηλής τάσης της γεννήτριας σε κατάσταση ON/OFF,
- ρύθμισης της τάσης φόρτισης της γεννήτριας (0-6,99kV),
- ρύθμισης του χρόνου φόρτισης της γεννήτριας (10-99sec), και
- επαναφοράς (Reset).

Επίσης, πάνω στην Charging Control Module PCC 1.1 υπάρχουν leds και ψηφιακές ενδείξεις που πληροφορούν για:

- εάν το κύκλωμα υψηλής τάσης είναι ON/OFF,
- την τάση φόρτισης της γεννήτριας,
- εάν επιτεύχθηκε η τάση φόρτισης που ζητήθηκε, και
- εάν έχει κάποιο πρόβλημα η γεννήτρια.

Μονάδα PPC

Η Program Control Module PPC 1.1 περιλαμβάνει τα πιο σημαντικά κυκλώματα για τη λειτουργία της γεννήτριας που είναι το κύκλωμα ασφαλείας, μετασχηματιστές, ανορθωτές, κανονικοποιητές, καθώς και το βασικό κύκλωμα ελέγχου.

Με την Program Control Module PPC 1.1 μπορούμε να ρυθμίζονται:

- η πολικότητα της εκκένωσης (θετική, αρνητική ή εναλλάξ), και
- η έναυση της εκκένωσης (αυτόματη, εξωτερική ή χειροκίνητη).

Πάνω στη μονάδα Program Control Module PPC 1.1 βρίσκονται leds και ψηφιακές ενδείξεις που δείχνουν:

- την πολικότητα της εκκένωσης, και
- την έναυση της εκκένωσης.

Μονάδα PMV

Η Peak Voltage Module PMV 1.1 δίνει σε ψηφιακή μορφή τη μέγιστη τιμή της τάσης και την πολικότητά της. Η τάση, που μετρείται με τη βοήθεια ωμικού

καταμεριστή έχοντα λόγο καταμερισμού 1:730, εμφανίζεται στην οθόνη με τα τρία πιο σημαντικά ψηφία της (σε kV).

Μονάδα PMC

Η Peak Current Module PMC 1.1 δίνει σε ψηφιακή μορφή τη μέγιστη τιμή του ρεύματος και την πολικότητά του. Το ρεύμα, που μετρείται με τη βοήθεια ενός μαγνητικού αισθητήρα (magnetic probe) έχοντα λόγο μετατροπής 10A/V, εμφανίζεται στην οθόνη με τα τρία πιο σημαντικά ψηφία του και ένδειξη σε A ή kA, μιας και η μονάδα PMC παρέχει τη δυνατότητα επιλογής, μέσω ενός διακόπτη, της κλίμακας μέτρησης (10kA, ή 1kA, ή 100A).

Π2.2 Σύστημα Μέτρησης

Το σύστημα μέτρησης (βιομηχανικός ελεγκτής) είναι ένα σύστημα συλλογής πληροφοριών (Data Acquisition System), το οποίο επεξεργάζεται τις πληροφορίες που λαμβάνει στις εισόδους του και δίνει κατάλληλες εξόδους. Συνήθως, ο προγραμματισμός του H/Y γίνεται με χρήση γλωσσών ανωτέρου επιπέδου, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται χρήση της γλώσσας Assembly. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε C++ και Assembly.

Ο βιομηχανικός ελεγκτής που χρησιμοποιείται είναι ο AID-1, της εταιρείας μ-Analysis, ο οποίος επικοινωνεί με τον H/Y μέσω μίας σειριακής θύρας (com1), με το πρωτόκολλο επικοινωνίας RS-232C.

Τα μέρη που αποτελούν τον AID-1 είναι τα εξής:

- ένα τροφοδοτικό συνεχούς τάσης 5 V για την τροφοδοσία του ελεγκτή,
- μία μεταλλική βάση (Rack) που διαθέτει υποδοχές για τη μηχανική στήριξη των ηλεκτρονικών καρτών του ελεγκτή, ενώ ταυτόχρονα θωρακίζει το σύστημα από ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του περιβάλλοντος,
- μια μητρική κάρτα πάνω στην οποία υπάρχουν κατάλληλες υποδοχές, για να συνδέονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους οι κάρτες του AID-1,

- μία κάρτα (CPU card) πάνω στην οποία είναι τοποθετημένος ο μικροεπεξεργαστής Z-80 και η απαιτούμενη μνήμη,
- μία κάρτα Master Peripheral, της οποίας το κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι αποκωδικοποιεί τις διευθύνσεις μέσω των οποίων καθορίζεται με ποιά περιφερειακή κάρτα θα επικοινωνεί ο Z-80,
- μία κάρτα πολυπλέκτη με 30 εισόδους, του οποίου η έξοδος δίνει κάθε φορά είσοδο σε μία κάρτα μέτρησης για τον προσδιορισμό κάποιας τάσης που εφαρμόζεται σε μία από τις 30 εισόδους του πολυπλέκτη, και
- μία κάρτα A/D Converter, η οποία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση και τη μετατροπή σε ψηφιακό σήμα της τάσης που βρίσκεται κάθε φορά στην είσοδο της.

