

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ ΓΡ. ΚΑΡΥΔΗ

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΠΙΛΥΣΕΩΣ ΤΟΥ
ΓΕΝΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΙ' ΑΝΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ
ΤΥΧΟΝΤΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΡΑΔΑΣΜΟΥ
ΕΙΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥΣ ΑΡΜΟΝΙΚΟΥΣ

Δ Ι Α Τ Ρ Ι Β Η

Διὰ τὸν ἐπιστημονικὸν τίτλον τοῦ Διδάκτορος Μηχανικοῦ
τοῦ Ε. Μετσαβίου Πολυτεχνείου, ὑποβληθεῖσα ὑπὸ τοῦ
Παναγιώτου Γρ. Καρύδη Διπλ. Πολιτικοῦ Μηχανικοῦ ἐξ
Ἀθηνῶν, τὴν 27.11.1967 καὶ ἐγκριθεῖσα τὴν 21.3.1968

Α Θ Η Ν Α Ι 1 9 6 8

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ Γ.Ρ. ΚΑΡΥΔΗ

Ἀπλοποίησης τῆς Ἐπιλύσεως τοῦ Γενικοῦ Δυναμικοῦ
Ἀντισεισμικοῦ Προβλήματος δι' Ἀναγωγῆς τοῦ Τυχόν-
τος Σεισμικοῦ Κραδασμοῦ εἰς Ἴσοδυνάμους Ἀρμονικοὺς

Διατριβή

ἐπὶ Διδακτορίᾳ ἀριστευθεῖσα

Α Θ Η Ν Α Ι 1 9 6 8

Είσηγητής : Καθηγητής κ. Εὐτύχιος Κοκκινόπουλος

Συνεισηγητής : Καθηγητής κ. Ἰωάννης Τεγόπουλος

Δοὺς τὸ θέμα : Καθηγητής κ. Εὐτύχιος Κοκκινόπουλος

Ἡ παροῦσα ἐργασία ἐξεπονήθη ἐν τῷ Ἐργαστηρίῳ "Στα-
τικῆς καί Ἀντισεισμικῶν Ἐρευνῶν" τοῦ Ε.Μ.Πολυτε-
χνείου, γενομένης εὐρείας χρήσεως τοῦ συγκροτήματος
τῶν Ἀναλογικῶν Ἡλεκτρονικῶν Ὑπολογιστῶν αὐτοῦ.
Διὰ τοῦτο ἐπιθυμῶ ὅπως ἐκφράσω τὰς θερμὰς μου εὐχα-
ριστίας πρὸς τὸ Ἰδρυμα, καί τὸ Ἐργαστήριον "Στατι-
κῆς καί Ἀντισεισμικῶν Ἐρευνῶν", διότι ἄνευ τῆς ду-
νατότητος χρήσεως τῶν ὀργάνων τούτων θὰ ἦτο ἀδύνα-
τος ἡ πραγματοποιήσις τῆς παρούσης ἐργασίας.

Ἰδιαιτέρως εὐχαριστῶ τὸν σεβαστὸν Καθηγητὴν μου,
νῦν Πρύτανιν τοῦ Ε.Μ.Πολυτεχνείου, εἰσηγητὴν καί ἀνα-
θέσαντα τὸ θέμα τῆς παρούσης διατριβῆς καθηγητὴν τῆς
Στατικῆς κύριον Εὐτύχιον Κοκκινόπουλον, διὰ τὴν ἐν πα-
ντὶ ἀνεκτίμητον συμπαράστασιν, τὴν ὁποίαν ἀφειδῶς μοῦ
παρέσχευ.

Εὐχαριστῶ ἐπίσης θερμῶς τὸν συνεισηγητὴν καθηγητὴν τῆς
Θεωρ. & Εἰδ. Ἡλεκτροτεχνίας (Σχ.Π.Μ.) κ. Ἰωάν. Τεγόπουλον.

Πρὸς τὸν καθηγητὴν τῆς Σεισμολογίας τοῦ Πανεπιστημί-
ου Ἀθηνῶν κ. Ἀγγελον Γαλανόπουλον ἐκφράζω τὰς θερμὰς
μου εὐχαριστίας, διὰ τὴν πολύτιμον συνεργασίαν του ἐπὶ
τῶν διαφόρων θεμάτων εἰδικότητός του, τῶν ὁποίων ἄπτε-
ται ἡ παροῦσα ἐργασία.

Τοὺς τεχνίτας τοῦ Ἐργαστηρίου "Στατικῆς καί Ἀντισει-
σμικῶν Ἐρευνῶν" κ.κ. Βασίλειον Εὐφροσύνην, χειριστὴν
τοῦ Ἀναλογικοῦ Ἡλεκτρονικοῦ Ὑπολογιστοῦ καί Λάζα-
ρον Ρόμβον, εὐχαριστῶ θερμῶς καί ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης.

Ἀθῆναι, Νοέμβριος 1967

'Αφιεροῦται εἰς τοὺς γονεῖς μου.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Σελίς

1	§ 1.- Είσαγωγή - Σκοπός τῆς Μελέτης.
10	§ 2.- Βασικαί ἀρχαί.
15	§ 3.- Ἐκλογή Συστήματος Μονάδων.
15	§ 4.- Μαθηματική διατύπωσις τῆς "Δράσεως" ἐνός ἐδαφικοῦ κραδασμοῦ.
18	§ 5α.- Προσδιορισμός τῆς "Δράσεως" ἡμιτονικῆς μορφῆς ἐδαφικοῦ κραδασμοῦ.
20	§ 5β.- Σύνθεσις τῶν πινάκων ἀναγωγῆς.
22	§ 5γ.- Πρόγραμμα τοῦ Ἀναλογικοῦ Ἡλεκτρονικοῦ Ὑπολο- γιστοῦ διὰ τὴν γραφικὴν παράστασιν τῶν συναρτή- σεων $\Delta\rho(t)/m_0$ τῶν ἡμιτονικῶν κραδασμῶν.
29	§ 6.- Πρόγραμμα τοῦ Ἀναλογ. Ἡλεκτ. Ὑπολογιστοῦ πρὸς προσδιορισμὸν τῆς τιμῆς τῆς $\Delta\rho(t)/m_0$ τοῦ τυχόντος ἐδαφικοῦ κραδασμοῦ.
35	§ 7.- Ἐφαρμογή
37	§ 7α.- Δυναμικὴ συμπεριφορὰ τοῦ ἐλαστικοῦ συστήματος τοῦ Σχ.17 διεγειρομένου ὑπὸ τοῦ φυσικοῦ σεισμο- γραφήματος (Γ ₁₀ , Σχ.2).
40	§ 7β.- Προσδιορισμός τῆς $\Delta\rho(t)/m_0$ τοῦ φυσικοῦ σεισμο- γραφήματος (Γ ₁₀ , Σχ.2).
44	§ 7γ.- Προσδιορισμός τῶν ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν καὶ ὑπολογισμός τῶν συνεπείᾳ αὐτῶν δυναμικῶν βε- λῶν τῆς κατασκευῆς τοῦ (Σχ.17).
54	§ 7δ.- Ἐπιρροή τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως.
58	§ 8.- Τελικὸν συμπέρασμα
62	Βιβλιογραφία
63	Παράρτημα (Πίνακες 1 ἕως 14).

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α (συνέχεια)

Σελίς

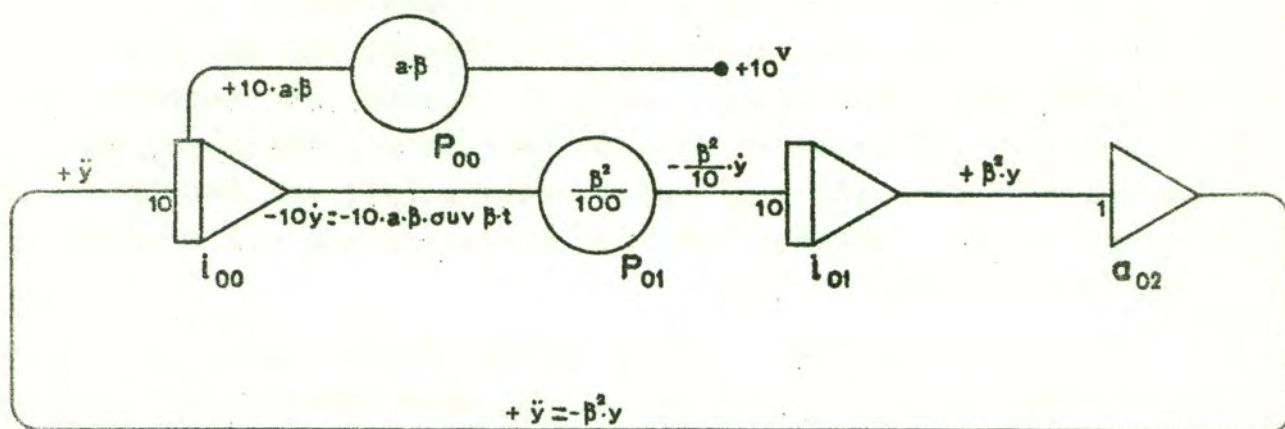
92 Βιογραφικόν Σημείωμα

94 Περίληψις εἰς τὴν ἀγγλικήν

"Απλοποιήσεις της επίλυσεως του γενικού δυναμικού
αντισεισμικού προβλήματος δι'άναγωγής του τυχόν-
τος σεισμικού κραδασμού εις ισοδυνάμους άρμονι-
κούς".

§ 1. Είσαγωγή - Σκοπός της Μελέτης.

Από μακροῦ χρόνου εις πλείστας ὅσας ἐφαρμογὰς "Δυναμικοῦ"
ὑπολογισμοῦ αντισεισμικῶν κατασκευῶν [1], [2], [3], [4] ἐγένετο ἡ ὑ-
πόθεσις, ὅτι τὸ ἔδαφος θεμελιώσεως κραδαίνεται ὑπὸ ἡμιτονικόν νό-
μον. Ὑπ'αὐτὴν τὴν ὑπόθεσιν ἐδόθη ἡ δυνατότης τῆς παραγωγῆς τῆς
ἐδαφικῆς κινήσεως ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ἀναλογικοῦ ὑπολογιστοῦ
ὑπὸ τοῦ κυκλώματος τοῦ (Σχ.1)



(Σχ.1)

Διὰ τὴν ἡμιτονικὴν ἐδαφικὴν κίνησιν ἡ σχέσηις, ἡ ὁποία ὁ-
ρίζει τὴν μετάθεσιν εἶναι ἡ :

$$y(t) = a \cdot \eta \mu \beta t \quad \text{ἐνθα}$$

a : τὸ ἡμιεὺρος τῆς μεταθέσεως καί

β : ἡ κυκλικὴ συχνότης αὐτῆς

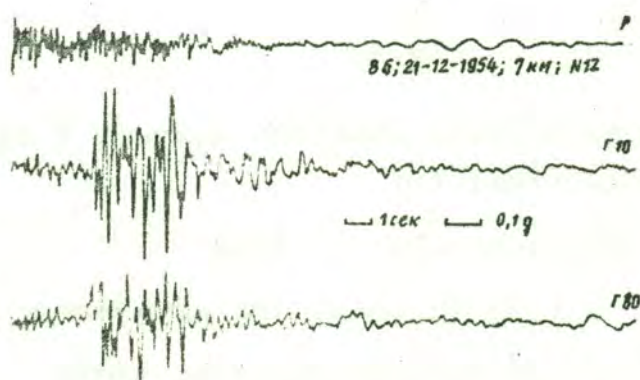
* Βλ. Βιβλιογραφίαν σελ. 62

Ἡ ἔξοδος τοῦ ἀθροιστοῦ α_{02} δίδει τὴν ἐδαφικὴν ἐπιτάχυν-
σιν $\ddot{y}(t)$, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν διεγερσιν τοῦ πολυωρόφου ἐλαστικοῦ
συστήματος.

Ἡ μέθοδος τῆς τοιαύτης παραγωγῆς τῆς διεγειροῦσης συναρ-
τήσεως ἔχει τὸ πλεονέκτημα τῆς εὐχερείας παραγωγῆς τῆς ἐντός τοῦ
ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ. Πλὴν αὐτοῦ παρέχεται ἡ εὐχέρεια τῆς δυ-
νατότητος καθορισμοῦ, ἀφ' ἑνὸς μὲν τῆς μεγίστης ἐδαφικῆς ἐπιταχύν-
σεως $\max \ddot{y}(t) = a\beta^2$ ἀναλόγως τῆς γεωγραφικῆς περιοχῆς καὶ τῆς ἐπι-
κινδυνότητος τοῦ ἐδάφους, εἰς τὸ ὁποῖον θὰ ἀνεγερθῇ ἡ ὑπὸ μελέτην
κατασκευή, συμφώνως πρὸς τὸν σεισμικὸν συντελεστήν $\varepsilon = \frac{\max \ddot{y}(t)}{g}$
τὸν διδόμενον ὑπὸ τοῦ ἰσχύοντος ἀντισεισμικοῦ κανονισμοῦ, ἀφ' ἑτέ-
ρου δέ τῆς κυκλικῆς συχνότητος β ἀναλόγως τοῦ εἴδους τοῦ ἐδάφους
θεμελιώσεως τῆς κατασκευῆς.

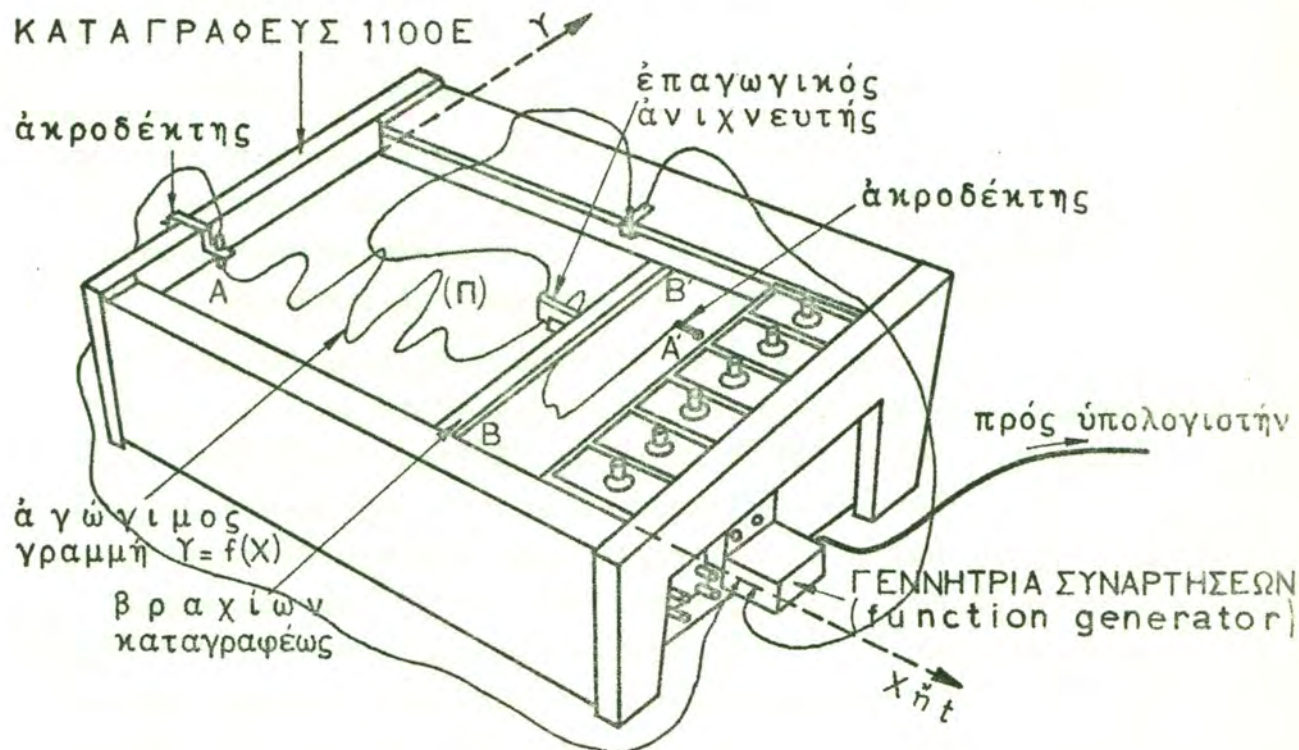
Ἐναντι τῶν πλεονεκτημάτων τούτων τῆς παραγωγῆς τῆς διε-
γειροῦσης συναρτήσεως, ἔχομεν ἀντιστοίχως τὸ μειονέκτημα ὅτι ὁ ἐ-
δαφικὸς κραδασμὸς οὐδόλως εἶναι ἐν τῇ πραγματικότητι ἡμιτονικός,
ἀλλὰ ἔχει λίαν διάφορον μορφήν, ὡς αὕτη δίδεται ὑπὸ τῶν διαφόρων
σειсмоγραφημάτων. Ἡ διαφορά μεταξὺ τῆς πραγματικῆς ἐδαφικῆς κι-
νήσεως καὶ τῆς εἰσερχομένης εἰς τὸν ὑπολογισμὸν ἐπετεύχθη νὰ μειω-
θῇ εἰς τὸ ἐλάχιστον χάρις εἰς μίαν μελέτην, ἥτις καὶ ἀπετέλεσεν τὸ
ἀντικείμενον τῆς διαλέξεως τοῦ τότε ἀντιπρυτάνεως κ. Ε. Κοκκίνοπού-
λου τὴν 11ην Νοεμβρίου 1966.

Συμφώνως πρὸς τὴν μελέτην αὐτὴν εἶναι δυνατόν νὰ εἰσαχθῇ
ἡ πραγματικὴ ἐδαφικὴ κίνησις ὡς ἀκριβῶς αὕτη δίδεται ὑπὸ τῶν σει-
σμογραφημάτων τῶν διαφόρων σταθμῶν παρατηρήσεως, ὡς π.χ. τὸ τοῦ
Σχ. 2, Γ10.



Σχ. 2 Ἐπιταχυνσιογραφήματα ἐκ τοῦ ρωσικοῦ
συγγράμματος G.B. Medvedef, σελ. 150

Τό σειсмоγράφημα εισάγεται εἰς τόν ἡλεκτρονικόν ὑπολογιστήν ἀφοῦ προηγουμένως "ἀναγνώσθῃ" ὑπό τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως συναρτήσεων, ἡ ὁποία δεικνύεται εἰς τό (Σχ.3).



(Σχ.3)

Δι' αὐτῆς τῆς συσκευῆς εἶναι δυνατόν, ἐκ μιᾶς εἰσαγομένης ἡλεκτρικῆς τάσεως x νά παραχθῇ, ὡς ἔξοδος πλέον, μία τάσις ἀνταποκρινομένη πρὸς τὴν τεταγμένην y τῆς συναρτήσεως $y = f(x)$. Ἡ συνάρτησις $y=f(x)$ ἢ $f(t)$ ἀρκεῖ νά σχεδιασθῇ ἐπὶ ἐνός χάρτου δι' ἀγωγίμου μελάνης, τό δέ σχέδιον τοῦτο τῆς καμπύλης νά τοποθετηθῇ ἐπὶ τῆς πινακίδος (π) τῆς συσκευῆς, ἀφοῦ συνδεθοῦν τὰ ἄκρα τῆς καμπύλης μετὰ τῶν ἀκροδεκτῶν A καὶ A' .

Ἡ συσκευή ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα αὐτόματον ἡλεκτρονικόν καταγραφέα (1100 E), εἰς τόν ὁποῖον ἔχει προστεθῇ τό ἐξάρτημα "γεννήτρια συναρτήσεως" (function generator), περιέχον κρυσταλλοτριοδικόν (transistorized) ταλαντωτὴν παράγοντα ἓν ὑφίσυχνον ἡλεκτρικόν ρεῦμα τάξεως ραδιοφωνικῆς συχνότητος. Τό ρεῦμα τοῦτο διοχετεύεται μέσφ τῶν ἀκροδεκτῶν A καὶ A' εἰς τὴν ἀγωγίμον γραμμὴν $y=f(x)$, παραγομένου οὕτω ἐνός ἡλεκτρικοῦ πεδίου περὶ τὴν γραμμὴν. Εἰς ἐπαγωγικὸς ἀνιχνευτὴς, ὁ ὁποῖος ἀντικαθιστᾷ τὴν γραφίδα τῆς συσκευῆς καὶ σύρεται ἐλευθέρως ἐπὶ τοῦ βραχίονος $B-B'$, ἀνιχνεύ-

ει τό ηλεκτρικόν πεδίον καί μετακινεῖται μέχρις τοῦ κέντρου αὐ-
τοῦ, δηλαδή τοῦ κέντρου βάρους τῆς καμπύλης $A-A'$ εἰς ἐκάστην θέσιν
 x τοῦ βραχίονος $B-B'$. Ὁ σερβομηχανισμός, ὁ ὅποιος ὑπό κανονικᾶς
συνθήκας χρήσεως τῆς συσκευῆς ὁδηγεῖ τήν γραφίδα καταγράφων τὰς
τεταγμένας y , τώρα παράγει ἀντιστρόφως τό σῆμα ἐξόδου ἀνταποκρι-
νόμενον πρὸς τήν ἐντροπήν $y=f(x)$ τῆς σχεδιασθείσης καμπύλης.

Κατ' αὐτόν τόν τρόπον εἰσάγεται ἡ διεγείρουσα τό ὅλον δυ-
ναμικόν σύστημα συνάρτησις $\dot{y}=f(t)$, ἐνῶ διά τήν καταγραφὴν τῶν ζη-
τουμένων ἀγνώστων μεγεθῶν-λύσεων τῶν διαφορικῶν ἐξισώσεων, ἀπαι-
τεῖται καί μία δευτέρα ἡλεκτρονικὴ καταγραφικὴ συσκευή.

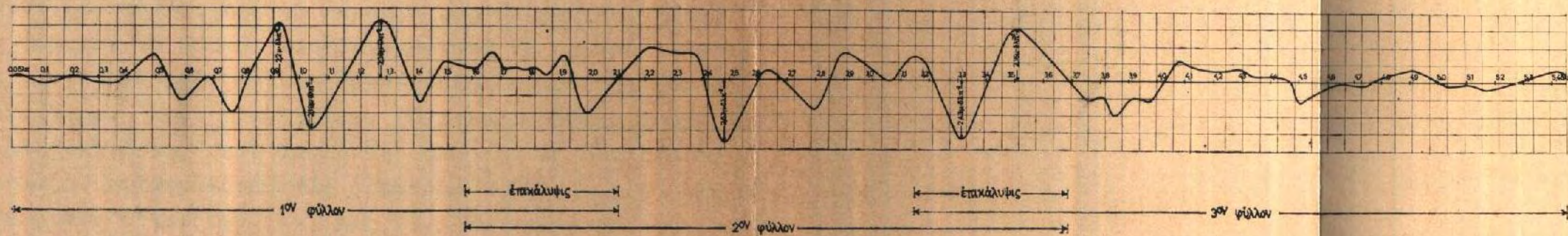
"Ἰνα ἡ συνάρτησις $y=f(x)$ εἶναι πιστῶς ἀναγνώσιμος ὑπό
τοῦ ἐπαγωγικοῦ ἀνιχνευτοῦ τῆς ὥς ἄνω συσκευῆς, ἡ καμπύλη $f(x)$ ὁ-
φείλει ὅπως πληροῖ ὠρισμένους ὅρους ἀπὸ ἀπόφews εὐρῶν καί ἀντι-
στοίχων ψευδοπεριόδων, ἐν συναρτήσῃ πρὸς τήν ταχύτητα ἀναγνώσε-
ως. Οἱ ὅροι οὗτοι καθιστοῦν ἀπαγορευτικὴν τήν τοποθέτησιν ἀπ' εὐ-
θείας τοῦ σειсмоγραφήματος ὥς τοῦτο δίδεται ὑπὸ τῶν διαφόρων
σταθμῶν παρατηρήσεως, βλ. π.χ. τὰ διάφορα σειсмоγραφήματα τοῦ (Σχ.2).
Ἐπιβάλλεται ὅπως τό σειсмоγράφημα ἀναπτυχθῇ ὑπὸ διαφορετικᾶς κλί-
μακας τετμημένων καί τεταγμένων, ἵνα λάβῃ τελικῶς τήν "ἀναγνώσι-
μον" μορφήν τοῦ (Σχ.4). Ἐπειδὴ τό ἀνάπτυγμα τοῦτο καταλαμβάνει
μέγα μήκος, τό ὑποδιαίρουμένον συνήθως εἰς 3 ἢ 4 φύλλα ὥστε ἕκαστον
φύλλον νά δύναται νά τοποθετῇται ἐπὶ τῆς πινακίδος (π) τῆς συ-
σκευῆς ἀναγνώσεως συναρτήσεων. Ἐκαστον φύλλον μετὰ τῆς καμπύλης,
ἡ ὁποία σχεδιάζεται δι' ἀγωγίμου μελάνης ἀποτελεῖ ἓν "πρότυπον
φύλλον ἀναγνώσεως". Ἡ μετάβασις ἀπὸ φύλλον εἰς φύλλον γίνεται
διὰ χρήσεως τῆς καταστάσεως "κράτει" (Hold Mode) τοῦ ὑπολογιστοῦ,
κατὰ τήν ὁποίαν παγιοῦται ὁ ὑπολογιστής καί τὰ κυκλοφοροῦντα εἰς
αὐτόν σήματα διατηροῦν τὰς τιμάς, τὰς ὁποίας εἶχον ἀκριβῶς τήν
στιγμὴν τῆς πιέσεως τοῦ ἀντιστοιχοῦ κομβίου "Hold". Καθ' ὃν χρό-
νον ὁ ἡλεκτρονικὸς ὑπολογιστής εὐρίσκεται εἰς αὐτὴν τήν κατάστα-
σιν, ἀντικαθιστῶμεν τό ὑπάρχον ἐπὶ τῆς πινακίδος (π) πρότυπον φύλ-
λον ἀναγνώσεως διὰ τοῦ ἐπομένου φύλλον καί θέτομεν τήν κεφαλὴν
ἀναγνώσεως εἰς τήν ἰδίαν θέσιν y , εἰς τήν ὁποίαν εὐρέθη κατὰ τήν
χρῆσιν τῆς καταστάσεως "Hold", ἐνῶ ὁ βραχίων $B-B'$ εὐρίσκεται εἰς
τήν ἀρχὴν τῆς διαδρομῆς του. Συνεχίζεται εἴτα ἡ λύσις διὰ πιέσεως
τοῦ ἀντιστοιχοῦ κομβίου λειτουργίας (Operation Mode) κ.ο.κ. μέ-
χρις ἐξαντλήσεως τῶν "προτύπων φύλλων ἀναγνώσεως".

Ανάπτυγμα σειсмоγραφήματος Γ₃₀
(επιταχυνσιογράφημα)

$$\max \ddot{x} = 263 \mu\text{dlc}^{-2}$$

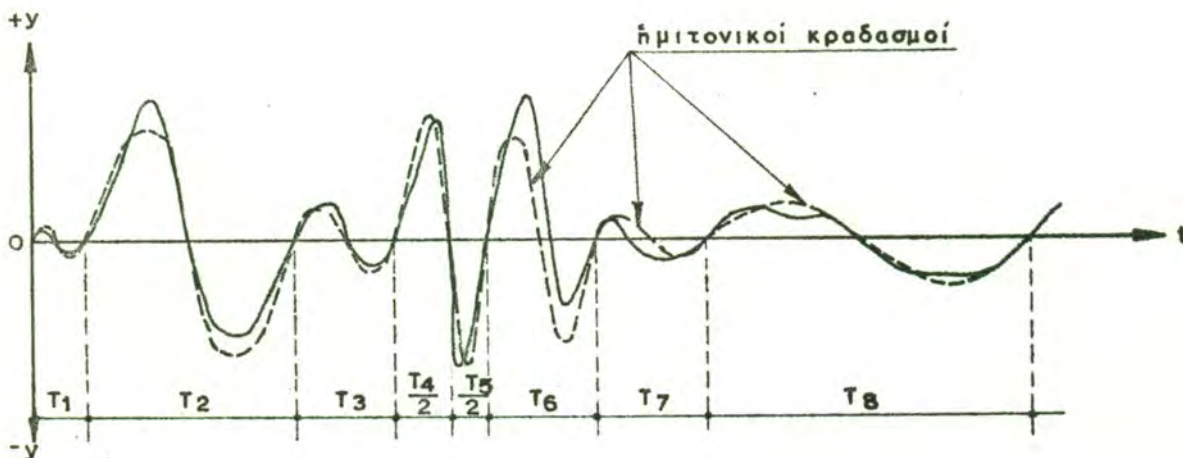
Κότμαξ τετμημένων: 16,5 εκ → 16 λτ

" τεταγμένων: 3,62 εκ → $263 \mu\text{dlc}^{-2}$ ($K = \frac{362}{263} = 1,375 \text{ εκ.μ.δλτ}^{-2}$)



φίαν (αύξεις ιδιοσυχνότητας) ή να ελαττώσωμεν αὐτήν (ελάττωσις ιδιοσυχνότητας), ἵνα ἀπομακρύνωμεν τὰς ιδιοσυχνότητας ἐκείνας τῆς κατασκευῆς μας πού πλησιάζουν τὴν κυκλικὴν συχνότητα τοῦ ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος δέν γνωρίζομεν ἥν, ἐάν θά πρέπει νὰ αὐξήσωμεν ἢ ἐλαττώσωμεν τὴν ἀναμφίαν τῆς κατασκευῆς μας ἵνα ἀπομακρυνθῶμεν ἐκ τῆς "δεσποζούσης" συχνότητας τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος.

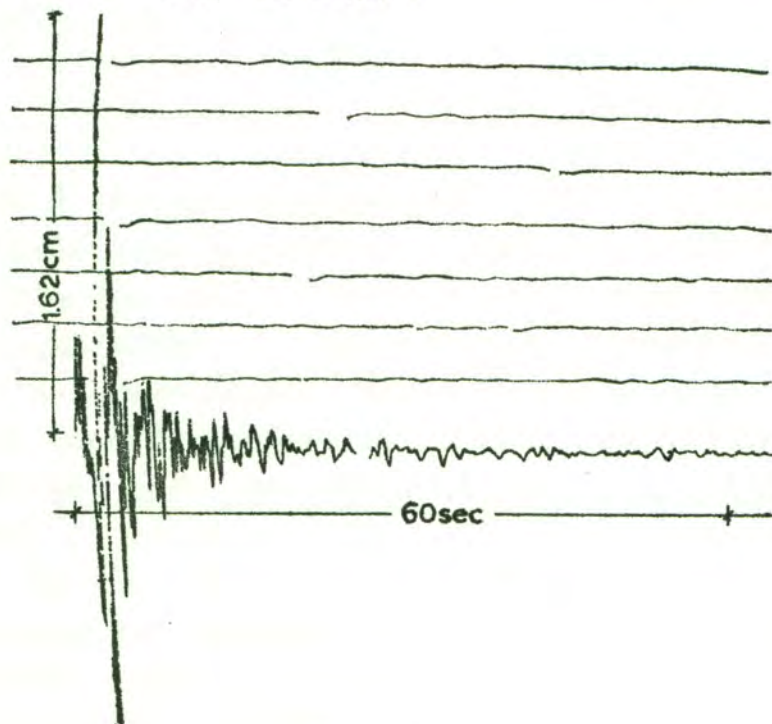
Διὰ τούτους λόγους αὐτούς, ἀλλὰ κυρίως χάριν εὐχερείας καὶ ταχύτητος παραγωγῆς τῶν ἡμιτονικῶν συναρτήσεων ἀπ' εὐθείας ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ, ἐπιζητοῦμεν ὅπως ἀντικαταστήσωμεν τὸ φυσικόν σειсмоγράφημα ὑπὸ ἐνός ἢ περισσοτέρων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν, χωρὶς νὰ συμπέπτουν οὗτοι πρὸς τούτους γνωστούς ἡμιτονικούς ὅρους τούτους προκύπτοντας ἐκ τῆς ἀναλύσεως τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος εἰς ἀρμονικούς ὅρους κατὰ Fourier. Ἐπιζητοῦμεν μᾶλλον ὅπως οἱ ἰσοδύναμοι οὗτοι ἡμιτονικοὶ κραδασμοὶ ἀποτελοῦν μίαν ἀκολουθίαν, δηλ. ὁ εἰς ἡμιτονικός κραδασμὸς νὰ ἔπεται τοῦ ἄλλου ἐν χρόνῳ. "Ὅσον αὐξάνει δέ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν, τόσον αὐξάνει καὶ ἡ ἀκρίβεια τῆς τοιαύτης ἀντικαταστάσεως, τῆς μεταβάσεως δηλ. ἀπὸ τοῦ τυχόντος φυσικοῦ σειсмоγραφήματος εἰς τούτους ἀντιστοιχοῦντες ἡμιτονικούς. Ὡς ὅριον δέ τῆς τοιαύτης ἀντικαταστάσεως ἔχομεν τὴν ἀντικατάστασιν ἐκάστης ψευδοπεριόδου τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος ὑπὸ μιᾶς περιόδου ἡμιτονικῆς μορφῆς, ὠρισμένων χαρακτηριστικῶν ἡμιέυρους καὶ συχνότητος (Σχ.5).



(Σχ.5)

Σκοπός τῆς παρούσης μελέτης εἶναι ἡ ὥς ἄνω ἀντικατάστα-
σις τοῦ τυχόντος σειсмоγραφήματος ὑπὸ ἡμιτονικῆς μορφῆς διαδοχι-
κῶν κραδασμῶν. Κατ'αὐτόν τόν τρόπον συνδυάζομεν τὰ χαρακτηριστι-
κά τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος μετὰ τῶν εἰρημένων πλεονεκτημά-
των τῶν ἡμιτονικῶν συναρτήσεων.

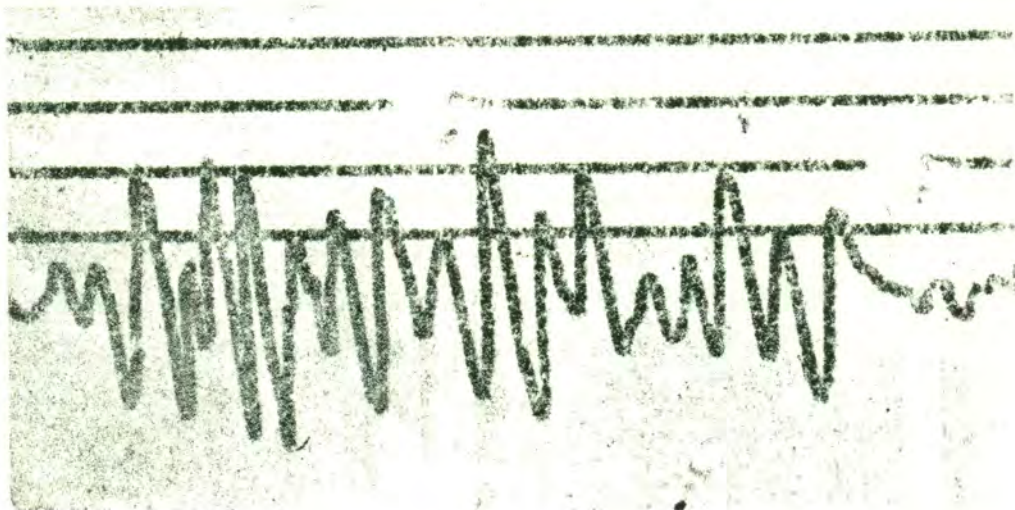
Εἶναι γνωστόν ὅτι σειсмоγραφήματα προερχόμενα ἀπὸ τὴν
αὐτὴν σεισμικὴν ἐστίαν καὶ καταγραφόμενα εἰς ἓνα ὠρισμένον τόπον
παρατηρήσεως εἶναι ὅμοια μεταξὺ των. Διὰ κάθε δέ ἐδαφικὴν περιο-
χὴν ὠρισμένης ἐκτάσεως, διακρίνομεν τὸ δεσπόζον ἢ τὰ δεσπόζοντα
σειсмоγραφήματα αὐτῆς, δηλαδή τὰ σειсмоγραφήματα, τὰ ὀφειλόμενα εἰς
τούς πλέον συνήθεις καὶ μεγαλυτέρας ἐντάσεως σεισμούς, οἱ ὅποιοι
πλήττουν τὴν ἐν λόγῳ περιοχὴν.



(Σχ.6)

Οὕτω π.χ. διὰ τὴν περιοχὴν Ἀθηνῶν, τὸ δεσπόζον σειсмоγρά-
φημα ἐκ στατιστικῶν δεδομένων ἔστω ὅτι εἶναι τὸ τοῦ (Σχ.6) μέ ἐπί-
κεντρον τὴν Μαλακιάσαν ὥς τοῦτο ἐλήφθη καὶ κατεγράφη ὑπὸ τῶν σει-
σμογράφων τοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν τὴν 3ην Ἀπριλίου 1965 καὶ
ὄχι τὸ τοῦ (Σχ.7), τὸ ὅποϊον ὀφείλεται εἰς τὸν σεισμόν τῆς Σκοπέλου
τῆς 9ης Μαρτίου 1965 καὶ κατεγράφη ὑπὸ τῶν σεισμογράφων τοῦ αὐτοῦ
Ἀστεροσκοπεῖου. Οὕτω λοιπὸν μία ἐδαφικὴ περιοχὴ δονεῖται βασικῶς
ἀπὸ τὸ ἓν ἢ τὰ πλείονα δεσπόζοντα σειсмоγραφήματα, πάντοτε ὅμοια

μεταξύ των, διαφέροντα όμως από απόψεως μεγίστων τιμών.
Διά τῆς προτεινομένης ἀντικαταστάσεως, ἀντί τοῦ τυχόντος σεισμο-

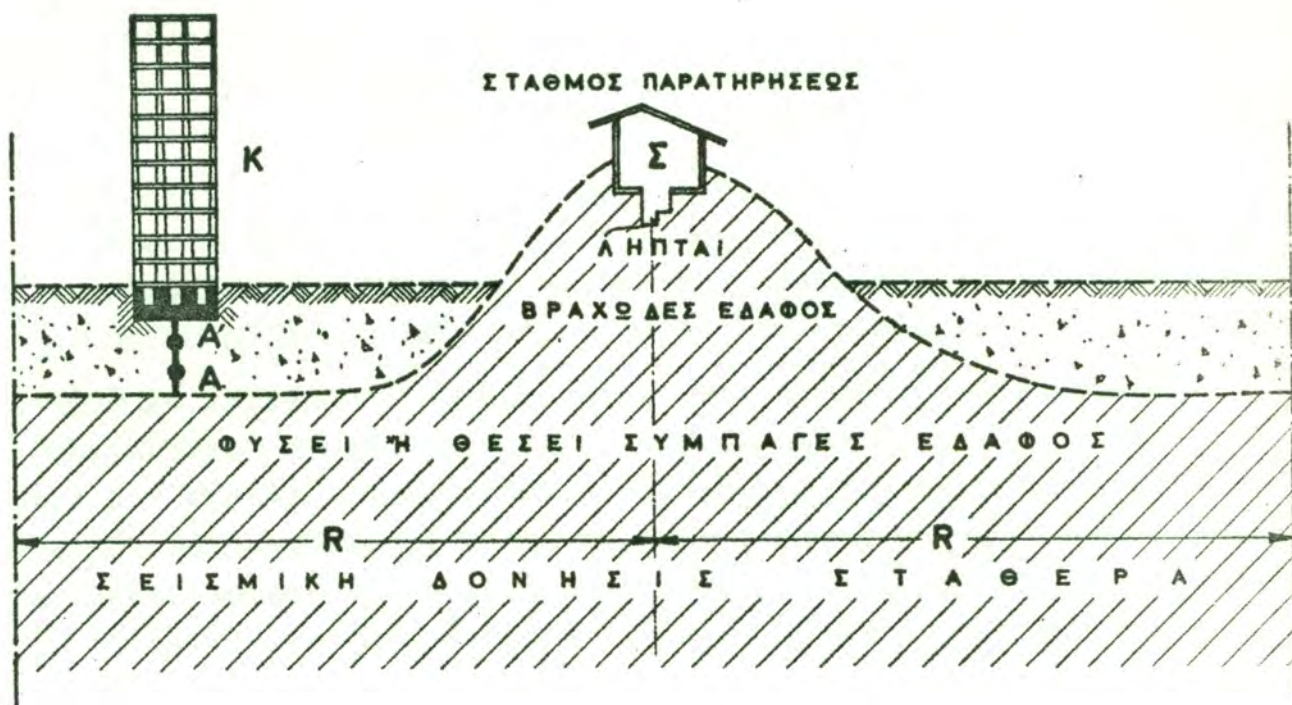


(Σχ.7)

γραφήματος θά ἔχωμεν δι' ἐκάστην ἐδαφικὴν περιοχὴν ἓν ἢ πλείονα καθαρῶς ἡμιτονικά σειсмоγραφήματα. Ἡ μεγίστη δέ τιμὴ αὐτῶν, θά δίδεται ἀπὸ τὸν ἰσχύοντα κρατικὸν κανονισμόν^[5], ὅπου καθορίζονται αἱ μέγιστα τιμαὶ τῶν ἐδαφικῶν ἐπιταχύνσεων. Ὡς θά δείξωμεν κατωτέρω*, δύο ὅμοια σειсмоγραφήματα τῆς αὐτῆς δηλαδὴ σεισμικῆς ἐστίας, καταγραφέντα ὑπὸ τοῦ ἰδίου σταθμοῦ παρατηρήσεως δίδουν ὁμοίους ἰσοδυνάμους ἡμιτονικοὺς κραδασμούς, δηλαδὴ τῆς αὐτῆς συχνότητος ἀλλὰ διαφορετικοῦ ἡμιεύρους. Ἐπομένως θά ἀναλύσωμεν τὸ τυχόν δεσπόζον σειсмоγράφημα, τὸ ὁποῖον διαθέτομεν διὰ μίαν περιοχὴν, θά λάβωμεν τοὺς ἰσοδυνάμους τοῦ ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ καὶ διατηροῦντες τὴν αὐτὴν συχνότητα θά ἀλλάξωμεν τὰ μέγιστα ἡμιεύρη αὐτῶν, ἀντιστοιχοῦντα πρὸς τὰς μεγίστας τιμὰς τῶν ἐδαφικῶν ἐπιταχύνσεων ἐκ τοῦ ἰσχύοντος κρατικοῦ κανονισμοῦ.

Τὸ δεσπόζον ὅμως σειсмоγράφημα μιᾶς ὠρισμένης ἐδαφικῆς περιοχῆς δέν εἶναι αὐτὸ ἀκριβῶς, πού διεγείρει τὰς κατασκευὰς μας, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται μὲν ἐντὸς αὐτῆς τῆς περιοχῆς πλὴν ὅμως εἶναι θεμελιωμένοι ἐπὶ διαφόρων ἐδαφῶν, (Σχ.8).

* Βλ. σελ. 18, 19 & 20



(Σχ.8)

Θεωρούμεν, ὅτι τὸ ἔδαφος ἀποτελεῖ ἐλαστικὸν σῶμα, δεχόμενον τοὺς σεισμικοὺς κραδασμοὺς καὶ μεταδίδον αὐτοὺς, ἀναλόγως τῶν ἐλαστικῶν του ἰδιοτήτων.

Οὕτω αἱ κατασκευαί, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἔδαφους, δέχονται τὴν σεισμικὴν δόνησιν ἀφοῦ διέλθῃ αὕτη διὰ τοῦ σώματος αὐτοῦ. Ὅσον τὸ ἔδαφος εἶναι πλέον χαλαρὸν καὶ ἀσυμπίεστον, τόσον τὰ μέσφ αὐτοῦ σεισμικά κύματα καθίστανται ἀσθενέστερα καὶ μεταδίδονται εἰς μικροτέραν ἀπόστασιν, λόγφ τοῦ ὅτι ἀπορροφᾶται μεγαλύτερα ἐνέργεια ἐκ τῆς μεταξύ τῶν κόκκων τοῦ χαλαροῦ τούτου ἔδαφους ἀναπτυσσομένης τριβῆς. Εἰς τὸ τμήμα ἐκεῖνο τοῦ ἔδαφους, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἱκανὸν βάθος ὥστε νὰ καθίσταται συμπαγέστερον λόγφ τῆς ὑπερθεν πιέσεως τῶν χωμάτων, ἡ σεισμικὴ δόνησις δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι σταθερά, μεταδιδομένη ἄνευ σημαντικῆς τινος ἀπορροφῆσεως καὶ ἐπομένως ἀλλοιώσεως. Δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ἐν συνεχείᾳ, ὅτι ἡ σεισμικὴ συμπεριφορὰ τοῦ συμπαγοῦς τούτου ἔδαφους συμπίπτει μὲ ἱκανὴν προσέγγισιν πρὸς τὴν συμπεριφορὰν, ἡ ὁποία δίδεται ὑπὸ τῶν σεισμογραφημάτων τοῦ σταθμοῦ παρατηρήσεως (Σχ.8). Ἡ συντομωτέρα καὶ ἄνευ σημαντικῶν ἀπωλειῶν ὁδός, ἡ ὁποία ἐκ τοῦ συμπαγοῦς ἔδαφους θὰ φθάσῃ τὰ θεμέλια τῆς κατασκευῆς Κ. εἶναι ἡ ὁδός Α - Α'.

Τό υπό τήν κατασκευήν Κ ἔδαφος δέχεται ἐπομένως τούς εἰς τά σεισμογραφήματα καταγεγραφομένους σεισμικούς κραδασμούς, ταλαντοῦται ὡς ἔλαστικόν σῶμα καί ἡ δυναμική συμπεριφορά τῆς ἀνωτάτης του στάθμης ἀποτελεῖ πλέον τήν διέγερσιν τῆς κατασκευῆς Κ.

Εἰς μίαν ὑπό ἔκδοσιν ἐργασίαν τοῦ ἡμετέρου Ἑργαστηρίου δίδονται αἱ τιμαί τῶν ἰδιοπεριόδων διαφόρων κατηγοριῶν ἑδαφῶν. Τό θέμα ἐπομένως τοῦ ἑδάφους θεμελιώσεως δύναται νά ληφθῇ ὑπ' ὄψιν εἰς τόν δυναμικόν ἀντισεισμικόν ὑπολογισμόν κατὰ τήν ἐξῆς μέθοδον.

Ἐστω ὅτι ἡ πρὸς ὑπολογισμόν κατασκευή πρόκειται νά ἀνεγερθῇ εἰς μίαν περιοχὴν, τῆς ὁποίας γνωρίζομεν τό δεσπόζον σεισμογράφημα, ὡς ἐπίσης καί μέχρις ἑνός ὠρισμένου βάθους τήν ποιότητα τοῦ ἑδάφους θεμελιώσεως. Ἐν συνεχείᾳ εὐρίσκομεν τούς ἰσοδυνάμους ἡμιτονικούς κραδασμούς τοῦ δεσπόζοντος σεισμογραφήματος καί μορφοποιῦμεν αὐτούς ἀπό ἀπόφews μεγίστων εὐρῶν ὥστε νά εἶναι σύμφωνοι πρὸς τὰς τιμὰς τὰς διδομένας ὑπὸ τοῦ ἰσχύοντος κρατικοῦ κανονισμοῦ. Προσδιορίζομεν ἕν, κατὰ πρώτην προσέγγισιν, μονοβάθμιον σύστημα, τοιοῦτον ὥστε ἡ ἰδιοπερίοδος αὐτοῦ νά συμπίπτῃ πρὸς τήν διδομένην ὑπὸ τῶν εἰρηθέντων ὡς ἄνω πινάκων διὰ τήν ἀντίστοιχον ποιότητα τοῦ ἑδάφους. Διεγείρομεν τό μονοβάθμιον τοῦτο σύστημα ὑπὸ τῆς εὐρεθείσης ἀκολουθίας τῶν ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν καί ἡ συμπεριφορά τῆς ἀνωτάτης του στάθμης ἀποτελεῖ πλέον τήν διέγερσιν τοῦ ἐλαστικοῦ συστήματος τῆς κατασκευῆς μας.

§ 2. Βασικαὶ ἀρχαί.