Π2.3 Γειωσόμετρο MIT 904

Το γειωσόμετρο της CARLO GAVAZZI PANTEC, μοντέλο MIT 904, είναι ένα φορητό, εύχρηστο όργανο. Το συγκεκριμένο όργανο χρησιμοποιείται για μέτρηση ειδικής αντίστασης εδάφους, για μέτρηση αντίστασης γείωσης μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, καθώς και για μέτρηση αντίστασης μόνωσης μιας εγκατάστασης. Η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της αντίστασης γείωσης είναι 108Hz. Η τιμή αυτή της συχνότητας έχει επιλεγεί για να είναι έξω από το φάσμα των συχνοτήτων που συνήθως χρησιμοποιούνται (16,67Hz, 50Hz, 60Hz, 400Hz και τα πολλαπλάσια τους). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, που αφορούν την μέτρηση αντίστασης γείωσης, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα [245]:

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΕΣ	ΑΝΑΛΥΣΗ	ΡΕΥΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΙ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΥΠΟΛΟΧΩΝ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΥΠΟΛΟΧΩΝ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΥ
RE	20 Ω	0,01 Ω	≤ 50 mA AC	4 kΩ	10 kΩ
200 Ω	200 Ω	0,1 Ω	≤ 50 mA AC	6 kΩ	30 kΩ
RE	2000 Ω	1 Ω	≤ 9 mA AC	50 kΩ	100 kΩ
20 kΩ	20 kΩ	0,01 kΩ	≤ 9 mA AC	100 kΩ	100 kΩ

Πίνακας Π2.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του γειωσόμετρου MIT 904

Η ακρίβεια του οργάνου είναι $\pm 2\% \text{ rdg} \pm 4 \text{ dgt}$.

Π2.4 Γειωσόμετρο SATURN GEO-X

Οι δυνατότητες του γειωσόμετρου Saturn GEO-X της εταιρείας LEM είναι [246]:

- Μέτρηση της παράσιτης τάσης και συχνότητας.
- Μέτρηση της αντίστασης του εδάφους χρησιμοποιώντας 3 ή 4 ηλεκτρόδια.
- Μέτρηση αντιστάσεων γείωσης γενικότερα, ακόμη και σε πυλώνες υψηλής τάσης χωρίς αποσύνδεση του σύρματος γης.
- Δυνατότητα ελέγχου σωστής σύνδεσης της διάταξης.

Για την μέτρηση της αντίστασης γείωσης, η μέτρηση ρεύματος και τάσης γίνεται με ηλεκτρόδια σύμφωνα με IEC61557-5/EN61557-5 [7]. Η τάση ανοιχτοκύκλωσης είναι: 20/48V, AC, το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι 250mA, AC, η συχνότητα μέτρησης μπορεί να επιλεγεί από το χειριστή και να πάρει τιμή: 94Hz, 105Hz, 111Hz, 128Hz ή αυτόματα το όργανο επιλέγει συχνότητα 55Hz. Η απόρριψη του θορύβου είναι 120dB ($16^{2/3}$, 50, 60, 400Hz), ενώ η μέγιστη δυνατή υπερφόρτιση είναι 250V. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου οργάνου παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα [246]:

Περιοχή μέτρησης	Περιοχή ένδειξης	Ανάλυση	Εσωτερικό σφάλμα	Μέγιστο λειτουργικό σφάλμα
0,020 Ω έως 300 kΩ	0,001 Ω ...2,999 Ω	0.001Ω	±(2% της μετρούμενης τιμής+2 ψηφία)	±(5% της μετρούμενης τιμής+5 ψηφία)
	3,000 Ω ...29,99 Ω	0.01Ω		
	30,00 Ω ...299,9 Ω	0.1Ω		
	0,300 kΩ...2,999 kΩ	1Ω		
	3,000 kΩ...29,99 kΩ	10Ω		
	30,00 kΩ...299,9 kΩ	100Ω		

Πίνακας Π2.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του γειωσόμετρου Saturn GEO-X