Εἶναι γνωστόν ὅτι τό σχετικῶς λεπτὸν ἐξωτερικόν στερεόν τμῆμα τῆς γῆς ὑφίσταται ὅλας τὰς ἐπιδράσεις τῶν ἐνδογενῶν καί ἐξωγενῶν δυνάμεων, ὡς εἶναι π.χ. αἱ προερχόμεναι ἐκ τῆς δράσεως τῆς βαρύτητος, ἢ ἐκ τῆς δράσεως τῶν διαφόρων φυσικῶν ἢ χημικῶν φαινομένων, ἢ τέλος αἱ παλιρροῖ καί δυνάμεις καί ἡ ἡλιακὴ ἐνέργεια, ἥτις προκαλεῖ τὰς συστολάς - διαστολάς τοῦ φλοιοῦ, βροχοπτώσεις, παγετούς, διαβρώσεις καί ἀποσαθρώσεις τῶν ὁρέων. Ἀποτέλεσμα τῆς δράσεως ἐπὶ τοῦ στερεοῦ μανδύου τῆς γῆς τῶν δυνάμεων τούτων εἶναι ἡ ἀποταμίευσις ἐνεργείας εἰς ὠρισμένα σημεῖα (κέντρα δράσεως αὐτῶν) καί δὴ δυνητικῆς ἐνεργείας ὀφειλομένης εἰς τήν συσσώρευσιν ἐλαστικῶν τάσεων ἐκ τῆς φορτίσεως αὐτῶν τῶν δυνάμεων. Κατὰ τήν σεισμικὴν δόνησιν ἐκλύεται ἡ ἐνέργεια αὕτη ἐντός βραχυτάτου χρονικοῦ διαστήματος καί μεταδίδεται ὑπὸ μορφήν κινητικῆς καί δυνητικῆς ἐνεργείας πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Χαρακτηριστικόν ἐκάστης σει-

σμικῆς δονήσεως εἶναι τό ποσόν τῆς ἐκλυομένης ἐνεργείας καί ἡ δίαίτα αὐτῆς ἐντός τοῦ βραχυτάτου χρονικοῦ διαστήματος τῆς δονήσεως ταύτης. Αἱ κατασκευαί μας ἄλλωστε ὑφίστανται κυρίως τήν ἐπίδρασιν τοῦ τμήματος ἐκείνου τῆς σεισμικῆς ἐνεργείας, τό ὁποῖον ἐμφανίζεται ὑπό μορφήν κινητικῆς ἐνεργείας, εἶναι δηλαδή αὕτη, ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ὀφείλεται γενικῶς εἰς τήν κραδασμικήν κίνησιν τοῦ ἐδάφους καί εἰδικώτερον τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως. Οὕτω λοιπόν ἡ θεμελίωσις μιᾶς κατασκευῆς ἀκολουθοῦσα πλήρως τὰς δονήσεις τοῦ ἐδάφους, ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία προσδίδεται εἰς τήν κατασκευήν, ἥτις ἐν συνεχείᾳ ὑπόκειται εἰς ἐξηναγκασμένην ταλάντωσιν.

Ἡ κίνησις ὥς γνωστόν τοῦ ἐδάφους δίδεται ὑπό τῶν διαφορῶν σειсмоγραφημάτων τῶν σταθμῶν παρατηρήσεως, (ἀκριβέστερον, τοῦ ἐδάφους ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται οἱ σταθμοὶ παρατηρήσεως, πρβλ. καί σελ. 9).

Ἐκαστον σειсмоγράφημα χαρακτηρίζεται βασικῶς ἀπὸ τήν μεγίστην του ἐπιτάχυνσιν (ἐάν εἶναι ἐπιταχυνσιογράφημα), τήν διάρκειάν του καί μίαν μέσην περίοδον. Ἡ μέση αὕτη περίοδος προκύπτει ἀπὸ τήν διαίρεσιν τῆς ὀλικῆς διαρκείας διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν περιόδων, ἀνεξαρτήτως ἐάν αἱ περίοδοι αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς μεγάλας ἢ ἀσημάντους τιμὰς ἐπιταχύνσεων. Ἡ ὥς ἄνω προκύπτουσα μέση περίοδος εἶναι ἀπλῶς ἐνδεικτικὴ καί οὐδεμίαν οὐσιαστικὴν σημασίαν ἔχει διὰ τὸν δυναμικὸν ἀντισεισμικὸν ὑπολογισμόν τῶν κατασκευῶν.

Ἐφθάσαμεν εἰς αὐτό τό συμπέρασμα κατὰ τὰς πρώτας μας προσπάθειας ὅπως ἀντικαταστήσωμεν τό φυσικὸν σειсмоγράφημα ὑπὸ ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν. Οὕτω λοιπόν, διατηροῦντες τήν κατ' αὐτόν τὸν τρόπον εὐρίσκομένην μέσην περίοδον καί τήν ὑπὸ τοῦ σειсмоγραφήματος διδομένην μεγίστην ἐδαφικὴν ἐπιτάχυνσιν προσδιωρίσαμεν ἡμιτονικοὺς κραδασμοὺς πρὸς ἀντικατάστασιν τοῦ ὥς ἄνω δεδομένου σειсмоγραφήματος. Κατόπιν κατεγράψαμεν τήν δυναμικὴν συμπεριφορὰν ἐλαστικῶν συστημάτων διεγειρομένων πρῶτον μὲν ὑπὸ τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος, δεύτερον δέ ὑπὸ τῶν ὥς ἄνω προσδιορισθέντων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν καί συνεκρίναμεν τὰ ἀποτελέσματα.

Ταῦτα διέφερον οὐσιωδῶς πέραν πάσης δυνατότητος συγκρίσεως. Μία εὐλόγος ἐξήγησις αὐτῆς τῆς διαφορᾶς εἶναι ὅτι ἡ σεισμικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία προσδίδεται κατὰ τὰς δύο ταύτας διεγέρσεις εἰς τήν κατασκευήν, εἶναι διαφορετικὴ.

Παρέχει δηλαδή ὁ κατ' αὐτόν τὸν τρόπον προκύπτων ἡμιτονι-

κός κραδασμός διαφορετικήν ενέργειαν εἰς τὴν κατασκευὴν μας, δηλαδή δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν ὅτι διεγείρομεν τὴν κατασκευὴν μας μέ σεισμόν διαφορετικοῦ μεγέθους ἀπὸ αὐτόν, εἰς τὸν ὁποῖον ὀφείλεται τὸ δεδομένον φυσικόν σειсмоγράφημα.

Διὰ τοῦτο λοιπόν, λῖαν εὐλόγως δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν ὅτι διὰ τὴν ὑπ' ὄφιν ἀντικατάστασιν τοῦ τυχόντος σειсмоγραφήματος ὑπὸ ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν δεχόμεθα τὰς κάτωθι δύο "συνθήκας ἰσοδυναμίας" :

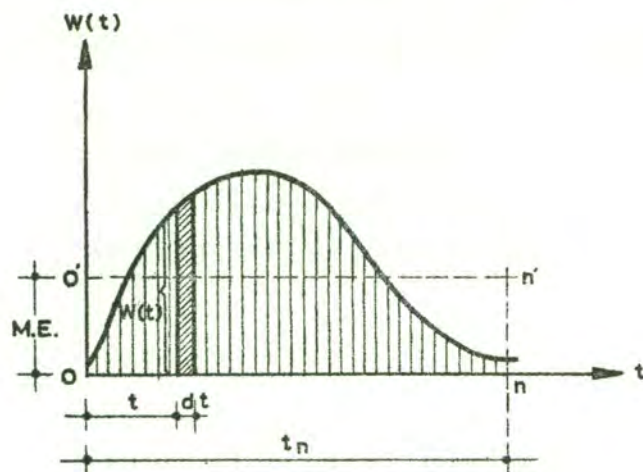
1.- Διατήρησις τῆς αὐτῆς μέσης προσδιδομένης ἐνεργείας εἰς τὴν κατασκευὴν, κατὰ τὰς δύο ταύτας περιπτώσεις σεισμικῶν διεγέρσεων ἐντός ἴσων ἀντιστοίχως χρονικῶν διαστημάτων καί

2.- Διατήρησις τῆς αὐτῆς μεγίστης ἐδαφικῆς ἐπιταχύσεως, ἐντός τῶν χρονικῶν τούτων διαστημάτων.

Οὕτω, δεδομένου τοῦ τυχόντος σειсмоγραφήματος καί ἐπομένως τοῦ δι' αὐτοῦ ἀναπαριστωμένου σεισμικοῦ κραδασμοῦ, θά πρέπει νὰ προσδιορίσωμεν τὴν μέσην ἐνέργειαν, ἡ ὁποία προσδίδεται εἰς τὴν ἀνωδομήν (θεωροῦμεν ὅτι ἡ κατασκευὴ εὐρίσκεται θεμελιωμένη εἰς τὸ ἔδαφος εἰς τὸ ὁποῖον ἰσχύει τὸ φυσικόν σειсмоγράφημα) ἐκ τῆς ἐπενεργείας εἰς τὸ σῶμα τῆς θεμελιώσεως τοῦ κραδασμοῦ αὐτοῦ, ἐντός τῶν χρονικῶν διαστημάτων $0 + t_1, t_1 + t_2, t_2 + t_3, t_{n-1} + t_n$, ἔνθα $0 + t_n$ ἡ συνολικὴ χρονικὴ διάρκεια τοῦ σεισμοῦ. Γνωστῆς οὖσης τῆς μέσης σεισμικῆς ἐνεργείας καί τῶν ἐντός τῶν ὡς ἄνω χρονικῶν διαστημάτων μεγίστων ἐδαφικῶν ἐπιταχύνσεων διδομένων ὑπὸ τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος, δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν πλήρως τὰς παραμέτρους a_1, β_1 τῶν σεισμικῶν κραδασμῶν $y_1 = a_1 \eta \mu \beta_1 t$, οἱ ὁποῖοι θά ἀντικαταστήσουν τὸ δοθέν τοῦτο φυσικόν σειсмоγράφημα.

"Ἐστω m_0 ἡ μᾶζα θεμελιώσεως ἡ ἀφορῶσα εἰς τὸ ἔργον τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ, ἥτις εὐρίσκεται ἐν ἐπαφῇ μετὰ τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως καί ἀκολουθεῖ τοῦτο πιστῶς κατὰ τὴν κραδασμικὴν αὐτοῦ κίνησιν καί ὅτι μετὰξὺ ἐδάφους καί μάζης m_0 δέν ἀναπτύσσονται τριβαί καί ἐλαστικά ἢ μὴ παραμορφώσεις τῶν ἐπιφανειῶν τούτων ἐπαφῆς. Ἡ μᾶζα m_0 δηλαδή, ἀκολουθεῖ πιστῶς τὴν ὑπὸ τοῦ ἀντιστοίχου σειсмоγραφήματος διδομένην κίνησιν. Δηλαδή θεωροῦμεν ὅτι ἡ σεισμικὴ ἐνέργεια προσδίδεται εἰς τὸ σῶμα θεμελιώσεως ὑπὸ μορφήν μόνον κινητικῆς ἐνεργείας καί ἄνευ ἀλλοιώσεως τινος.

Ἐστω $W(t)$ ἡ εἰς τὴν χρονικὴν στιγμήν t στιγμιαία κινητική ἐνέργεια τῆς μάζης m_0 τοῦ θεμελίου, συνεπεία τοῦ δοθέντος φυσικοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ. Ἡ καμπύλη $W(t)$ (Σχ.9) ἐκτεταμένη εἰς



(Σχ.9)

τὸν χρόνον t_n διαρκείας τοῦ σεισμοῦ, παρέχει τὴν δίαιταν μεταβολῆς τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τῆς μάζης m_0 , ἐκ σεισμοῦ. Τό ἐπί μήκους t_n , ἐμβαδόν τῆς μεταξύ τῆς καμπύλης $W(t)$ καί τοῦ ἄξονος t περικλειομένης ἐπιφανείας:

$$\int_0^{t_n} W(t) \cdot dt = (\Delta p)_0^{t_n} \quad (1)$$

ἔχει διάστασιν ἐνεργείας ἐπὶ χρόνον, ἥτοι διάστασιν δρᾶσεως καί παρίσταται διὰ $(\Delta p)_0^{t_n}$.

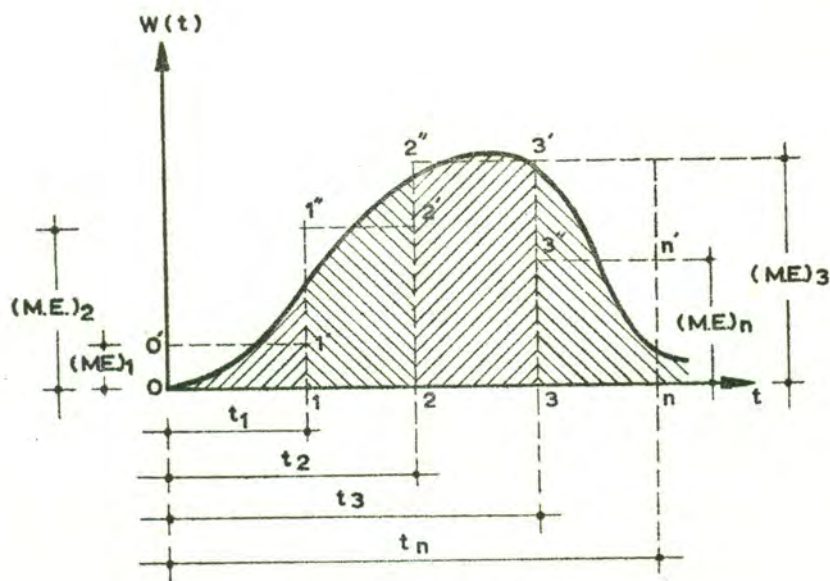
Εἶναι καθ' ἡμᾶς φανερόν καί ἀποτελεῖ τοῦτο τὴν θεμελιώδη εὐλόγον ὑπόθεσιν τῆς παρούσης ἐργασίας, ὅτι κατὰ τὴν ἀναζήτησιν τῆς ἐνεργειακῆς ἰσοδυναμίας τοῦ φυσικοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ πρὸς ἕτερον ὑποκατάστατον, ἔστω ἡμιτονικόν, ἐντός τοῦ χρονικοῦ διαστήματος t_n , δεσπύζον διατηρητέον μέγεθος δέν εἶναι πλέον στιγμιαία τις τιμὴ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας, ἀλλὰ πολλῷ μᾶλλον τὸ χρονικὸν ὁλοκλήρωμά της, δηλαδή ἡ δρᾶσις $(\Delta p)_0^{t_n}$, ἥτις ἐγκλείει συνδυασμὸν τῶν ἐννοιῶν ἐνεργείας καί χρόνου, δηλαδή συνδυασμὸν τιμῆς τῆς ἐνεργείας καί μεταβολῆς αὐτῆς ἐν χρόνῳ. Ἐάν τὴν δρᾶσιν $(\Delta p)_0^{t_n}$ διαιρέσωμεν διὰ τῆς διαρκείας t_n εἰς ἣν αὕτη ἀντιστοιχεῖ, ἀποκτῶμεν τὴν τεταγμένην τοῦ ὀρθογωνίου (ο ο'ήη), τοῦ ὁποίου τό ἐμβαδόν ἰσοῦται πρὸς ἐμβαδόν τοῦ διεγραμμισμένου χωρίου (Σχ.9), τὴν δέ τεταγμένην ταύτην ὀνομάζομεν "μέσην ἐνέργειαν" καί παριστῶμεν διὰ (M.E.), ἥτοι:

$$M.E. = \frac{\int_0^{t_n} W(t) \cdot dt}{t_n} = \frac{(\Delta p)_0^{t_n}}{t_n} \quad (2)$$

Εἶναι κατὰ ταῦτα, ὑπὸ τὴν θεσπιζομένην ἐνταῦθα ὀρολογίαν, "μέση ἐνέργεια" M.E. σεισμοῦ διαρκείας t_n , ἡ τιμὴ ἐκείνη τῆς ἐνεργείας ἥτις, πολλαπλασιαζομένη ἐπὶ τὴν διάρκειαν τοῦ σεισμοῦ t_n , παρέχει δρᾶσιν ἴσην ἀκριβῶς πρὸς τὴν πραγματικὴν δρᾶσιν τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος, τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὸ χρονικὸν διάστημα t_n .

Εάν, πέραν τῆς οὕτω προσδιορισθείσης, βάσει τῆς ἐξ. (2), μέσης ἐνεργείας τοῦ ὑποκαταστάτου ἡμιτονικοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ, θεσπισθῇ ἀκόμη ἰσότης τῶν μεγίστων ἐπιταχύνσεων φυσικοῦ καὶ ὑποκαταστάτου κραδασμοῦ ἐντὸς τοῦ διαστήματος t_n , τότε ὁ εἰρημένος ὑποκατάστατος ἡμιτονικός κραδασμός εἶναι, ὡς ἄλλωστε θά ἴδωμεν λεπτομερέστερον κατωτέρω, πλήρως καθωρισμένος.

Πρὸς βελτίωσιν τῆς ἀκριβείας τῆς ὑποκαταστάσεως χωρίζομεν τὴν διάρκειαν τοῦ σεισμοῦ t_n εἰς τμήματα $t_1, t_2 - t_1, t_3 - t_2, \dots$ βλ. (Σχ. 10), καὶ τὴν ὅλην δρᾶσιν ἀναλύομεν εἰς τὰς μερικὰς



(Σχ. 10)

ἐντὸς ἐκάστου τμήματος, ἥτοι:

$$(\Delta\rho)_0^{t_n} = \sum_{i=1}^n (\Delta\rho)_{t_{i-1}}^{t_i} = \sum_{i=1}^n \int_{t_{i-1}}^{t_i} W(t) dt \quad (3)$$

Τότε, δι' ἕκαστον τμήμα i ($i=1 + n$) ἀντιστοιχεῖ ἡ μέση ἐνέργεια:

$$(M.E.)_i = \frac{(\Delta\rho)_{t_{i-1}}^{t_i}}{t_i - t_{i-1}} \quad (4)$$

καὶ ἄρα ὁ ὑποκατάστατος ἡμιτονικός κραδασμός ἐκάστου τμήματος μέσης ἐνεργείας $(M.E.)_i$ καὶ μεγίστης ἐπιταχύνσεως ἴσης πρὸς τὴν φυσικὴν μεγίστην ἐπιτάχυνσιν τοῦ τμήματος.

Ἀντὶ ἑνὸς ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ δι' ὅλον κληρον τὸ τμήμα t_n ἔχομεν n ὑποκαταστάτους ἡμιτονικούς κραδασμούς, ἴσης δράσεως καὶ μεγίστης ἐπιταχύνσεως κατὰ τμήμα.

§3 Έκλογή Συστήματος Μονάδων

Είς τήν ακολουθοῦσαν μελέτην θά χρησιμοποιήσωμεν Μονάδας καί συμβολισμούς τοῦ Τεχνικοῦ Συστήματος Μονάδων (Τ.Σ.) ἢ M, K, * S.

Θεμελιώδεις Μονάδες:

μονάς μήκους : 1 μέτρον : μ ἢ m
 μονάς δυνάμεως : 1 χιλιόγραμμα βάρους : $\chi\gamma\rho^*$, kg^*
 μονάς χρόνου : 1 δευτερόλεπτον : $\delta\lambda\pi$, sec

Παράγωγοι Μονάδες:

Διά τήν εὔρεσιν τῶν παραγῶγων μονάδων ὡς ἐπίσης καί διά τήν ἀναγωγήν τῶν Μονάδων τοῦ Τ.Σ. εἰς αὐτάς τοῦ C.G.S., χρησιμοποιοῦμεν τόν ὀρισμόν: "Μονάς βάρους εἶναι τό χιλιόγραμμα βάρους ($\chi\gamma\rho^*$), ἥτοι τό βάρος, τό ὅποῖον ἔχει ἐν Παρισίοις (Sèvres) τό χιλιόγραμμα μάζης".

Ἡ μᾶζα εἰς τό Τ.Σ. ἐκφράζεται εἰς: $\frac{\chi\gamma\rho^*}{\mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}$

Ἐξ ὀρισμοῦ $1 \chi\gamma\rho^* = 1 \chi\gamma\rho \cdot 9,81 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$

Καί ἐπομένως ἡ μονάς μάζης τοῦ Τ.Σ. θά ἰσοῦται πρὸς: $\frac{1 \chi\gamma\rho \cdot 9,81 \cdot \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}{\mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}} = 9,81 \chi\gamma\rho$

1 μονάς μάζης Τ.Σ. = 9,81 $\chi\gamma\rho$

1 μονάς ἔργου Τ.Σ. = $1 \chi\gamma\rho^* \cdot 1\mu = 9,81 \cdot 10^7 \text{ ἔργ}$

1 μονάς δράσεως Τ.Σ. = $1 \chi\gamma\rho^* \cdot 1\mu \cdot 1\delta\lambda\pi = 9,81 \cdot 10^7 \text{ ἔργ} \cdot \delta\lambda\pi$

1 μονάς ἀνηγμένης δράσεως ($\frac{\Delta\rho\tilde{\alpha}\sigma\iota\varsigma}{m_0}$) Τ.Σ. = $\frac{1 \chi\gamma\rho^* \cdot 1\mu \cdot 1\delta\lambda\pi}{1 \frac{\chi\gamma\rho^*}{\mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}} = 1\mu^2 \cdot \delta\lambda\pi^{-1} (*)$

§4 Μαθηματική διατύπωσις τῆς "Δράσεως" ἐνός ἐδαφικοῦ κραδασμοῦ.

Ἐάν m_0 εἶναι, ὡς ἀνεφέρομεν, ἡ μᾶζα τῆς θεμελιώσεως ἡ συμμετέχουσα εἰς τό ἔργον τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ, ἡ κινητική ἐνέργεια αὐτῆς εἶναι:

$$W(t) = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot \dot{y}^2(t) \quad (5)$$

(*) Τήν εἰς τήν μονάδα μάζης ἀνηγμένην δρᾶσιν ($\Delta\rho\tilde{\alpha}\sigma\iota\varsigma/m_0$) καλοῦμεν ἀνηγμένην δρᾶσιν καί μετροῦμεν ἄρα εἰς $\mu^2/\delta\lambda\pi$.

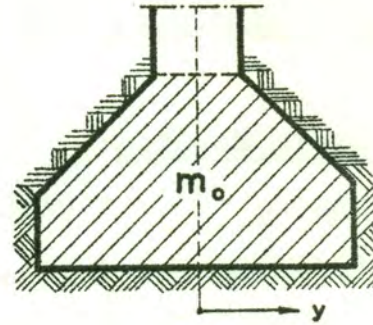
Ένθα $\dot{y}(t)$ ή ταχύτης τοῦ ἐδάφους καί τῆς μάζης m_0 ἐκ τοῦ σεισμικοῦ κραιδαμοῦ.

Ἡ " Δρᾶσις " τοῦ σεισμικοῦ κραιδαμοῦ δίδεται ὑπό τῆς σχέσεως:

$$\Delta\rho(t) = \int_0^t W(t) \cdot dt \quad (6)$$

ἢ τελικῶς

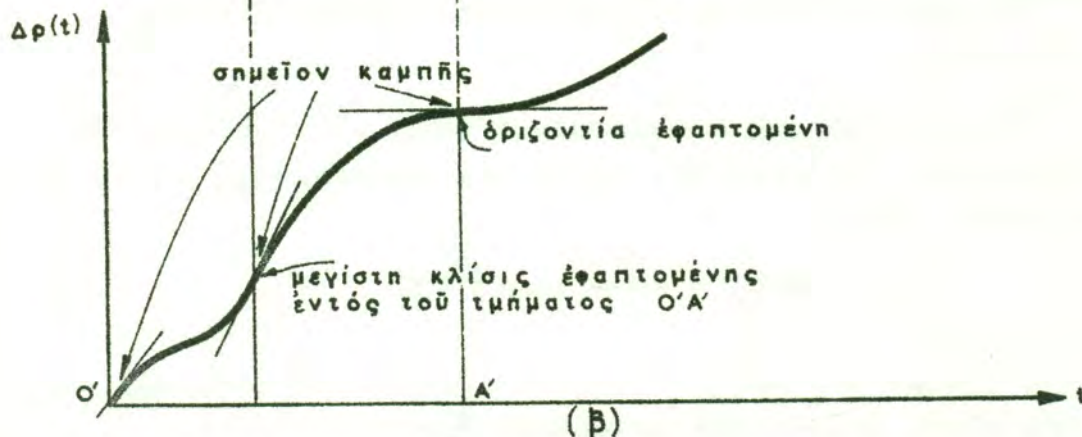
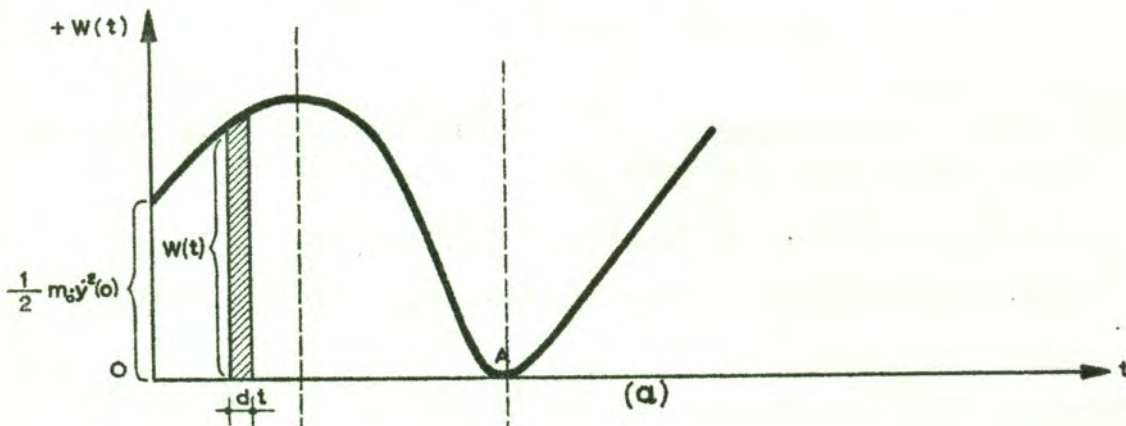
$$\Delta\rho(t) = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot \int_0^t \dot{y}^2(t) \cdot dt \quad (7)$$



(Σχ.11)

Διὰ τὴν προκαταρκτικὴν μελέτην τῆς συναρτήσεως $\Delta\rho(t)$ γράφομεν τὰς σχέσεις:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\rho(t) &= W(t) & (\alpha) \\ \dot{\Delta\rho}(t) &= \frac{dW(t)}{dt} = m_0 \cdot \ddot{y}(t) \cdot \dot{y}(t) & (\beta) \\ \ddot{\Delta\rho}(t) &= m_0 [\ddot{y}(t) \cdot \dot{y}(t) + \ddot{y}^2(t)] & (\gamma) \end{aligned} \right\} (8)$$



(Σχ.12)

Ἡ συνάρτησις $\Delta\rho(t)$ εἶναι ὑπὸ εὐρεῖαν ἔννοιαν αὐξουσα* ἐντὸς τοῦ διαστήματος $0 < t$, διότι ἡ πρώτη παράγωγος αὐτῆς $\dot{\Delta\rho}(t) = W(t) = \frac{1}{2} m_0 \cdot \dot{y}^2(t) \geq 0$.

Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ σεισμοῦ, $t = 0$, ἡ ἐδαφικὴ ἐπιτάχυνσις εἶναι μηδενικὴ, $\ddot{y}(0) = 0$ καὶ ἐκ τῆς (8,β), $\dot{\Delta\rho}(0) = 0$ ἐνῶ ἐκ τῆς (8,γ) $\ddot{\Delta\rho}(0) \neq 0$, ἄρα ἡ ἀρχὴ εἶναι σημεῖον καμπῆς** τῆς συναρτήσεως $\Delta\rho(t)$.

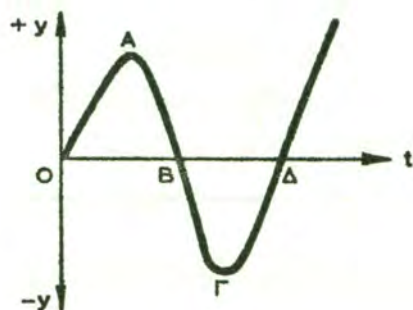
Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἡ $W(t)$ εἶναι μεγίστη, ἡ $\frac{dW(t)}{dt} = 0$, ἄρα ἐκ τῆς (8,β): $\dot{\Delta\rho}(t) = \dot{y}(t) \cdot \dot{y}(t) = 0$. Ἐπειδὴ $\dot{y}(t) \neq 0$ (λόγῳ τοῦ ὅτι $\max W(t) = \max \frac{1}{2} m_0 \cdot \dot{y}^2(t) \neq 0$), ἔπεται ὅτι ἡ $\ddot{y}(t) = 0$ ἐνῶ ἡ $\ddot{\Delta\rho}(t) \neq 0$, (λόγῳ τοῦ ὅτι $\ddot{y}(t) \neq 0$). Ἄρα ἡ συνάρτησις $\Delta\rho(t)$ καὶ εἰς τὴν θέσιν $\max W(t)$, ($\max \dot{y}(t)$), παρουσιάζει σημεῖον καμπῆς, ὡς ἐπίσης καὶ εἰς πᾶν σημεῖον ὅπου ἡ $\ddot{y}(t) = 0$, ἢ ἡ $\dot{y}(t) = 0$.

Εἰς τὰς θέσεις (ξ), ὅπου ἡ ἐπιτάχυνσις $\ddot{y}(\xi)$ εἶναι ἀντίθετος τῆς $\dot{y}(\xi)$ τότε $\dot{\Delta\rho}(\xi) < 0$ καὶ ἡ συνάρτησις $\Delta\rho(t)$ εἰς τὸ σημεῖον ἐκεῖνο στρέφει τὰ κοῖλα πρὸς τὰ κάτω*, ἐνῶ εἰς θέσεις ὅπου αἱ $\ddot{y}(\xi)$ καὶ $\dot{y}(\xi)$ εἶναι ὁμόσημοι, $\dot{\Delta\rho}(\xi) > 0$ καὶ ἄρα στρέφει τὰ κοῖλα πρὸς τὰ ἄνω.

* "Ἄν ὑπάρχη [6] ἡ $\sigma'(x)$ εἰς τὸ $a < x < \beta$, τότε ἀναγκαῖα καὶ ἱκανὴ συνθήκη διὰ νὰ εἶναι ἡ $\sigma(x)$ αὐξουσα ὑπὸ εὐρεῖαν ἔννοιαν εἰς αὐτὸ εἶναι $\sigma'(x) \geq 0$ ".

** "Ἄν ὑπάρχη [6] ἡ τρίτη παράγωγος εἰς τὴν θέσιν ξ καὶ εἶναι $\sigma''(\xi) = 0$, $\sigma'''(\xi) \neq 0$ τότε τὸ (ξ, $\sigma(\xi)$) εἶναι σημεῖον καμπῆς".

*** "Ἄν ὑπάρχη [6] ἡ δευτέρα παράγωγος εἰς τὴν θέσιν ξ καὶ εἶναι $\sigma''(\xi) > 0$, τότε ἡ γραμμὴ γ εἰς τὸ ξ στρέφει τὰ κοῖλα πρὸς τὰ ἄνω, ἂν εἶναι $\sigma''(\xi) < 0$, τότε ἡ γ στρέφει τὰ κοῖλα πρὸς τὰ κάτω".



Π.χ. εἰς τὰς θέσεις OA, BΓ ἡ συνάρτησις $\Delta\rho(t)$ θά στρέφῃ τὰ κοῖλα πρὸς τὰ κάτω ἐνῶ εἰς τὰς θέσεις AB, ΓΔ ἀντιθέτως.

§ 5α Προσδιορισμός της "Δράσεως" ήμιτονικής μορφής έδαφικού κραδασμοῦ.

"Εστω ό ήμιτονικός κραδασμός της μορφής:

$$\left. \begin{aligned} y &= a \cdot \eta \mu \beta t & (\alpha) \\ \dot{y} &= a \cdot \beta \cdot \sigma \upsilon \nu \beta t & (\beta) \\ \ddot{y} &= -a \cdot \beta^2 \cdot \eta \mu \beta t & (\gamma) \end{aligned} \right\} (9)$$

Δι' άντικαταστάσεως της y έν της σχέσεως (9,β) είς την σχέσηιν (7) λαμβάνομεν κατόπιν διαιρέσεως διά m_0 :

$$\begin{aligned} \frac{\Delta p(t)}{m_0} &= \frac{a^2 \cdot \beta^2}{2} \cdot \int_0^t \sigma \upsilon \nu 2\beta t \cdot dt = \frac{a^2 \cdot \beta}{2} \cdot \int_0^t \sigma \upsilon \nu 2\beta t \cdot d\beta t = \\ &= \frac{a^2 \cdot \beta}{2} \cdot \left(\frac{1}{4} \eta \mu 2\beta t + \frac{\beta \cdot t}{2} \right) \end{aligned}$$

Άρα:

$$\frac{\Delta p(t)}{m_0} = \frac{1}{8} \cdot a^2 \cdot \beta \cdot \eta \mu 2\beta t + \frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot t \quad (10)$$

Τό πρόβλημα,τό όποϊον τίθεται είναι νά προσδιορίσωμεν τά στοιχεΐα a_i καί β_i όταν δίδωνται αί τιμαί E_i καί $\Delta p(t_i)/m_0$ έν τών σχέσεων:

α) Μεγίστης σεισμικής έπιταχύνσεως : $a_i \cdot \beta_i^2 = E_i$
 β) Δράσεως τοῦ σεισμοῦ: $\frac{1}{8} \cdot a_i^2 \cdot \beta_i \cdot \eta \mu 2\beta_i t_i + \frac{1}{4} \cdot a_i^2 \cdot \beta_i^2 \cdot t_i = \frac{\Delta p(t_i)}{m_0}$ } (11)
 ένθα t_i ώρισμένον.

Π ρ ό τ α σ ι ς

Κατωτέρω θά αποδείξωμεν ότι τά όμοια δεσπόζοντα σεισμο-γραφήματα ανάγονται είς όμοίους ήμιτονικούς κραδασμούς,ήτοι της αύτης συχνότητος καί διαφορετικῶν ήμιευρών.

Συν.σημ.

ΟΑ	ΑΒ
$y > 0$ συνάρτησις αύξουσα	$y > 0$ συνάρτησις φθίνουσα
$\dot{y} > 0$ " φθίνουσα	$\dot{y} < 0$ " αύξ. = φθίνουσα
$\ddot{y} < 0$ Δρ (ξ) < 0 ∴ 	$\ddot{y} < 0$ Δρ (ξ) > 0 ∴ 
ΒΓ	ΓΔ
$y < 0$ συνάρτ. αύξ. = φθίνουσα	$y < 0$ συνάρτ. φθίνουσα = αύξουσα
$\dot{y} < 0$ " φθιν. = αύξουσα	$\dot{y} > 0$ " αύξουσα
$\ddot{y} > 0$ Δρ (ξ) < 0 ∴ 	$\ddot{y} > 0$ Δρ (ξ) > 0 ∴ 

"Εστω Σ_A ἓν δεσπόζον σειсмоγράφημα καί Σ_B ἓν ὅμοιον του*, δηλαδή προελθόν ἀπό τήν ἰδίαν ἐστίαν, ληφθέν καί καταγραφέν εἰς τοὺς σειсмоγράφους τοῦ αὐτοῦ σταθμοῦ παρατηρήσεως, πού κατεγράφη τό Σ_A . "Εστω K ἡ σταθερά σχέσις μεταξύ τῶν ἡμιευρῶν ε_A τοῦ Σ_A καί ε_B τοῦ Σ_B .

Θά ἔχωμεν ἐπομένως:

$$\varepsilon_A = K \cdot \varepsilon_B \quad (12, \alpha)$$

καί διά τὰς ταχύτητας

$$v_A = K \cdot v_B \quad (12, \beta)$$

ἄρα θά ἰσχύη ἡ σχέσις:

$$\frac{\Delta\rho(t)_A}{m_0} = K^2 \cdot \frac{\Delta\rho(t)_B}{m_0} \quad (12, \gamma)$$

διά τὰς ἐπιταχύνσεις γ θά ἰσχύη ἡ σχέσις:

$$\gamma_A = K \cdot \gamma_B \quad (12, \delta)$$

"Εστω τό χρονικόν διάστημα $0 + t$, ἐντός τοῦ ὁποίου θά προσδιορίσωμεν τὰς παραμέτρους α καί β τοῦ ἰσοδυναμοῦ ἡμιτονικοῦ κρᾶδασμοῦ. Συμφώνως πρός τὰς τεθείσας ἐν ἀρχῇ (σελ. 13) συνθήκας ἰσοδυναμίας ἔχομεν τὰς σχέσεις διά τό Σ_A :

$$\alpha_A \cdot \beta_A^2 = \gamma_A$$

$$\text{καί} \quad \left. \begin{aligned} &\frac{1}{8} \cdot \alpha_A^2 \cdot \beta_A \cdot \eta\mu(2\beta_A \cdot t) + \frac{1}{4} \cdot \alpha_A^2 \cdot \beta_A^2 \cdot t = \frac{\Delta\rho(t)_A}{m_0} \end{aligned} \right\} (13, \alpha)$$

ἐνῶ διά τό Σ_B :

$$\alpha_B \cdot \beta_B^2 = \gamma_B$$

$$\left. \begin{aligned} &\frac{1}{8} \cdot \alpha_B^2 \cdot \beta_B \cdot \eta\mu(2\beta_B \cdot t) + \frac{1}{4} \cdot \alpha_B^2 \cdot \beta_B^2 \cdot t = \frac{\Delta\rho(t)_B}{m_0} \end{aligned} \right\} (13, \beta)$$

Αἱ τιμαί γ_A , $\Delta\rho(t)_A/m_0$ καί γ_B , $\Delta\rho(t)_B/m_0$ εἶναι γνωσταί. Ἐκ τῶν σχέσεων (13, α) καί (13, β) δυνάμει τῶν (12, δ) καί (12, γ)

* "Ἡ ὁμοιότης [7] τούτων ὀφείλεται εἰς τοὺς ἐξῆς λόγους: 1) Εἰς τήν αὐτὴν ἐστίαν εἶναι φυσικόν νά λαμβάνουν χώραν ἐπὶ μακρόν χρόνον τὰ αὐτὰ φαινόμενα. 2) Τὰ σεισμικά κύματα ἀκολουθοῦν πάντοτε τόν αὐτόν δρόμον* ἐπομένως ὑφίστανται κατ'ἀνάγκην τὰς αὐτάς ἐπιδράσεις".

Έχομεν ἀντιστοίχως τάς:

$$a_A \cdot \beta_A^2 = K \cdot a_B \cdot \beta_B^2$$

(α)

$$\begin{aligned} \text{καί} \quad & \frac{1}{8} \cdot a_A^2 \cdot \beta_A \cdot \eta \mu(2\beta_A \cdot t) + \frac{1}{4} \cdot a_A^2 \cdot \beta_A^2 \cdot t = \\ & = K^2 \cdot \frac{1}{8} \cdot a_B^2 \cdot \beta_B \cdot \eta \mu(2\beta_B \cdot t) + K^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot a_B^2 \cdot \beta_B^2 \cdot t \end{aligned}$$

(14)

(β)

Ἡ σχέσις (14β) ἐφ' ὅσον ἰσχύει διὰ πᾶσαν τιμὴν τοῦ t , εἶναι ταυτότης. Ἀρα ἰσχύουν αἱ:

$$\frac{1}{4} \cdot a_A^2 \cdot \beta_A^2 = K^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot a_B^2 \cdot \beta_B^2 \quad (15\alpha)$$

καί

$$\frac{1}{8} \cdot a_A^2 \cdot \beta_A \cdot \eta \mu(2\beta_A \cdot t) = K^2 \cdot \frac{1}{8} \cdot a_B^2 \cdot \beta_B \cdot \eta \mu(2\beta_B \cdot t) \quad (15\beta)$$

Λόγῳ τῆς ταυτότητος τῆς (15,β) ἔχομεν:

$$\frac{1}{8} \cdot a_A^2 \cdot \beta_A = K^2 \cdot \frac{1}{8} \cdot a_B^2 \cdot \beta_B \quad (15\gamma)$$

καί

$$\boxed{\beta_A = \beta_B} \quad (15\delta)$$

Ἡ (15,γ) δυνάμει τῆς (15,δ) δίδει

$$\boxed{a_A = K \cdot a_B} \quad (15\epsilon)$$

ταυτοχρόνως δέ πληροῦνται αἱ σχέσεις (14α) καί (15α).

§ 5β Σύνθεσις τῶν πινάκων ἀναγωγῆς

Ἐπειδὴ ἡ ἀναζήτησις ἐκ τῆς ἐξισώσεως (11) τῶν ἐκάστοτε ζητουμένων στοιχείων δυσχεραίνει τὴν ὑπ' ὅφιν ἀντικατάστασιν, δίδομεν εἰς πίνακας * ὑπὸ μορφήν διαγραμμάτων ὅλας τὰς τιμὰς τοῦ μεγέθους $\Delta r(t)/m_0$, διὰ πᾶσαν πιθανὴν περίπτωσιν συνδυασμοῦ τῶν τιμῶν τῶν στοιχείων a καί β .

Ἡ χρονικὴ διάρκεια ἐνός σεισμικοῦ κραδασμοῦ κατὰ τὴν ὁποῖαν παρατηροῦνται αἱ ὑψηλότεραι τιμαὶ τῶν ἐδαφικῶν ἐπιταχύνσεων, σπανίως ὑπερβαίνει τὰ 10 δλπ* διὰ τὸ χρονικόν δέ τοῦτο διάστημα ὑπολογίζομεν τὴν συνάρτησιν $\Delta r(t)/m_0$ ἐκ τῆς ἐξισώσεως (10).

Διὰ τῶν ὑπ' ὅφιν πινάκων ἀποσκοποῦμεν ὅπως ὑπολογίζωμεν ἀμέσως τὰ χαρακτηριστικὰ a καί β τῶν ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κραδα-

* βλ. παράρτημα σελ. 63

σμών, συναρτήσει της μεγίστης επιταχύνσεως και της αντιστοιχούσης τιμής της $\Delta\rho(t)/m_0$ διά πᾶν t ἐντός τοῦ διαστήματος 0 ἕως 10δλπ.

Ἐκαστος ἐξ αὐτῶν τῶν πινάκων ἀναφέρεται εἰς μίαν ὠρισμένην ἑδαφικήν μεγίστην ἐπιτάχυνσιν ($a\beta^2$), ἡ ὁποία καί τίθεται ὡς ἐνδεικτικόν ἐπὶ τοῦ πίνακος. Αἱ διαφορετικαὶ αὗται τιμαὶ τῶν ἑδαφικῶν ἐπιταχύνσεων, ἰσάριθμοι πρὸς τοὺς πίνακας, ἔχουν οὕτω:

$a\beta^2 = 2,80 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 1,40 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	} (16, α)
$a\beta^2 = 2,60 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 1,20 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	
$a\beta^2 = 2,40 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 1,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	
$a\beta^2 = 2,20 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 0,80 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	
$a\beta^2 = 2,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 0,60 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	
$a\beta^2 = 1,80 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 0,40 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	
$a\beta^2 = 1,60 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	$a\beta^2 = 0,20 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$	

Εἰς ἕκαστον πίνακα δίδομεν τὰς παραστάσεις τῆς συναρτήσεως $\Delta\rho(t)/m_0$, δι' ἐκάστην τῶν ἐξῆς τιμῶν τῶν κυκλικῶν συχνοτήτων (ἐντός παρενθέσεως σημειοῦνται αἱ ἀντίστοιχοι περίοδοι $T=2\pi/\beta$)

$\beta_1 = 3,927 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_1 = 1,6 \delta\lambda\pi)$	} (16, β)
$\beta_2 = 4,488 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_2 = 1,4 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_3 = 5,236 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_3 = 1,2 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_4 = 6,283 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_4 = 1,0 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_5 = 6,981 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_5 = 0,9 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_6 = 7,854 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_6 = 0,8 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_7 = 8,976 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_7 = 0,7 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_8 = 10,472 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_8 = 0,6 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_9 = 12,566 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_9 = 0,5 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_{10} = 15,708 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_{10} = 0,4 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_{11} = 17,952 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_{11} = 0,35 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_{12} = 20,944 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_{12} = 0,30 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_{13} = 25,133 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_{13} = 0,25 \delta\lambda\pi)$	
$\beta_{14} = 31,416 \delta\lambda\pi^{-1}$	$(T_{14} = 0,20 \delta\lambda\pi)$	

"Απασαι αὐτὲς ὡς ἄνω συναρτήσεις $\Delta\rho(t)/m_0$, "ὑπελογίσθησαν" ὑπὸ τοῦ ἀναλογικοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ καὶ "ἐσχεδιάσθησαν" ὑπὸ τῆς αὐτομάτου ἠλεκτρονικῆς καταγραφικῆς συσκευῆς αὐτοῦ. Κατωτέρω ἐν συντομίᾳ παραθέτομεν τὸ σχετικὸν πρόγραμμα:

§ 5γ. Πρόγραμμα τοῦ 'Αναλογικοῦ 'Ηλεκτρονικοῦ 'Υπολογιστοῦ διὰ τὴν γραφικὴν παράστασιν τῶν συναρτήσεων $\Delta\rho(t)/m_0$ τῶν ἡμιτονικῶν κραδασμῶν.

Ἐστω $\varphi(t)$ ἡ συνάρτησις:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \frac{1}{32} \cdot \frac{a^2}{\beta} \cdot \eta\mu 2\beta t & (\alpha) \\ \dot{\varphi}(t) &= + \frac{1}{16} \cdot a^2 \cdot \sigma\upsilon\nu 2\beta t & (\beta) \\ \ddot{\varphi}(t) &= - \frac{1}{8} \cdot a^2 \cdot \beta \cdot \eta\mu 2\beta t & (\gamma) \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \varphi(t) \\ \dot{\varphi}(t) \\ \ddot{\varphi}(t) \end{aligned}} \right\} (17)$$

Ἄρα:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}(t) &= -4\beta^2 \cdot \varphi(t) & (\alpha) \\ \text{διὰ } t=0 : \dot{\varphi}(0) &= + \frac{1}{16} \cdot a^2 & \\ \text{καὶ } \ddot{\varphi}(0) &= 0 & (\beta) \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \ddot{\varphi}(t) \\ \dot{\varphi}(0) \\ \ddot{\varphi}(0) \end{aligned}} \right\} (18)$$

Ἡ $\Delta\rho(t)/m_0$ παρατηροῦμεν ἐκ τῆς σχέσεως (10) ὅτι ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἡμιτονικῆς $-\ddot{\varphi}(t)$ τῆς σχέσεως (17,γ) καὶ τοῦ $\frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot t$. Ἡ μὲν ἡμιτονικὴ συνάρτησις $-\ddot{\varphi}(t)$ παράγεται τῇ βοηθείᾳ τῆς διαφορικῆς ἐξισώσεως (18,α): $\ddot{\varphi}(t) = -4\beta^2 \cdot \varphi(t)$ ὁ δὲ προσθετέος $\frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot t$ δι' ἐνὸς ὁλοκληρωτοῦ ὑπὸ συντελεστὴν $\frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2$. Οἱ δύο οὗτοι ὅροι μέσφ ἐνὸς ἀθροιστοῦ δίδουν τὴν ζητούμενην συνάρτησιν $\Delta\rho(t)/m_0$.

Κατὰ τὸν προγραμματισμὸν τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ διακρίνομεν δύο βασικὰς περιπτώσεις: πρῶτον, ὅταν $2\beta < 10,0 \text{ δλπ}^{-1}$ καὶ δεύτερον, ὅταν $10 \text{ δλπ}^{-1} \leq 2\beta < 100 \text{ δλπ}^{-1}$. Κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν δέν ἀπαιτεῖται "κλιμάκωσις χρόνου" (time scaling), ἐνῶ κατὰ τὴν δευτέραν περίπτωσιν αὕτη εἶναι ἀπαραίτητος, λόγφ τῆς ἀπαιτουμένης μεγάλης μεγεθύνσεως (gain) κατὰ $4\beta^2$ ($100 \leq 4\beta^2 < 10.000$) τοῦ σήματος $\varphi(t)$ ἵνα παραχθῇ τὸ σῆμα $\ddot{\varphi}(t)$, ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ κυκλώματος τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ. Εἰς τὰ κατωτέρω δύο τυπικὰ κυκλώματα δεικνύονται αἱ περιπτώσεις:

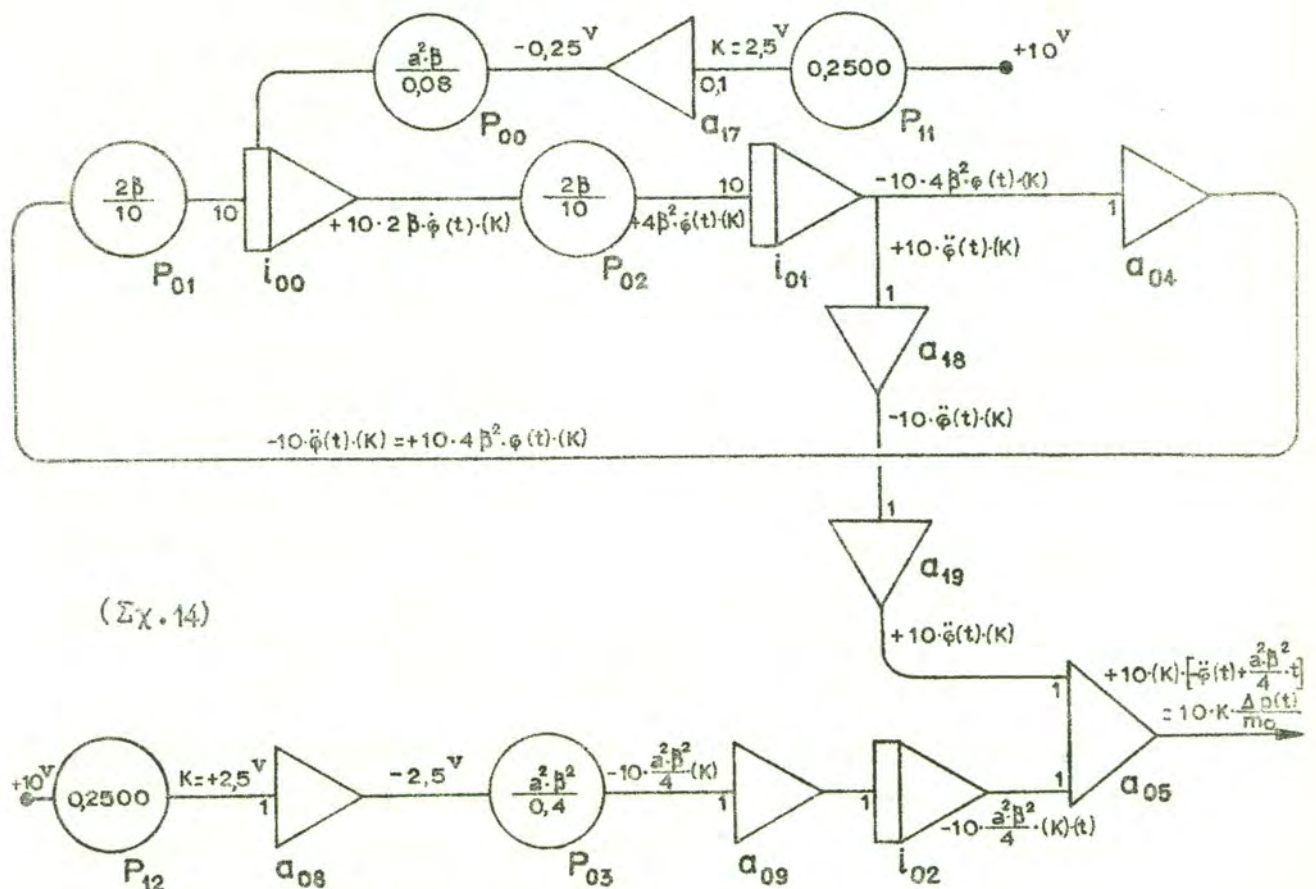
Π ρ ὧ τ ο ν, ἄνευ κλιμακώσεως χρόνου (Σχ.14) ἀναφερόμενον εἰς τὰ ἀριθμητικὰ δεδομένα τοῦ 8ου πίνακος καὶ διὰ $T_1 = 1,6 \text{ δλπ}$.

Δ ε ύ τ ε ρ ο ν, μετά κλιμακώσεως χρόνου (Σχ.15) αναφερόμενον εις τὰ δεδομένα τοῦ αὐτοῦ πίνακος, ἀλλὰ διὰ $T_8 = 0,6$ δλπ.

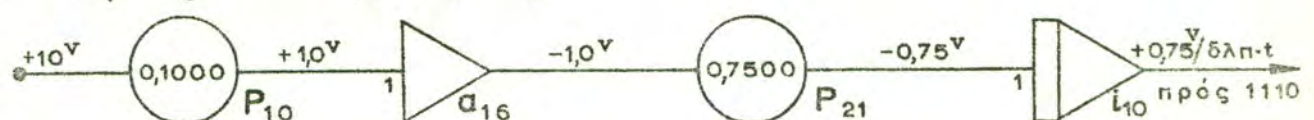
Κατὰ τόν γενόμενον προγραμματισμόν τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ ὅλαι αἱ περιπτώσεις ὑπολογισμοῦ τῶν συναρτήσεων $\Delta p(t)/m_0$ ὑπῆχθησαν εἰς τό τυπικόν κύκλωμα τοῦ (Σχ.14), διὰ καταλλήλου ἀλλαγῆς ἐκτός τῶν τιμῶν τῶν ποτενσιομέτρων, καί τῶν συντελεστῶν τῶν διαφόρων ἀθροιστῶν καί ὁλοκληρωτῶν. Ἐκ παραλλήλου κατεβλήθη προσπάθεια, ὅπως τὰ κυκλοφοροῦντα σήματα εἶναι τὰ μέγιστα δυνατά καί ὅπως ἐξυπηρετηθοῦν αἱ "σχεδιαστικά" ἀπαιτήσεις, ὡς π.χ. τό νά ἔχωμεν τήν μεγαλυτέραν δυνατήν ἀκρίβειαν καί εὐχέρειαν κατὰ τήν ἐκτίμησιν τῶν τιμῶν ἐκ τῶν γραφικῶν παραστάσεων τῶν ὑπολογιζομένων συναρτήσεων $\Delta p(t)/m_0$.

Εἰς τὰ σχετικά ὑπομνήματα αἰτιολογοῦνται αἱ τεθεῖσαι τιμαί εἰς τὰ ποτενσιόμετρα, ἀθροιστάς καί ὁλοκληρωτάς, τῶν ἀντιστοιχῶν κυκλωμάτων.

1η Περίπτωσης ἄνευ "κλιμακώσεως χρόνου" ($2\beta < 10$ δλπ⁻¹)



Κίνησις καταγραφῆς 1110 :



Υπομνημα

Διδόμενα στοιχεῖα : Πίναξ 8ος, $a \cdot \beta^2 = 1,6 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$
περίπτωσης 1η, $T = 1,6 \delta\lambda\pi$

Υπολογιζόμενα στοιχεῖα:

$$\beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{1,6} = 3,927 \delta\lambda\pi^{-1}, 2\beta = 7,854 \delta\lambda\pi^{-1}$$

$$a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{1,6}{15,421} = 103,755 \cdot 10^{-3} \mu, a^2 = 1,0765 \cdot 10^{-2} \mu^2$$

$$\frac{a^2 \cdot \beta}{8} = \frac{1,0765 \cdot 3,927}{8} \cdot 10^{-2} \mu^2 \cdot \delta\lambda\pi^{-1} = 0,52843 \cdot 10^{-2} \mu^2 \cdot \delta\lambda\pi^{-1}$$

$$\frac{a^2 \cdot \beta^2}{4} = \frac{1,0765 \cdot 15,421}{4} \cdot 10^{-2} \mu^2 \cdot \delta\lambda\pi^{-2} = 4,15018 \cdot 10^{-2} \mu^2 \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$$

Καθορισμός κλιμάκων υπολογιζομένων μεγεθών:

Εἰς χρόνον t περίπου ἴσον πρὸς 10 $\delta\lambda\pi$, (ἀκριβέστερον ὅπου τὸ $\eta\mu 2\beta t = 1$) ἡ τιμὴ τῆς $\Delta\rho(t)/m_0$ ἐκ τῆς σχέσεως (10) εἶναι:

$$\frac{\Delta\rho(t \approx 10)}{m_0} = \frac{1}{8} \cdot a^2 \cdot \beta + \frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot 10 = 0,5284 \cdot 10^{-2} + 0,41502 =$$

$$= 0,4203 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0).$$

Ἐπειδὴ ἡ τιμὴ αὕτη εἶναι μικρά, μετρουμένη εἰς Volt, ὑπολογίζομεν τὸ 10-πλάσιον τῆς συναρτήσεως $\Delta\rho(t)/m_0$. Ἄρα ἐκ τοῦ ἀθροιστοῦ α_{05} εἰς τὰ 10 περίπου δευτερόλεπτα ἀπὸ τῆς ἐνάρξεως λειτουργίας τοῦ υπολογιστοῦ θὰ λάβωμεν ὡς μεγίστην ἔνδειξιν τὰ 4,203^V.

Κατὰ τὴν καταγραφὴν ἐπιθυμοῦμεν ὅπως εἰς τὰ 10 περίπου δευτερόλεπτα ἡ γραφικὴ παράστασις τῆς $10 \cdot \Delta\rho(t)/m_0$ φθάσῃ τὴν μεγίστην δυνατὴν τεταγμένην, ἥτοι 20 ἐκ.

Ἡ καταγραφικὴ συσκευὴ διαθέτει τὰς κλίμακας τεταγμένων "Pen Scale" 0,05^V/ἐκ, 0,1^V/ἐκ, 0,5^V/ἐκ, 1^V/ἐκ.....

Ἐκλέγομεν τὴν 0,5^V/ἐκ = 2 ἐκ/V. Ἐπομένως ἐκ τοῦ α_{05} πρέπει νὰ παραχθοῦν 10 Volt ἀντὶ τῶν 4,203^V, διὰ νὰ ἔχωμεν τεταγμένην : $10^V \times 2 \text{ ἐκ/V} = 20 \text{ ἐκ}$. Ἄρα πολ/μεν τὰς ἀρχικὰς συνθήκας ἐπὶ τὴν κλίμακα $K = 2,5$ ($4,2^V \times 2,5 \approx 10^V$) καὶ τὰ ὑπολογιζόμενα μεγέθη εἶναι τὰ $10 \cdot K$ -πολλαπλάσια τῶν πραγματικῶν.

Διὰ τῶν ποτενσιομέτρων P_{11} καὶ P_{12} εἰσάγεται ἡ κλίμαξ "K" εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ (Σχ.14).

Αρχικαί συνθήκαι ολοκληρωτοῦ i_{00} :

$$10 \cdot 2\beta \cdot \dot{\phi}(0) \cdot (K) = 10 \cdot 2\beta \cdot \frac{1}{16} \cdot a^2 \cdot (K) = \frac{a^2 \cdot \beta}{0,8} \cdot (K) = \\ = \frac{a^2 \cdot \beta}{0,08} \cdot 10^{-1} \cdot (K)$$

Θέτομεν τιμήν $P_{00} = a^2\beta/0,08 = 0,5284$, τήν ὁποίαν πολλαπλασιάζομεν ἐπὶ τήν τιμήν $10^{-1} \cdot (K)$.

Ἐἴσοδος ολοκληρωτοῦ i_{02} :

$$10 \cdot \frac{a^2 \cdot \beta^2}{4} \cdot (K) = \frac{a^2 \cdot \beta^2}{0,4} \cdot (K). \text{ Θέτομεν τιμήν } P_{03} = \frac{a^2 \cdot \beta^2}{0,4} = \\ = 0,4150 \text{ τήν ὁποίαν πολλαπλασιάζομεν ἐπὶ τήν τιμήν } (K).$$

Καθορισμός κινήσεως καταγραφῆς 1110:

Ἐπιθυμοῦμεν ὅπως ἡ ὀριζοντία προβολή τῶν καταγραφομένων καμπυλῶν ἔχῃ μέγιστον μήκος 15 ἐκ. Ἀρα ἡ ὀριζοντία ταχύτης τοῦ βραχίονος καταγραφῆς εἶναι $15\text{ἐκ}/10\text{δλπ} = 1,5\text{ἐκ}/\text{δλπ}$.

Ἐάν ἡ κλιμαξ τῆς καταγραφικῆς συσκευῆς "Arm Scale" τεθῇ εἰς τήν θέσιν $0,5^V/\text{ἐκ} = 2\text{ἐκ}/V$, τότε θά ἔχωμεν διὰ τὰ ποτενσιόμετρα P_{10} καί P_{21} :

$$10 \times P_{10} \times P_{21} (V/\text{δλπ}) \times 2(\text{ἐκ}/V) = 1,5 \text{ ἐκ}/\text{δλπ}.$$

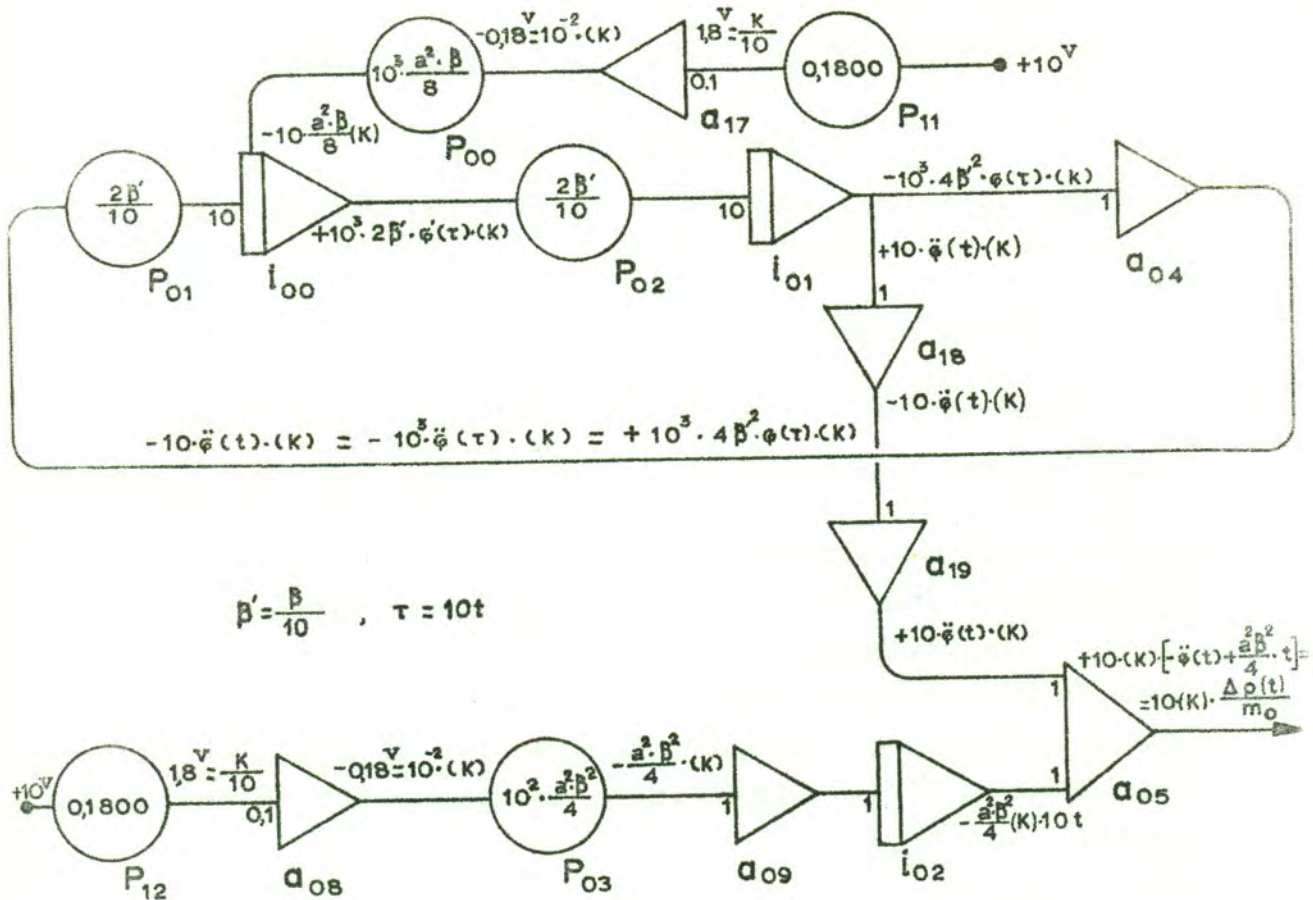
Ἐάν δέ $P_{10} = 0,1000$:

$$P_{21} = \frac{1,5}{2} = 0,7500$$

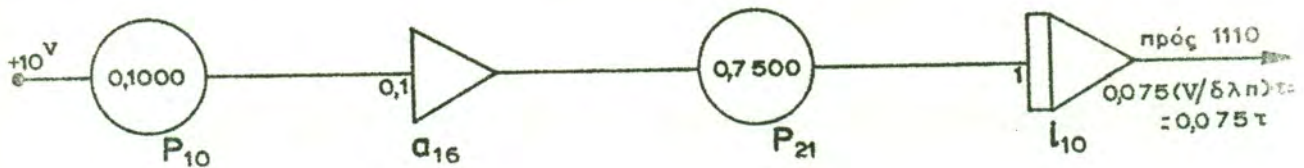
2α Περίπτωσης μετὰ "κλιμακώσεως χρόνου" ($10\delta\lambda\pi^{-1} \leq 2\beta < 100\delta\lambda\pi^{-1}$)

Ὅταν $2\beta > 10\delta\lambda\pi^{-1}$ ἤτοι $2\beta/10 > 1$, οἱ συντελεσταί τῶν ποτενσιομέτρων P_{01}, P_{02} τοῦ (Σχ.14) γίνονται μεγαλείτεροι τῆς μονάδος, τό πρόγραμμα τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ δέον, ὥς ἐλέχθη ἤδη, νά τροποποιηθῇ μέσω " κλιμακώσεως τοῦ χρόνου ". Πρὸς τοῦτο εἰσάγεται νέα μεταβλητή χρόνου $\tau = 10t$, ὅποτε $\beta = 2\pi/t = (2\pi/\tau) \cdot 10 = 10 \cdot \beta'$ ($\beta' = 2\pi/\tau$) καί ἐπίσης $dt = d\tau/10$, $dt^2 = d\tau^2/10^2$.

Ἡ διαφορική ἐξίσωσις (18,α), ἥτοι $\ddot{\phi}(t) = -4 \cdot \beta^2 \cdot \phi(t)$ μετασχηματίζεται εἰς τήν $10^2 \cdot \ddot{\phi}(\tau) = -4 \cdot 10^2 \cdot \beta'^2 \cdot \phi(\tau)$ ἢ μετὰ 10-πλασιασμόν καί περαιτέρω πολλαπλασιασμόν ἐπὶ τήν σταθεράν K , εἰς τήν $10^3 \cdot \ddot{\phi}(\tau) \cdot K = -4 \cdot 10^3 \cdot \beta'^2 \cdot \phi(\tau) \cdot K$. Κατὰ τὰ λοιπά ἰσχύει πρόγραμμα ἐντελῶς ἀνάλογον πρὸς τό τοῦ (Σχ.14).



Κίνησις καταγραφής 1110 :



(Σχ.15)

Υπομνημα

Διδόμενα στοιχεΐα : Πίναξ 8ος, $a \cdot \beta^2 = 1,6 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
περίπτωσης 8η, $T = 0,6 \delta \lambda \pi$

Υπολογιζόμενα στοιχεΐα:

$$\beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,6} = 10,472 \delta \lambda \pi^{-1}, 2\beta = 20,944 \delta \lambda \pi^{-1}$$

$$a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{1,6}{109,663} = 1,4590 \cdot 10^{-2} \mu$$

$$\frac{a^2 \cdot \beta}{8} = \frac{1,459^2 \cdot 10,472}{8} \cdot 10^{-4} \mu^2 \cdot \delta \lambda \pi^{-1} = 2,7864 \cdot 10^{-4} \mu^2 \cdot \delta \lambda \pi^{-1}$$

$$\frac{a^2 \cdot \beta^2}{4} = \frac{1,459^2 \cdot 109,663}{4} \cdot 10^{-4} \mu^2 \cdot \delta \lambda \pi^{-2} = 58,359 \cdot 10^{-4} \mu^2 \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$$

Καθορισμός κλιμάκων υπολογιζομένων μεγεθών:

Επειδή υπάγεται είς τόν αὐτόν (8ον) πίνακα μετά τῆς πρώτης περιπτώσεως, υπολογίζομεν καί ἐνταῦθα τό 10-πλάσιον τῆς συναρτήσεως $\Delta\rho(t)/m_0$. Εἰς χρόνον t περίπου ἴσον πρός 10 $\delta\lambda\pi$ (καί μάλιστα ὅπου τό $\eta\mu 2\beta t = 1$) ἡ τιμή τῆς $\Delta\rho(t)/m_0$ ἐκ τῆς σχέσεως (10) θά εἶναι:

$$10 \cdot \frac{\Delta\rho(t \cong 10)}{m_0} = \frac{10}{8} \cdot a^2 \cdot \beta + \frac{10}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot 10 = 2,7864 \cdot 10^{-3} + 58,359 \cdot 10^{-2} = 58,638 \cdot 10^{-2} \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$$

Επειδή ἡ 8η περίπτωσις θά τοποθετηθῇ πρώτη εἰς τήν δευτέραν οἰκογένειαν καμπυλῶν (μέ περιόδους ἀπό $T_8 = 0,60 \delta\lambda\pi$ ἕως $T_{14} = 0,20 \delta\lambda\pi$), ἐπιθυμοῦμεν ὅπως εἰς τά 10 περίπου δευτερόλεπτα ἡ γραφική παράστασις τῆς συναρτήσεως $10 \cdot \Delta\rho(t)/m_0$ φθάσῃ τήν μεγίστην δυνατήν τεταγμένην ἥτοι 20 ἐκ.

Ἐκλέγοντες τήν κλίμακα τεταγμένων "Pen Scale" $0,5^V/\text{ἐκ} = 2\text{ἐκ}/V$ τῆς καταγραφικῆς συσκευῆς, ἐκ τοῦ ἀθροιστοῦ α_{05} πρέπει νά παραχθοῦν ὡς καί εἰς τήν πρώτην περίπτωσιν περίπου $10V_{01t}$ ἀντί τῶν $0,586^V$.

Ἄρα πολ/μεν τάς ἀρχικάς συνθήκας ἐπὶ τήν κλίμακα $K = 18 (0,586^V \times 18 \cong 10^V)$ καί ἐπομένως τά υπολογιζόμενα μεγέθη εἶναι τά 10·(K)-πολλαπλάσια τῶν ζητουμένων.

Μετά τούς ἀθροιστάς α_{17} καί α_{08} εἰσάγεται ἡ κλίμαξ $(K) \cdot 10^{-2}$.

Ἀρχικάί συνθήκαι ὁλοκληρωτοῦ i_{00} :

$$10^3 \cdot 2\beta' \cdot \phi(t) \cdot (K) = 10^3 \cdot 2\beta' \cdot \frac{1}{10} \cdot \phi(t) \cdot (K) \text{ καί μέ } \beta' = \frac{\beta}{10},$$

$$\phi(t)_{t=0} = \frac{a^2}{16} \text{ ἡ ἀρχική συνθήκη γίνεται:}$$

$$10^3 \cdot 2\beta' \cdot \phi(0) \cdot (K) = 10^3 \cdot 2 \cdot \frac{\beta}{10} \cdot \frac{a^2}{10 \cdot 16} \cdot (K) = 10 \frac{a^2 \cdot \beta}{8} \cdot (K) =$$

$$= 0,27864 \cdot 10^{-2} \cdot (K) \quad (\alpha)$$

Εἰς P_{00} θέτομεν τιμήν $P_{00} = \frac{a^2 \cdot \beta}{8} \cdot 10^3 = 0,2786$, ἐπομένως δίδομεν ὡς ἀρχικάς συνθήκας τοῦ ὁλοκληρωτοῦ i_{00} :

$$(K) \cdot 10^{-2} \cdot \frac{a^2 \cdot \beta}{8} \cdot 10^3 = 10 \cdot \frac{a^2 \cdot \beta}{8} \cdot (K). \text{ 'Επειδή } \ddot{\phi}(\tau) \cdot (K) = \\ = 10^{-2} \cdot \ddot{\phi}(t) \cdot (K), \text{ ή } 10^2 \cdot [10 \cdot \ddot{\phi}(\tau) \cdot (K)] = 10 \cdot \ddot{\phi}(t) \cdot (K), \text{ είς} \\ \text{τόν άθροιστήν } \alpha_{05} \text{ εισέρχεται τό σήμα } 10 \cdot \ddot{\phi}(t) \cdot (K).$$

Ε Ί σ ο δ ο ς ολοκληρωτοῦ i_{02} :

$$10 \cdot \frac{a^2 \cdot \beta^2}{4} \cdot (K) = 0,58359 \cdot 10^{-1} \cdot (K) \mu^2 \cdot \delta \lambda \pi^{-2} \quad (\beta)$$

Διά νά ἔχωμεν παραλληλισμόν λειτουργίας τοῦ ολοκληρωτοῦ i_{02} μετά τῶν μονάδων παραγωγῆς τῆς ἡμιτονικῆς συναρτήσεως, αἱ ὁποῖαι ἐργάζονται ὑπό συνθήκας time scaling κατά 10 φορές βραδύτερον, θά πρέπει νά μειώσωμεν κατά 10 φορές τόν ὡς ἄνω διδόμενον ὑπό τῆς σχέσεως (β) συντελεστήν τοῦ ολοκληρωτοῦ i_{02} , ἥτοι: $0,58359 \cdot 10^{-2} \cdot (K) = (a^2 \cdot \beta^2 / 4) \cdot (K).$

Καί τοῦτο, διότι τά ἀποτελέσματα ἐκ τῶν ολοκληρωτῶν, τά ὁποῖα λαμβάνομεν μετά πάροδον t χρόνου ὅταν λειτουργοῦν οὗτοι ὑπό συνθήκας πραγματικοῦ χρόνου (t) εἶναι ἀκριβῶς τά αὐτά μετά τῶν ἀποτελεσμάτων, τά ὁποῖα ἔχομεν ὅταν οὗτοι λειτουργοῦν ὑπό συνθήκας time scaling κατά 10 φορές βραδύτερον ἀλλά εἰς χρόνον 10-πλάσιον τοῦ πραγματικοῦ ($\tau = 10t$). Τοῦτο σημαίνει ὅτι διά νά λειτουργήσῃ εἰς ολοκληρωτῆς ὑπό συνθήκας time scaling πρέπει πρό αὐτοῦ νά ἔχωμεν θέσει συντελεστήν 10^{-1} , ὁ ὁποῖος μειώνει κατά 10 τήν μεγέθυνσιν (gain) τῶν εἰσερχομένων σημάτων εἰς τόν ὑπ' ὄψιν ολοκληρωτήν. Πράγματι, ἔστω ὅτι ἔχομεν ἓν σήμα μ , τό ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τινά ολοκληρωτήν λειτουργοῦντα εἰς κανονικόν χρόνον. Μετά πάροδον t χρόνου θά λάβωμεν ἐκ τῆς ἐξόδου του τό σήμα $-\mu \cdot t$. 'Εάν ἐπιθυμοῦμεν ὁ ολοκληρωτής οὗτος νά λειτουργήσῃ ὑπό συνθήκας time scaling κατά 10 φορές βραδύτερον θά πρέπει νά εἰσαγάγωμεν τό σήμα $\mu \cdot \frac{1}{10}$ ἵνα μετά πάροδον $10t$ ἔχωμεν ἐκ τῆς ἐξόδου του ὁμοίως ὡς εἰς τήν πρώτην περίπτωσιν τό σήμα $-\mu \cdot t$.

Καθορισμός κινήσεως καταγραφέως 1110:

'Επιθυμοῦμεν ὡς εἰς τήν πρώτην περίπτωσιν ἡ ὀριζοντία προβολή τῶν καταγραφομένων καμπυλῶν νά ἔχῃ μῆκος 15 ἐκ εἰς τά 10 δλπ, τά ὁποῖα ἐνταῦθα λόγφ τοῦ time scaling κατά 10 φορές βραδύτερον γίνονται 100 δλπ, ἄρα ὀριζοντία ταχύτης καταγραφῆς 0,15 ἐκ/δλπ. 'Εάν δέ ἐκλέξωμεν τήν θέσιν $0,5^V / \epsilon \kappa = 2 \epsilon \kappa / V$ εἰς τήν κλίμακα ὀριζοντίας κινήσεως "Arm Scale" τοῦ βραχίονος τῆς καταγραφικῆς συσκευῆς, θά ἔχωμεν διά τάς τιμάς τῶν ποτενσιο-

μέτρων P_{10} και P_{21} τήν σχέσιν:

$$10 \times P_{10} \times P_{21} (V/\delta\lambda\pi) \times Z (εκ/V) = 0,15εκ/\delta\lambda\pi$$

$$\text{Εάν } P_{10} = 0,100 \quad , \quad P_{21} = 0,15/2 = 0,0750$$

Διά νά μή μεταβάλλεται ή τιμή τοῦ ποτενσιομέτρου P_{21} ἀπό τῆς 1ης περιπτώσεως εἰς τήν 2αν (ἄνευ ἢ μετά time scaling) θέτομεν τόν ἀθροιστήν α_{16} , ὁ ὁποῖος εὐχερέστατα λαμβάνει συντελεστήν ἀναλόγως 1 ἢ 0,1. Εἰς τήν προκειμένην περίπτωσιν λαμβάνε συντελεστήν 0,1 (Σχ.15).

Οἱ ἀθροισταί α_{18} καί α_{19} ἐτέθησαν διά τήν μείωσιν τῶν σημάτων $\dot{\varphi}(t) \cdot (K)$, ὅταν διά λόγους ἀκριβείας ὑπολογίζωμεν τό 10-πλάσιον ἢ 100-πλάσιον αὐτῶν εἰς τό κύκλωμα ἡμιτονικῆς παραγωγῆς των τοῦ (Σχ.15). Εἰς τήν προκειμένην περίπτωσιν τά σήματα $\dot{\varphi}(t) \cdot (K)$ εἶναι ἀρκούντως μεγάλα ὥστε δέν ἀπαιτεῖται ἐνίσχυσις αὐτῶν καί ἐπομένως οἱ συντελεσταί τῶν α_{18} καί α_{19} εἶναι ἴσοι πρὸς τήν μονάδα.

§ 6 Πρόγραμμα τοῦ Ἡλεκτρονικοῦ Ὑπολογιστοῦ πρὸς προσδιορισμόν τῆς τιμῆς τῆς $\Delta\rho(t)/m_0$ τοῦ τυχόντος ἐδαφικοῦ κραδασμοῦ.

Ἐστὼ ὅτι δίδεται τό σειсмоγράφημα μιᾶς σεισμικῆς δονήσεως ὑπὸ τήν μορφήν τοῦ ἐπιταχυνσιογραφήματος. Ἀφοῦ ἀκολουθήσωμεν τήν ἐν ἀρχῇ περιγραφεῖσαν τεχνικὴν διά τήν ἀνάπτυξιν τοῦ σειсмоγραφήματος ὥστε νά καταστῇ τοῦτο ἀναγνώσιμον ὑπὸ τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως συναρτήσεων, προκύπτει ἡ δέουσα ταχύτης ἀναγνώσεως ($v_{δέουσα}$), μέ τήν ὁποίαν πρέπει νά κινῆται ὀριζοντίως ὁ βραχίον τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως ἵνα ἀναπαραχθῇ ὁ σεισμικός κραδασμός, ὡς οὗτος συνέβη ἐν τῇ πραγματικότητι καί ἐν συνεχείᾳ εἰσαχθῇ εἰς τόν ἡλεκτρονικόν ὑπολογιστήν. Ἡ δέουσα ταχύτης μέ ἄλλας λέξεις ἐκφράζει τήν ὀριζοντίαν κλίμακα, ἡ ὁποία προκύπτει ἐκ τῆς ὡς ἄνω ἀναπτύξεως τοῦ σειсмоγραφήματος. Ἡ δέουσα ὅμως ταχύτης ἀναγνώσεως εἶναι τόσον μεγάλη ὥστε καθιστᾷ ἀδύνατον τήν παρakoλoυθήσιν τῆς καμπύλης ὑπὸ τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως. Διά νά ἐπιτύχωμεν πιστότητα ἀναγνώσεως καί ἐπομένως διά νά εἴμεθα βέβαιοι ὅτι ἡ εἰσαγομένη εἰς τόν ὑπολογισμόν συνάρτησις ἀνταποκρίνεται ἀπολύτως πρὸς τό δοθέν σειсмоγράφημα ἀπὸ ἀπόφews εὐρῶν, εὐρίσκομεν μετ' ὀλίγας δοκιμὰς τήν ἀρίστην ταχύτητα (v_{opt}) ἀναγνώσεως. Ἡ ταχύτης αὕτη (v_{opt}) εἶναι πάντοτε μικροτέρα τῆς δεούσης ταχύτητος, τόν δέ λόγον $\mu = (v_{δέουσα}/v_{opt}) > 1$ καλοῦμεν συντελεστήν βραδύτητος.

Εάν τό πρόβλημα ἦτο ἀλγεβρικό (ὅλαι αἱ παράγωγοι τῶν ἀγνώστων συναρτήσεων ὡς πρός τόν χρόνον $=0$), τότε ἡ ὑπό βραδύτερον ρυθμόν τοῦ δέοντος εἰσαγωγή τῆς διεγχειροῦσης συναρτήσεως δέν θά ἔπαιζεν οὐδένα ρόλον.

Ἐπειδή εἰς τόν ὑπ' ὄψιν ὑπολογισμόν ὑπηρεῖονται αἱ πρῶται καί δεύτεραι παράγωγοι συναρτήσεων, ὁλοκληρώματα αὐτῶν κλπ., παρατηροῦμεν τά ἑξῆς:

1.- Διά τῆς ὡς ἄνω ἀναγνώσεως τοῦ σειсмоγραφήματος ὑπό ταχύτητα (v_{opt}) εἰσερχόμεθα εἰς ἕν νέον σύστημα χρόνου, τοῦ ὁποίου ἡ μονάς μετρήσεως "τ", ὡς πρός τήν μονάδα μετρήσεως τοῦ κανονικοῦ χρόνου "t" ἔχει τήν σχέσιν:

$$\tau = \mu \cdot t \quad (19)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (19) εὐλόγως προκύπτουν αἱ σχέσεις:

$$\left. \begin{aligned} d\tau &= \mu \cdot dt & (\alpha) \\ \frac{d}{d\tau} &= \frac{1}{\mu} \cdot \frac{d}{dt} & (\beta) \\ \frac{d^2}{d\tau^2} &= \frac{1}{\mu^2} \cdot \frac{d^2}{dt^2} & (\gamma) \end{aligned} \right\} (20)$$

Ἐπομένως ἐάν $\ddot{y}(t)$ εἶναι ἡ πραγματική ἐδαφική ἐπιτάχυνσις ἡ διδομένη ὑπό τοῦ ἀντιστοίχου ἐπιταχυνσιογραφήματος, ὅταν ἀναγινώσκειται αὕτη ὑπό ταχύτητα ὀριζοντίου σαρώσεως ($v_{opt} = (1/\mu) \cdot (v_{δέουσα})$) λαμβάνομεν τήν συνάρτησιν $\ddot{y}(\tau)$, τῆς ὁποίας τά εὔρη πρέπει νά συνδέωνται μετὰ τῶν εὐρῶν τῆς $\ddot{y}(t)$, διά τῆς σχέσεως:

$$\ddot{y}(\tau) = \frac{1}{\mu^2} \cdot \ddot{y}(t) \quad (21)$$

ἡ ὁποία προκύπτει ἐκ τῆς (20, γ). Τό ἀναγινωσκόμενον ἔπομένως σῆμα ἐκ τῆς καμπύλης $\ddot{y}(t)$ πρέπει νά διαιρεθῇ διά τοῦ μ^2 προτοῦ εἰσέλθῃ εἰς τόν ἠλεκτρονικόν ὑπολογιστήν, ἵνα ἐν συναρτήσει πρός τήν βραδύτητα εἰσαγωγῆς ἀποτελέσῃ τήν συνάρτησιν $\ddot{y}(\tau)$.

2.- Πρός ὑπολογισμόν τῆς συναρτήσεως $\Delta p(t)/m_0$ ἀπαιτεῖται συμφῶνως πρός τήν σχέσιν (7) ὁ ὑπολογισμός τοῦ $\dot{y}^2(t)$, ὁ ὁποῖος ἐπιτυγχάνεται ἐντός τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ διά χρήσεως τῆς μονάδος τοῦ πολλαπλασιαστοῦ (Quarter-Square Multiplier) τύπου 7.099.

Ἐκ κατασκευῆς τό ἐξερχόμενον ἐξ αὐτοῦ γινόμενον διαιρεῖται διά 1 M.U. (Machine Unit = 10^V). Ἐπειδή δέ ἡ μονάς τοῦ πολλαπλασιαστοῦ εἶναι λίαν εὐπαθής εἰς μικρᾶς τάσεως ἠλεκτρικά σήματα, ἀπό ἀπόψεως ἀκριβείας, εἰσάγομεν τά πρός ὑπολογισμόν σήματα ὑπό τάς με-

γίστας δυνατάς τιμάς ($\leq 10^V$), υπό τήν δέουσαν βεβαίως ἐνίσχυσιν, ἡ ὁποία ἐκφράζεται ὡς κλίμαξ "κ". Ἡ κλίμαξ αὕτη εἶναι ἐν γένει:

$$"κ" = \frac{1 \text{ M.U.} = 10^V}{\text{μεγίστη τιμή ὑπολογιζομένου μεγέθους}} \quad (22)$$

Ἐάν ἐπομένως ὑπολογίζωμεν ἓν μέγεθος ὑπό τήν κλίμακα "κ" ἡ μεγίστη τάσις, ἡ ὁποία εἶναι δυνατόν νά προκύψῃ ἐξ αὐτοῦ θά εἶναι:

$$\max (\text{ὑπολογιζόμενον μέγεθος}) \cdot "κ" = 10^V$$

Ἐάν ὑπ' αὐτήν τήν κλίμακα "κ" εἰσαχθῇ εἰς τόν πολλαπλασιαστήν ἓν σῆμα ἔστω π.χ. τό $\dot{y}(\tau)$ ἵνα ὑψωθῇ τοῦτο εἰς τό τετράγωνον, εἰς τήν ἔξοδον τοῦ πολλαπλασιαστοῦ θά ληφθῇ τό σῆμα ἀπολύτου τιμῆς $\dot{y}^2(\tau) \cdot κ^2/10$ καί ἐπομένως ἰσχύει ἡ σ_χ_ε_τ_ι_κ_ή, ὡς πρός τό σῆμα $\dot{y}^2(\tau)$, κλίμαξ:

$$"κ_{\sigma} = \frac{"κ"^2}{1 \text{ M.U.}} = \frac{1 \text{ M.U.}}{[\max \dot{y}(\tau)]^2} \quad (23)$$

ὅπου βάσει τῆς ἐξ. (22), ἀντικατεστάθῃ $"κ"^2 = \frac{100^V}{[\max \dot{y}(\tau)]^2}$

3.- Ἀναφέρομεν τήν λέξιν "σχετική" κλίμαξ, διότι ἀναφερόμεθα εἰς τό σχετικόν σύστημα χρόνου τ . Ἡ εἰς αὐτό τό σύστημα ὑπολογιζομένη Δρᾶσις/ m_0 θά ἰσοῦται πρός τήν κάτωθι σχέσιν, ἀνάλογον τῆς (7):

$$\frac{\Delta p(\tau)}{m_0} = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\tau} \dot{y}^2(\tau) \cdot d\tau \quad (24)$$

Τῇ βοηθείᾳ τῶν σχέσεων (20, β) ἡ σχέσις (24) λαμβάνει τήν μορφήν:

$$\frac{\Delta p(\tau)}{m_0} = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\tau} \frac{1}{\mu^2} \cdot \dot{y}^2(t) \cdot dt = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{2} \int_0^{\tau} \dot{y}^2(t) \cdot dt = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta p(t)}{m_0} \quad (25)$$

Ἐκ τῶν ὡς ἄνω (2) καί (3) παρατηρήσεων προκύπτει ὅτι ἡ τελική κλίμαξ προσδιορισμοῦ " $κ_{\tau}$ " τῆς συναρτήσεως $\Delta p(t)/m_0$ ἐκ τῆς ἀναγινωσκομένης τιμῆς " $κ_{\sigma}$ " $\cdot \Delta p(\tau)/m_0$, δηλαδή ὁ διαιρέτης τῆς ἀναγινωσκομένης ταύτης τιμῆς πρός εὔρεσιν τοῦ $\Delta p(t)/m_0$ θά εἶναι:

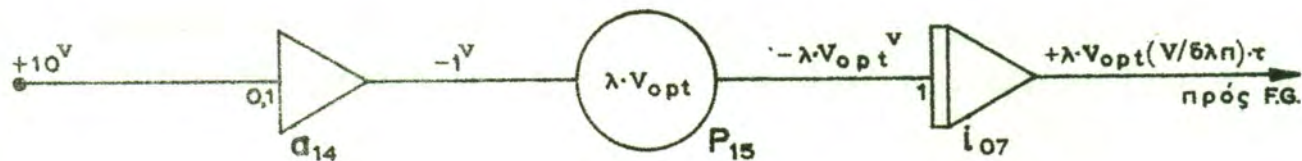
$$"κ_{\tau} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{\max [\dot{y}(\tau)]^2} \cdot \text{M.U.} \quad (26)$$

Ἐάν ὡς ἀνάγνωσιν εἰς τήν ἔξοδον τῆς ἀντιστοίχου μονάδος τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ τήν δίδουσαν τήν " $κ_{\sigma}$ " $\cdot \Delta p(\tau)/m_0$ ἔχωμεν π.χ. "V" Volts τότε ἡ:

$$\frac{\Delta p(t)}{m_0} = \mu \frac{\Delta p(\tau)}{m_0} = \mu \frac{"κ_{\sigma} \cdot \Delta p(\tau)/m_0"}{"κ_{\sigma}} = \mu \frac{V}{"κ_{\sigma}} = \frac{V}{"κ_{\tau}} = \frac{V}{1 \text{ M.U.}} \cdot \max [\dot{y}(\tau)]^2 \cdot \mu \quad (26a)$$

Μετά τας ως άνω παρατηρήσεις καταστρώνομεν τό κάτωθι πρόγραμμα τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ, μετὰ τῶν σχετικῶν ὑπομνημάτων.

Κίνησις τοῦ βραχίονος τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως:



(Σχ.16α)

Ὑπομνημα

Ἐφ' ὅσον ἐκλέγομεν τήν κλίμακα $\lambda(V/\epsilon\kappa)$ ἢ $\frac{1}{\lambda}(\epsilon\kappa/V)$ τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως διά τήν ὀριζοντίαν κίνησιν τοῦ βραχίονος αὐτῆς, ἡ τιμή τοῦ ποτενσιομέτρου P_{15} θά εἶναι:

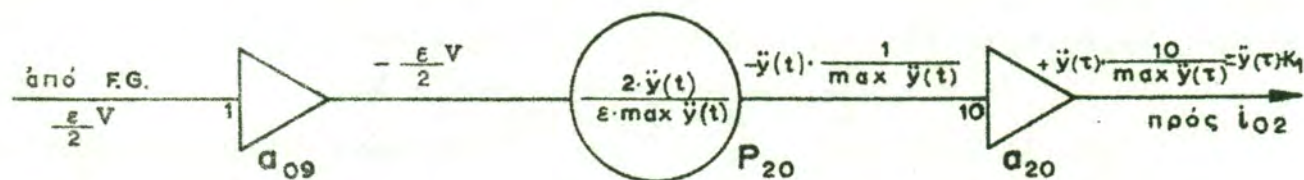
$$P_{15}(V/\delta\lambda\pi) \cdot \frac{1}{\lambda}(\epsilon\kappa/V) = v_{opt}(\epsilon\kappa/\delta\lambda\pi)$$

ἄρα:

$$P_{15} = \frac{v_{opt}}{\frac{1}{\lambda}}$$

Πρέπει νά παρατηρήσωμεν ἐνταῦθα ὅτι ἡ (v_{opt}) ἐκφράζεται εἰς τό σύστημα χρόνου t καί ὄχι εἰς τό σύστημα χρόνου τ . Σημειώθῃτω ἐκ παραλλήλου ὅτι ἡ ἀριθμητική τιμή τῆς (v_{opt}) εἰς τό σύστημα τ ἰσοῦται πρὸς τήν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς $(v_{δέουσα})$ εἰς τό σύστημα t .

Εἰσαγωγή σήματος $\ddot{y}(\tau)$ εἰς τὸν ἡλεκτρονικὸν ἀναλογικὸν ὑπολογιστὴν
TR - 48:



(Σχ.16β)

Υ π ό μ ν η μ α

"Εστω έν σημείον τοῦ σειсмоγραφήματος ἔχον τεταγμένην $\ddot{y}(t)$ ($\mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$), ἀντιστοιχοῦν εἰς ἐκτροπήν "ε" ἑκατοστῶν ἐκ τοῦ ἄξονος τῶν t . Ἐντός τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως ὑπάρχει ἐσωτερική κλῖμαξ, ἡ ὁποία ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τήν μετατροπήν τῆς κατὰ "ε" ἑκατοστά ἐκτροπῆς τῆς κεφαλῆς ἀναγνώσεως εἰς $\frac{\varepsilon}{2}$ Volt.

Μετά τόν ἀθροιστήν α_{20} ἐπιθυμοῦμεν νά ἔχωμεν σῆμα ἴσον πρὸς τήν τιμήν:

$$\ddot{y}(t) \cdot K_1 = \ddot{y}(t) \cdot \frac{1 \text{ M.U.}}{\max \ddot{y}(t)} = \ddot{y}(t) \cdot \frac{10}{\max \ddot{y}(t)} \quad (\alpha)$$

ὅπου ἐτέθη $\ddot{y}(t)/\max \ddot{y}(t) = \ddot{y}(t)/\max \ddot{y}(t)$ καί εἶναι ἄρα:

$$K_1 = \frac{10}{\max \ddot{y}(t)} \quad (\beta)$$

Πρὸς καθορισμόν τῆς τιμῆς τοῦ ποτενσιομέτρου P_{20} μετροῦμεν μίαν τυχοῦσαν τιμήν τῆς $\ddot{y}(t)$ ἐντός τοῦ ὑπὸ ἀνάγνωσιν προτύπου φύλλου ἀναγνώσεως καί εὐρίσκομεν εἰς πόσα ἑκατοστά ἐκτροπῆς "ε" ἀντιστοιχεῖ. Ἐπειδὴ ἐκ τοῦ α_{09} λαμβάνομεν $-\frac{\varepsilon}{2}$ Volt καί μετά τό P_{20} πρέπει νά ἔχωμεν τιμήν $\ddot{y}(t) \cdot \frac{1}{\max \ddot{y}(t)}$ (Volt) ἡ τιμή:

$$P_{20} = \ddot{y}(t) \cdot \frac{2}{\varepsilon} \cdot \frac{1}{\max \ddot{y}(t)} \quad (\gamma)$$

Περαιτέρω ἐπεξεργασία τοῦ εἰσαχθέντος σήματος πρὸς ὑπολογισμόν τῆς $\Delta p(t)/m_0$.

Υ π ό μ ν η μ α

(Σχ. ἐπομ. σελ.)

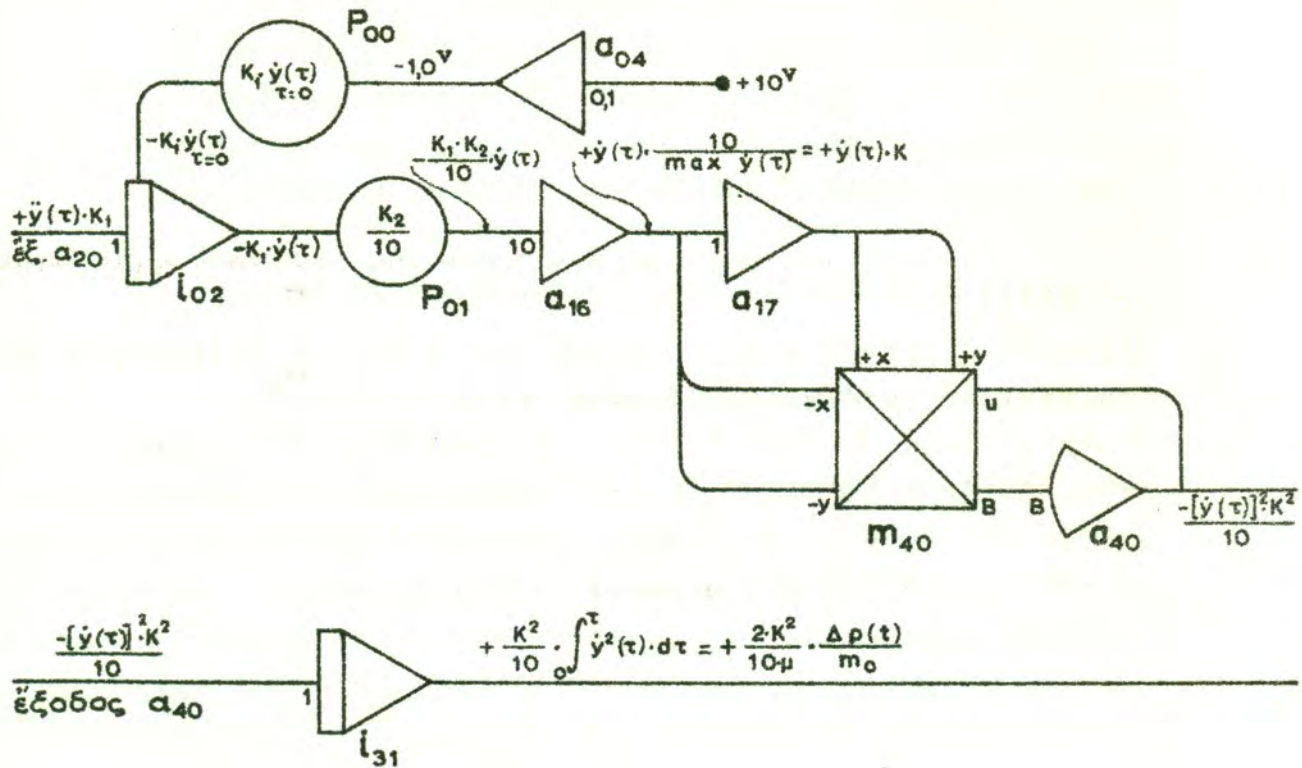
Ἀρχικαί συνθῆκαι ὁλοκληρωτοῦ i_{02} :

Εἰς τόν ὁλοκληρωτήν i_{02} εἰσάγομεν τό θετικόν (+Volt) σῆμα $+\ddot{y}(t) \cdot K_1$, τό ὁποῖον ἀνταποκρίνεται εἰς πρὸς τὰ ἄνω τοῦ ἄξονος τῶν t ἐκτροπήν τῆς κεφαλῆς τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως, τεταγμένης $+\ddot{y}(t)$.

Δεχόμεθα ἐπομένως τήν παραδοχήν ὅτι ἡ θετική ἐπιτάχυνσις ἐκφράζεται ἀντιστοίχως μέ θετικά Volt.

Συνέπεια τούτου εἶναι ὅτι διά θετικήν ἀρχικήν ταχύτητα ἀντιστοιχοῦν ἀρνητικὰ Volt, διότι θεωροῦμεν ὅτι εἰς διαφορικόν χρόνον τῆς ἀρχῆς τοῦ σειсмоγραφήματος ὁ κραδασμός εἶναι ἡμιτονικῆς μορφῆς, δηλαδή ἡ ταχύτης ἔχει ἀντίθετον πρόσημον ἀπό

τό πρόσημον τῆς ἐπιταχύνσεως.



(Σχ.16γ)

Ἡ ἔξοδος ἄρα τοῦ ὁλοκληρωτοῦ i_{02} , ἴση πρὸς $-K_1 \cdot \dot{y}(t)$, θὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τιμὴν θετικῶν Volt καὶ ἐπομένως εἶναι φυσικόν νά θέσωμεν ἀρχικὴν συνθήκην εἰς τὸν ὁλοκληρωτὴν i_{02} ἀντιστοιχοῦσαν εἰς ἀρνητικὰ Volt. (Αἱ τιθέμεναι ἀρχικαὶ συνθήκαι (I.C.) ἀντιστρέφουν τὸ πρόσημόν των εἰς τὴν ἔξοδον τοῦ ἀντιστοίχου ὁλοκληρωτοῦ).

Ἐστω

$$K_2 = \frac{10}{K_1 \cdot \max \dot{y}(t)} \quad (δ)$$

ὅπου ἡ τιμὴ τῆς $\max \dot{y}(t)$ τίθεται κατ'ἐκτίμησιν.

Τὸ ποτενσιόμετρον P_{01} μετὰ τοῦ συντελεστοῦ 10 τοῦ a_{16} τίθεται διὰ τὴν μεγίστην δυνατὴν ἐνίσχυσιν τοῦ σήματος $\dot{y}(t)$ ὥστε μετὰ τὸν a_{16} νά ἔχωμεν τὸ σῆμα:

$$\dot{y}(t) \cdot K_1 \cdot K_2 = \dot{y}(t) \cdot K = \dot{y}(t) \cdot \frac{10}{\max \dot{y}(t)} \leq 10V$$

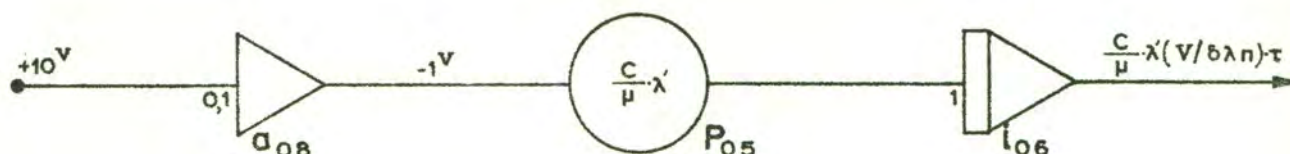
ἔνθα:

$$K = K_1 \cdot K_2 = \frac{10}{\max \dot{y}(t)} \quad (ε)$$

Έν συνεχείᾳ ἀκολουθοῦμεν τὴν ἐν (Σχ.16γ) συνδεσμολογίαν, κα-
τά τὴν ὁποίαν ἐάν μετὰ τὸν ὁλοκληρωτὴν i_{31} ἔχωμεν τιμὴν
ἡλεκτρικῆς τάσεως "V" Volt, ἢ

$$\frac{\Delta p(t)}{m_0} = \frac{V \cdot 10 \cdot \mu}{2 \cdot K^2} \quad (\sigma\tau)$$

Καταγραφή τῆς $\Delta p(t)/m_0$.



(Σχ.16δ)

Υπομνημα

Επιθυμοῦμεν ὅπως εἰς τὸν ἀντίστοιχον ἄξονα τῶν t ἔχωμεν κλί-
μακα $C \epsilon\kappa = 1 \delta\lambda\pi$, λόγῳ δέ τοῦ time scaling κατὰ μ φορές βραδύτε-
ρον τὰ C ἐκ εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα θὰ ἀντιστοιχοῦν εἰς μ
 $\delta\lambda\pi$.

Εάν ἐκλέξωμεν τιμὴν $\lambda' (V/\epsilon\kappa)$ εἰς τὴν κλίμακα τῶν τετμη-
μένων τῆς καταγραφικῆς συσκευῆς θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσηις:

$$P_{05}(V/\delta\lambda\pi) \cdot \frac{1}{\lambda'} (\epsilon\kappa/V) = \frac{C}{\mu} (\epsilon\kappa/\delta\lambda\pi)$$

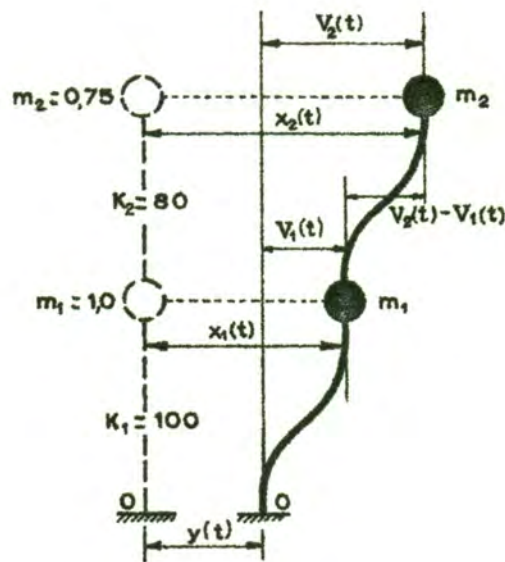
ἄρα:

$$P_{05} = \frac{C}{\mu} \cdot \lambda' \quad (\zeta)$$

§ 7 Ἐφαρμογή

Τὰ ἀνωτέρω θὰ ἐφαρμόσωμεν κατωτέρω ὑπὸ τύπον παραδείγμα-
τος διὰ συγκεκριμένον σειсмоγράφημα καὶ συγκεκριμένην κατασκευὴν.

Εκλέγομεν τὸ ἐπιταχυνσιογράφημα Γ_{10} ἐκ τοῦ (Σχ.2), μεγί-
στης ἐδαφικῆς ἐπιταχύνσεως $\max \ddot{y} = 2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$ καὶ χάριν ἀπλότη-
τος μίαν διώροφον κατασκευὴν, τῆς ὁποίας τὸ δυναμικῶς ἰσοδύναμον
ἐξιδανικευμένον ἐλαστικὸν σύστημα ἐπαλλήλων μαζῶν καὶ ἐλαστικῶν
συνδέσμων εἶναι τὸ τοῦ (Σχ.17).



(Σχ.17)

$$\begin{aligned} \text{Αἱ μάζαι} \quad m_1 &= 1 \text{ τ.δλπ}^2 \cdot \mu^{-1} \quad \text{καί} \\ m_2 &= 0,75 \text{ τ.δλπ}^2 \cdot \mu^{-1} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} m_1 &= 1 \text{ τ.δλπ}^2 \cdot \mu^{-1} \\ m_2 &= 0,75 \text{ τ.δλπ}^2 \cdot \mu^{-1} \end{aligned}} \right\} (27\alpha)$$

ἐνῶ οἱ δεῖνται ὁρόφου^[1] τῶν ἐλαστικῶν συνδέσμων τῶν μαζῶν αὐτῶν εἶναι:

$$\begin{aligned} K_1 &= 100 \text{ τ/μ} \quad \text{καί} \\ K_2 &= 80 \text{ τ/μ} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} K_1 &= 100 \text{ τ/μ} \\ K_2 &= 80 \text{ τ/μ} \end{aligned}} \right\} (27\beta)$$

Τό διώροφον τοῦτο ἐλαστικόν σύστημα θά διεγείρωμεν ἀφ' ἑνὸς μὲν ὑπὸ τοῦ φυσικοῦ σειсмоγράφηματος Γ_{10} τοῦ (Σχ.2) ἀφ' ἑτέρου δέ ὑπὸ τοῦ ἢ τῶν ἰσοδυνάμων πρὸς τοῦτο ἡμιτονικῶν κραδασμῶν καί θά συγκρίνωμεν τὰς οὕτω προκυπτούσας δυναμικὰς συμπεριφορὰς αὐτοῦ. Περαιτέρω θεωροῦμεν ὅτι τό δοθέν σειсмоγράφημα εἶναι τό δεσπόζον σειсмоγράφημα μιᾶς περιοχῆς, εἰς ἓν σημεῖον τῆς ὁποίας, διάφορον ἐκείνου ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ὁ σταθμός παρατηρήσεως, πρόκειται νά ἀνεγερθῇ ἡ ὑπὸ μελέτην κατασκευή. Συμφώνως δέ πρὸς τὰ ἐν ἀρχῇ ἐκπεθέντα, θά προσδιορίσωμεν τὴν δυναμικὴν συμπεριφορὰν αὐτῆς, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν καί τό εἶδος τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως.

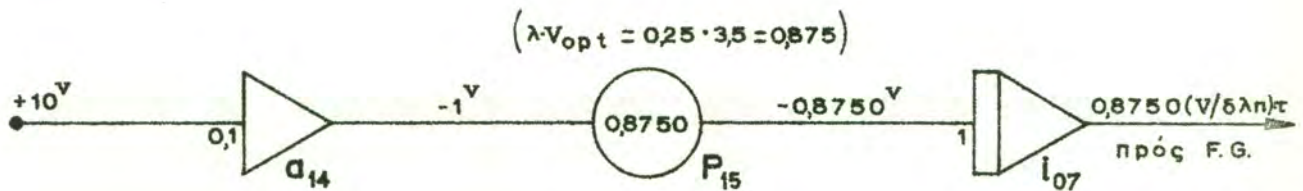
§ 7α Δυναμική συμπεριφορά του ελαστικού συστήματος του Σχ.17, διεγχειρομένου υπό του φυσικού σειсмоγραφήματος (Γ10, Σχ.2).

Μετά την ανάπτυξιν του σειсмоγραφήματος εις πρότυπα φύλλα ανάγνώσεως (βλ. Σχ.4), ή δέουσα ταχύτης ανάγνώσεως είναι ($v_{\delta\epsilon\omicron\upsilon\varsigma\alpha}$) = 16,5 έκ/δλπ.

‘Η άριστη ταχύτης ανάγνώσεως μετ’όλίγας δοκιμάς προέκυφεν (v_{opt}) = 3,5 έκ/δλπ, όποτε ό συντελεστής βραδύτητος:

$$\mu = \frac{v_{\delta\epsilon\omicron\upsilon\varsigma\alpha}}{v_{opt}} = \frac{16,5 \text{ έκ/δλπ}}{3,5 \text{ έκ/δλπ}} = 4,714$$

Κίνησις του βραχίονος της συσκευής ανάγνώσεως.



(Σχ.18α)

‘Εκλέγομεν εις την συσκευήν ανάγνώσεως διά την όριζοντίαν σάρωσιν την κλίμακα $\lambda = 0,25 \text{ (V/έκ)} = 4 \text{ (έκ/V)}$. Τό (Σχ.18α) άποτελει άριθμητικήν εφαρμογήν του (Σχ.16α) διά τά άνωτέρω δεδομένα καί έπομένως περιττεύει περαιτέρω έρμηνεία.

‘Η δυναμική συμπεριφορά του έξιδανικευμένου διβαθμίου έλαστικού συστήματος του (Σχ.17) διεγχειρομένου εις την βάση του υπό του σεισμικού κραδασμού $y(t)$, διατηροϋντες την "Shear Building Hypothesis" [1], διέπεται υπό του συστήματος των διαφορικων έξισώσεων:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{v}_1(t) &= -\ddot{y}(t) - 180 \cdot v_1(t) + 80 \cdot v_2(t) \\ \ddot{v}_2(t) &= -\ddot{y}(t) + 107 \cdot v_1(t) - 107 \cdot v_2(t) \end{aligned} \right\} (28\alpha)$$

Λόγω της υπό ταχύτητα (v_{opt}) ανάγνώσεως του σειсмоγραφήματος προκύπτει ή νέα χρονική μεταβλητή $\tau = \mu \cdot t$, ώς προς την όποιαν τό σύστημα (28α) λαμβάνει την μορφήν (τῇ βοηθεία των σχέσεων 20):

$$\left. \begin{aligned} \ddot{v}_1(\tau) &= -\ddot{y}(\tau) - \frac{180}{\mu^2} \cdot v_1(\tau) + \frac{80}{\mu^2} \cdot v_2(\tau) \\ \ddot{v}_2(\tau) &= -\ddot{y}(\tau) + \frac{107}{\mu^2} \cdot v_1(\tau) - \frac{107}{\mu^2} \cdot v_2(\tau) \end{aligned} \right\} (28\beta)$$

ή τελικώς

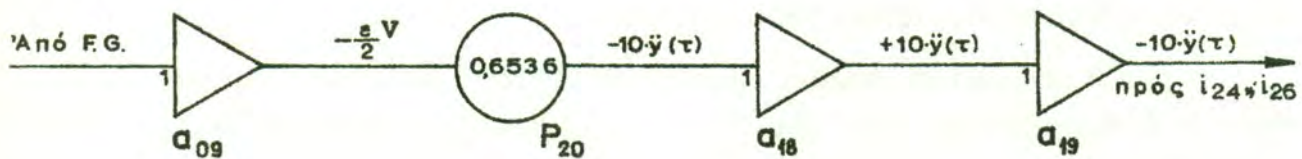
$$\left. \begin{aligned} \ddot{v}_1(\tau) &= -\ddot{y}(\tau) - 8,099 \cdot v_1(\tau) + 3,5996 \cdot v_2(\tau) \\ \ddot{v}_2(\tau) &= -\ddot{y}(\tau) + 4,8145 \cdot v_1(\tau) - 4,8145 \cdot v_2(\tau) \end{aligned} \right\} (28\gamma)$$

Η $\max \ddot{y}(\tau) = \frac{2,63}{\mu^2} = 0,1183 \mu \cdot \tau^{-2}$. Εάν θέσωμεν κλίμακα $1^V = 1\mu$ ή $1^V = 1\mu \cdot \tau^{-2}$ κλπ, τότε ή τιμή $\max 10\ddot{y}(\tau) = 1,183^V$, ή όποία προέρχεται από έντροπήν $\epsilon = 3,62$ εκ, ή όποία πάλιν λόγω τής έσωτερικής κλίμακος τής κατασκευής δίδει 1,81 Volt .

$$\text{Άρα } P_{20} = \frac{1,183}{1,81} = 0,6536$$

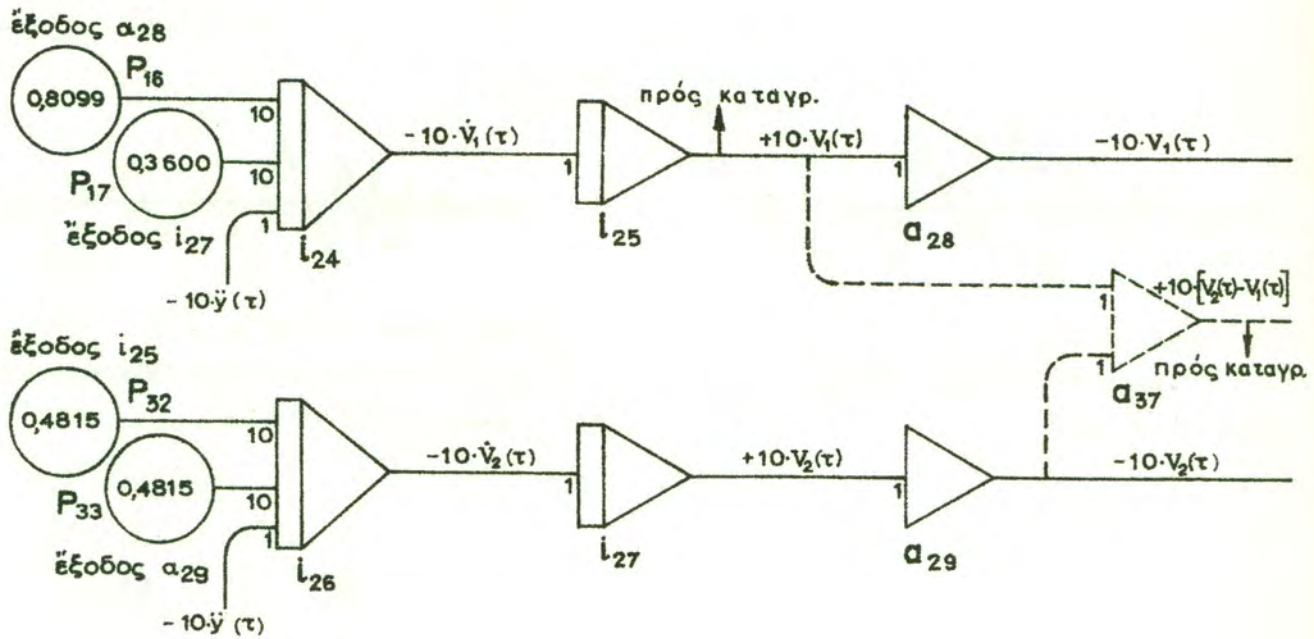
Είς τό κάτωθι (Σχ.18γ) δίδεται ή συνδεσμολογία διά τήν επίλυσιν τοῦ δυναμικοῦ συστήματος (28γ) υπό τοῦ αναλογικοῦ ήλεκτρονικοῦ υπολογιστοῦ TR-48, μετά τής συνδεσμολογίας εἰσαγωγῆς (Σχ. 18β) τοῦ διεγείροντος σήματος $-10\ddot{y}(\tau)$:

Συνδεσμολογία διά τήν επίλυσιν τοῦ συστήματος (28γ) διεγειρο-
μένου υπό τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος.



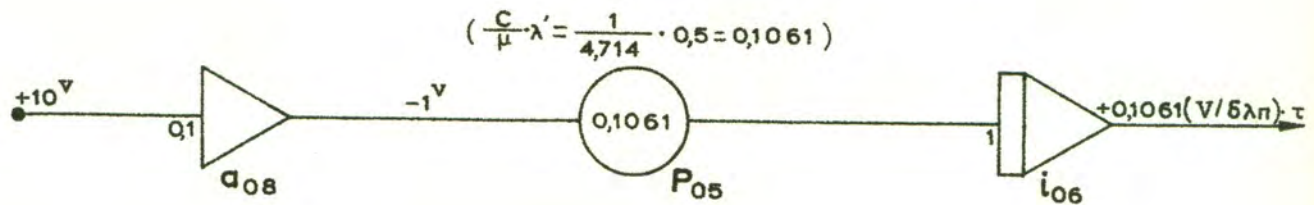
(Σχ.18β)

Εκ τοῦ ολοκληρωτοῦ i_{25} καί άθροιστοῦ α_{37} λαμβάνομεν (Σχ.18γ) τά μεγέθη $+10v_1(\tau)$ καί $10[v_2(\tau) - v_1(\tau)]$ αντίστοιχως. Ταῦτα καταγράφομεν εἰς τό (Σχ.19) υπό κλίμακα χρόνου $C = 1$ (εκ/δλπ), διά τής κάτωθι συνδεσμολογίας (Σχ.18δ) κινήσεως τοῦ βραχίονος τής καταγραφικῆς συσκευῆς.



(Σχ.18γ)

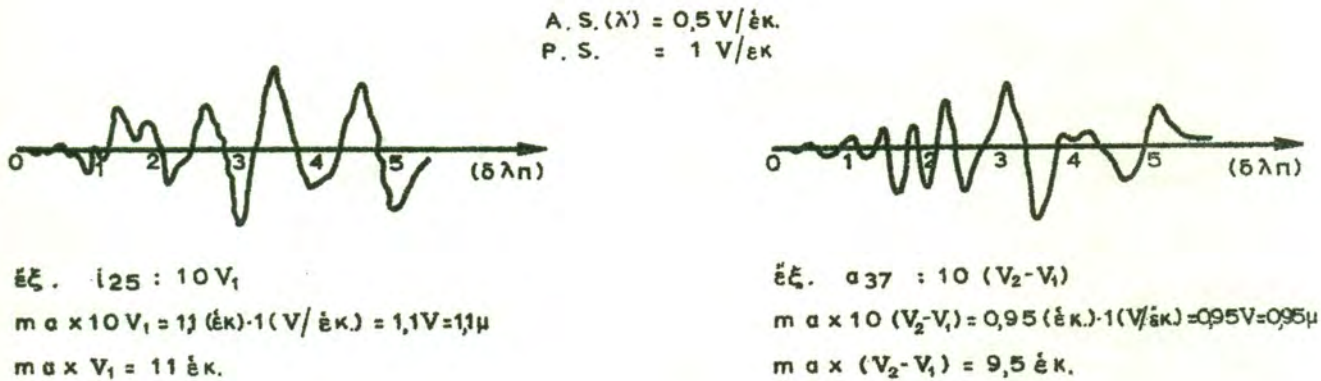
Συνδεσμολογία καταγραφής.



(Σχ.18δ)

Ἡ συνδεσμολογία αὕτη εἶναι πανομοιότυπος τῆς τοῦ Σχ.16δ, αἱ δέ τι-
θέμεναι τιμαὶ ἀποτελοῦν ἀριθμητικὴν ἐφαρμογὴν διὰ τὰ ὡς ἄνω δεδο-
μένα καὶ διὰ κλίμακα ὀριζοντίου κινήσεως τοῦ βραχίονος $\lambda' = 0,5$
(V/ἐκ.).

Τά βέλη (v_1) καί (v_2-v_1) - λύσεις τοῦ συστήματος (28γ)



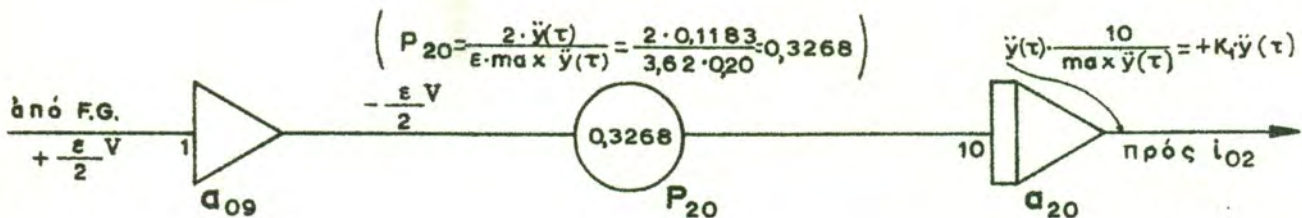
(Σχ.19)

Ἡ μετάβασις ἀπό τιμάς Volt εἰς τάς ἀντιστοιχοῦς μονάδας τῶν ὑπολογιζομένων μεγεθῶν γίνεται διὰ τῆς ἀρχικῶς εἰσαχθείσης κλίμακος $1^V=1\mu$.

§ 7β. Προσδιορισμός τῆς $\Delta p(t)/m_0$ τοῦ φυσικοῦ σεισμογραφήματος (Γ10, Σχ.2)

Διὰ τὴν κίνησιν τοῦ βραχίονος τῆς συσκευῆς ἀναγνώσεως ἰσχύει ἀναλλοίωτον τό Σχ.18α.

Εἰσαγωγή σήματος $\ddot{y}(\tau)$ εἰς TR-48.



(Σχ.20α)

Υπολογίζομεν ή εκτιμῶμεν ὡς κάτωθι τάς μεγίστας τιμάς:

$$\left. \begin{aligned} \max \ddot{y}(\tau) &= 0,1183 \mu \cdot \tau^{-2} \\ \max \dot{y}(\tau) &\leq 0,2 \mu \cdot \tau^{-1} \end{aligned} \right\} (29\alpha)$$

Ἐφ' ὅσον ή "κλιμαξ ἀναφορᾶς" εἶναι $1^V = 1\mu$, ή $1 \mu \cdot \tau^{-1}$ ή $1 \mu \cdot \tau^{-2}$, ή $1 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$ ἐκ τῶν σχέσεων (22) καί (29α) ὑπολογίζομεν ὡς κατωτέρω τά σήματα, τά ὁποῖα πρέπει νά διαρρέουν τάς ἀντιστοιχί-
χους θέσεις:

θέσις δίδουσα τό $\ddot{y}(\tau)$: $\ddot{y}(\tau) \cdot \frac{10}{0,2^*} = 50 \cdot \ddot{y}(\tau)$

θέσις δίδουσα τό $\dot{y}(\tau)$: $\dot{y}(\tau) \cdot \frac{10}{0,2} = 50 \cdot \dot{y}(\tau)$

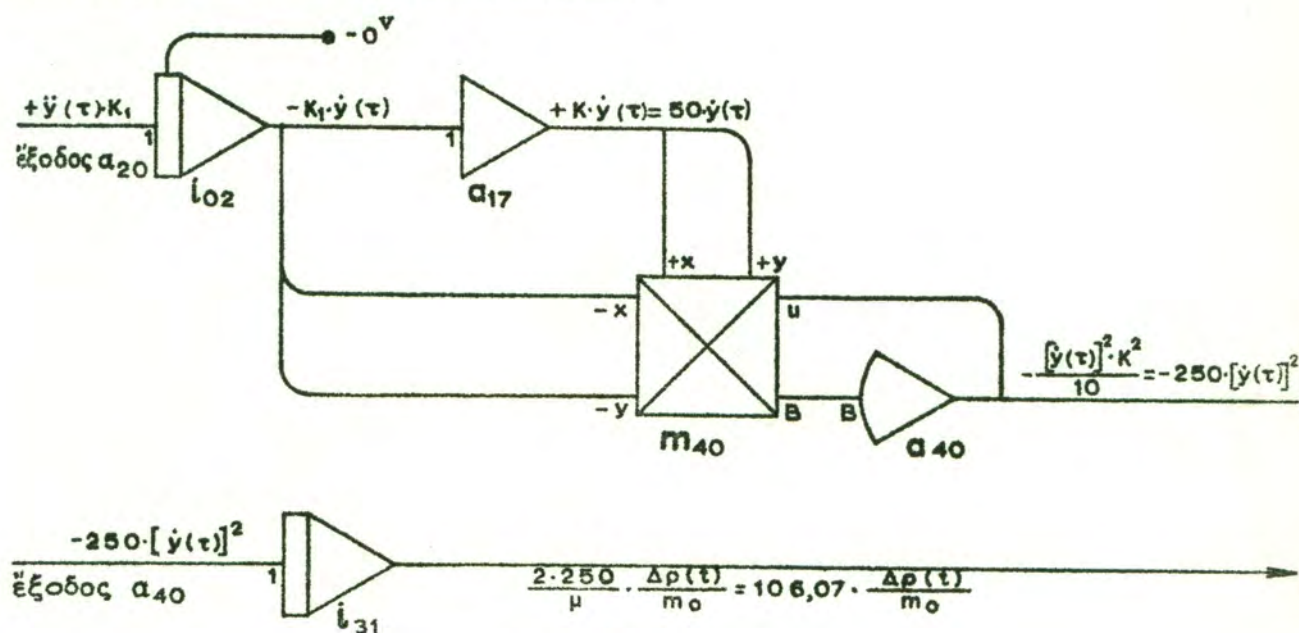
$$K_1 = \frac{10}{0,2} = 50 \quad (29\beta)$$

$$K_2 = \frac{10}{50 \cdot 0,2} = 1 \quad (29\gamma)$$

$$K = K_1 \cdot K_2 = 50 = K_1 \quad (29\delta)$$

Διά τήν τιμήν τοῦ P_{20} πρέπει νά σημειώσωμεν ὅτι ή τιμή $\ddot{y}(\tau) = 0,1183 \mu \cdot \tau^{-2}$ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἐκτροπήν $\varepsilon = 3,62$ ἐκ.

Πρόγραμμα εὐρέσεως τῆς $\Delta\rho(t)/m_0$.



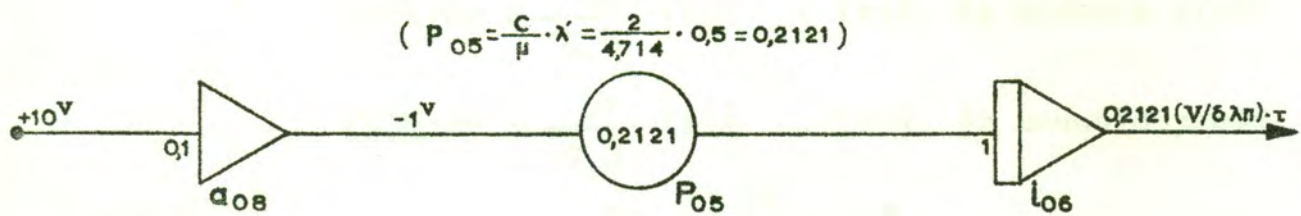
(Σχ. 20β)

*ἔτέθη πρὸς διευκόλυνσιν τῶν πράξεων ή $\max \ddot{y}(\tau) = 0,20$ ἀντί $0,12$

ὡς ἐμφαίνεται ἐκ τοῦ (Σχ.4) λαμβάνομεν τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου t ὀλίγας στιγμᾶς πρὸ τῆς οὐσιαστικῆς ἐνάρξεως τοῦ σεισμικοῦ κραδασμοῦ. Διὰ τοῦτο πρακτικῶς θεωροῦμεν ὅτι ἔχομεν μηδενικὴν ἀρχικὴν ταχύτητα καὶ ἐπομένως μηδενικὴν ἀρχικὴν συνθήκην τοῦ ὁλοκληρωτοῦ i_{02} .

Κατὰ τὰ λοιπὰ τό (Σχ.20β) εἶναι πανομοιότυπον πρὸς τό (Σχ.16γ).

Συνδεσμολογία καταγραφῆς τῆς $\Delta p(t)/m_0$.

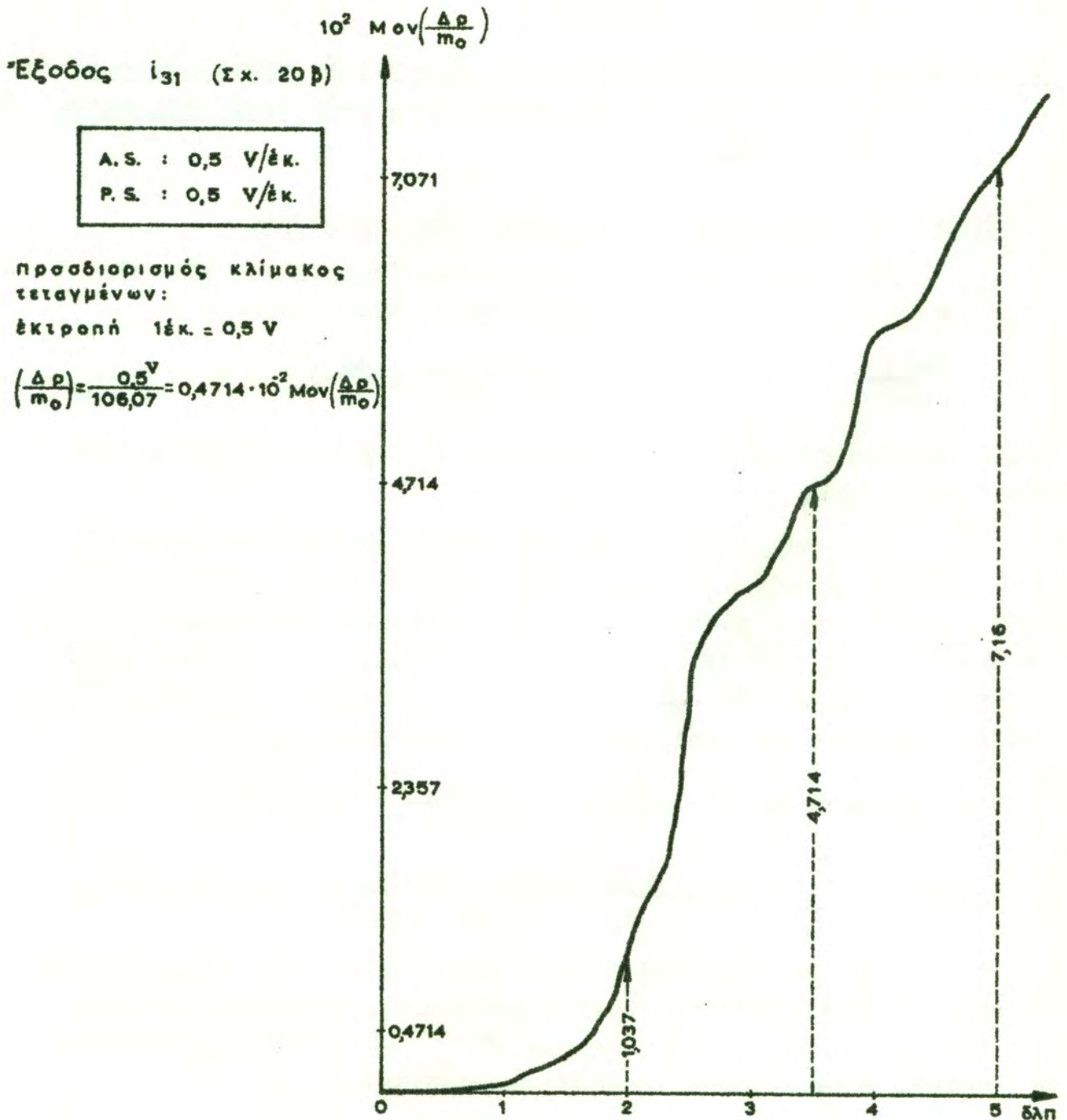


(Σχ.20γ)

Ἐπιθυμοῦμεν ὅπως ἡ γραφικὴ παράστασις τῆς συναρτήσεως $\Delta p(t)/m_0$ ἔχη κλίμακα χρόνου $C = 2$ (ἐκ/δλπ), ἐνῶ εἰς τὴν ἀντίστοιχον κλίμακα τῆς καταγραφικῆς συσκευῆς ἐκλέγομεν τὴν τιμὴν $\lambda' = 0,5$ (V/ἐκ).

Γραφική παράσταση της $\Delta p(t)/m_0$.

Εκ της έξόδου του ολοκληρωτού i_{31} (Σχ.20β) λαμβάνομεν την συνάρτησιν $106,07(\Delta p(t)/m_0)$, ή οποία καταγραφόμενη υπό κλίμακα τεταγμένων (Pen Scale)= $0,5V/\epsilon\kappa$ δίδει την κάτωθι (Σχ.21) μορφήν:



(Σχ.21)

Αναλόγως της μορφής της γραφικής παραστάσεως της συναρτήσεως $\Delta\rho(t)/m_0$ δυνάμεθα νά υποδιαιρέσωμεν αὐτήν εἰς ἕν, δύο, τρία ἢ πλείονα τμήματα τοιαῦτα ὥστε ἐάν τά ἄκρα τούτων συνεδέοντο διά συνεχοῦς τεθλασμένης γραμμῆς, αὕτη νά μή ἀπῆχεν οὐσιαστικῶς τῆς γραφικῆς παραστάσεως τῆς ὑπ' ὄφιν συναρτήσεως. Τά οὕτω προκύπτοντα τμήματα ἀντικαθιστῶμεν διά τῶν συναρτήσεων $\Delta\rho(t)/m_0$ ἡμιτονικῆς μορφῆς κρᾶδασμῶν ὡς ἀκολούθως.

§ 7γ. Προσδιορισμός τῶν ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κρᾶδασμῶν καί ὑπολογισμός τῶν συνεπειᾶ αὐτῶν δυναμικῶν βελῶν τῆς κατασκευῆς τοῦ (Σχ.17).

α) Πρώτη ἀντικατάστασις - εἰς ἡμιτονικός κρᾶδασμός.

Χρονικόν διάστημα 0 ἕως 5 δλπ: Ἡ $\Delta\rho(t)/m_0$ εἰς τόν χρόνον $t = 5$ δλπ ἐκ τοῦ Σχ.21 ἔχει τήν τιμήν:

$$\left(\frac{\Delta\rho(t)}{m_0}\right)_{t=5} = \frac{7,6^V}{106,07} = 0,0716 \text{ Μον}\left(\frac{\Delta\rho}{m_0}\right)$$

ἐνῶ ἡ μεγίστη ἐπιτάχυνσις ἐντός αὐτοῦ τοῦ χρονικοῦ διαστήματος εἶναι $2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$.

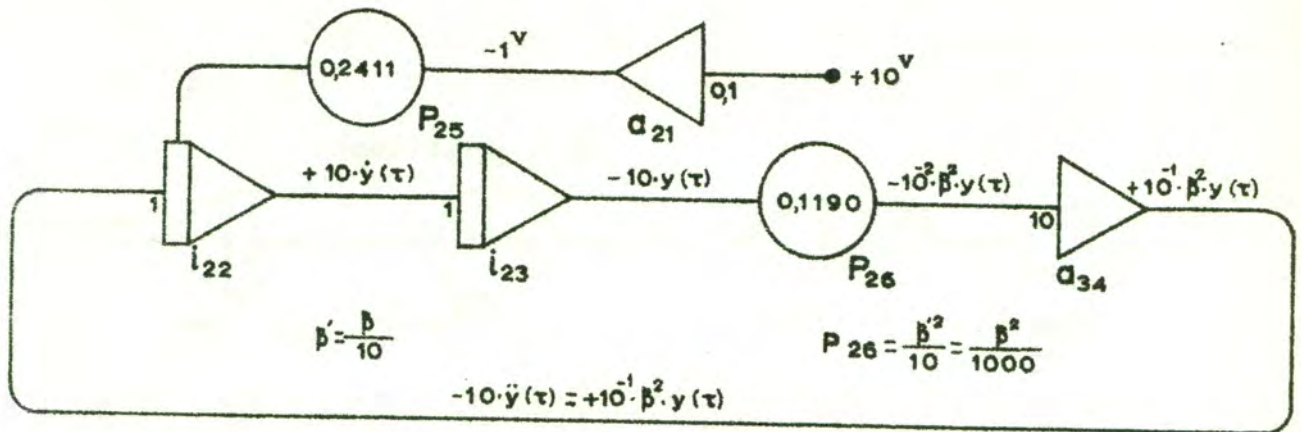
Διά γραμμικῆς παρεμβολῆς τῆς τιμῆς τῆς ἐπιταχύνσεως $2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$ μεταξύ τῶν τιμῶν $2,60 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$ (13ος πίναξ) καί $2,80 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$ (14ος πίναξ) διά τιμήν $\Delta\rho/m_0 = 0,0716 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$ εἰς τόν χρόνον $t = 5$ δλπ ὑπολογίζομεν μίαν περίοδον $T = 0,583 - \frac{3}{20} \cdot (0,583 - 0,537) = 0,583 - \frac{3}{20} \cdot 0,046 = 0,583 - 0,007 = 0,576$ δλπ καί ἄρα τά στοιχεῖα τοῦ ἰσοδυνάμου ἡμιτονικοῦ κρᾶδασμοῦ εἶναι:

$$i) \text{ κυκλική συχνότης } \beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,576} = 10,908 \delta\lambda\pi^{-1}$$

$$ii) \text{ ἡμιεὺρος } a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}{118,99 \delta\lambda\pi^{-2}} = 22,103 \cdot 10^{-3} \mu$$

Εἰς τό (Σχ.22α) δίδεται ἡ συνδεσμολογία παραγωγῆς τοῦ εὐρεθέντος ἰσοδυνάμου ἡμιτονικοῦ κρᾶδασμοῦ, λαμβάνοντες ὑπ' ὄφιν ὅτι ἡ ἀρχικὴ συνθήκη τοῦ ὁλοκληρωτοῦ i_{22} εἶναι (διά χρήσεως time scaling κατὰ 10 φορές βραδύτερον, $\tau = 10t$) διά $\tau = 0$:

$$10\dot{y}(\tau) = 10 \cdot a \cdot \frac{\beta}{10} = a \cdot \beta = 22,103 \cdot 10^{-3} \cdot (\mu) \cdot 10,908 \cdot (\delta\lambda\pi^{-1}) = 0,2411 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-1}$$

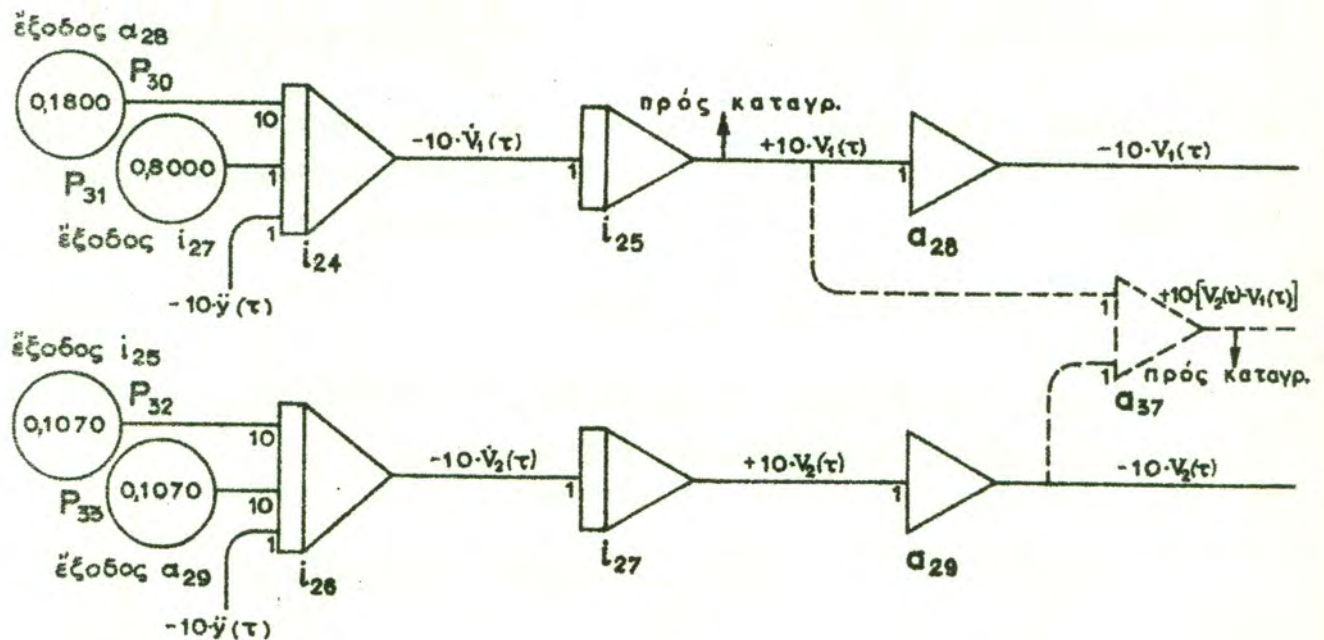


(Σχ.22α)

Τό σύστημα (28β) διά συντελεστήν $\mu=10$, λαμβάνει την μορφήν:

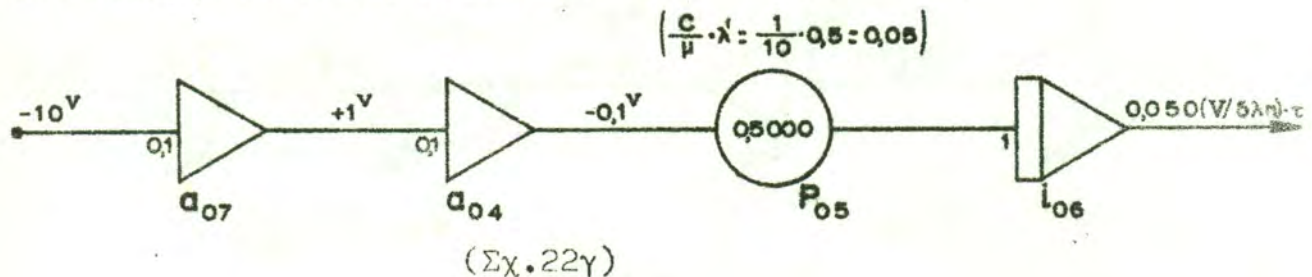
$$\left. \begin{aligned} \ddot{v}_1(\tau) &= -\ddot{y}(\tau) - 1,80 v_1(\tau) + 0,80 v_2(\tau) \\ \ddot{v}_2(\tau) &= -\ddot{y}(\tau) + 1,07 v_1(\tau) - 1,07 v_2(\tau) \end{aligned} \right\} (30)$$

Ἡ ἐπίλυσις τοῦ δυναμικοῦ συστήματος (30) διεγχειρομένου ὑπὸ τῆς συναρτήσεως $-10\ddot{y}(\tau)$ λαμβανομένης ἐκ τῆς ἐξόδου a_{34} (Σχ.22α) ἐπιτυγχάνεται ὑπὸ τοῦ ἀναλογικοῦ ὑπολογιστοῦ διὰ τῆς συνδεσμολογίας τοῦ (Σχ.22β).



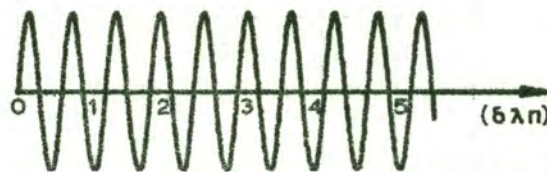
(Σχ.22β)

Είς τό (Σχ.22γ) δίδεται ή συνδεσμολογία διά τήν καταγραφήν τών λύσεων (v_1) καί (v_2-v_1) υπό κλίμακα χρόνου $C = 1 \text{ έκ}/\delta\lambda\pi$ καί έκλογήν κλίματος καταγραφικήσ συσκευής $\lambda' = 0,5 \text{ V}/\text{έκ}$.

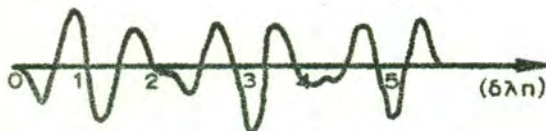


Είς τό (Σχ.23) δίδονται αί διαφοραί τών δυναμικῶν βελῶν (v_1) καί (v_2-v_1) ἔξοδοι τών i_{25} καί α_{37} ἀντιστοίχως (Σχ.22β), μετά τῆς διεγχειροῦσης συναρτήσεως - $\ddot{y}$ έκ τῆς ἐξόδου α_{34} (Σχ.22α).

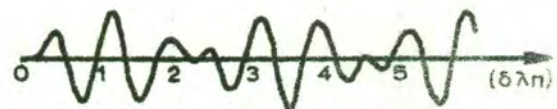
A. S. (λ') = 0,5 V/έκ.



Ἔξ. $\alpha_{34} : -10 \ddot{y}(\tau)$, P. S. = 0,25 V/έκ.
 $\max 10 \ddot{y}(\tau) = 1,052(\text{έκ}) \cdot 0,25 (\text{V}/\text{έκ}) = 0,263 \text{ V}$
 $\max \ddot{y}(\tau) = 0,0263 (\mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2})$



Ἔξ. $i_{25} : +10 V_1$, P. S. = 1 V/έκ.
 $\max 10 V_1 = 0,9(\text{έκ}) \cdot 1 (\text{V}/\text{έκ}) = 0,9 \text{ V} = 0,9 \mu$
 $\max V_1 = 9 \text{ έκ}$.



Ἔξ. $\alpha_{37} : +10 (V_2 - V_1)$, P. S. = 1 V/έκ.
 $\max 10 (V_2 - V_1) = 0,7(\text{έκ}) \cdot 1 (\text{V}/\text{έκ}) = 0,7 \text{ V} = 0,7 \mu$
 $\max (V_2 - V_1) = 7 \text{ έκ}$.

(Σχ.23)

β) Δευτέρα ἀντικατάστασις - δύο ἡμιτονικοί κραδασμοί

1) Χρονικόν διάστημα 0 ἕως 3,5 δλπ.

Ἡ $\Delta\rho(t)/m_0$ εἰς χρόνον $t = 3,5 \text{ δλπ}$ ἔχει τιμήν:

$$\left(\frac{\Delta\rho(t)}{m_0} \right)_{t=3,5} = \frac{5^{\text{V}}}{106,07} = 0,04714 \text{ Μον} \left(\frac{\Delta\rho}{m_0} \right),$$

ένῳ ἡ μεγίστη ἐπιτάχυνσις ἐντός τοῦ ἀντιστοίχου χρονικοῦ διαστή-

ματος έχει τιμήν $2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$.

Διά γραμμικής παρεμβολής ως ακριβώς και είς την πρώτην περίπτωσιν, υπολογίζομεν διά τιμήν $\Delta\rho/m_0 = 0,04714 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$ είς χρόνον $t = 3,5 \delta\lambda\pi$ και μέγιστην επιτάχυνσιν $2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$ τήν περίοδον $T = 0,564 - \frac{3}{20} \cdot (0,564 - 0,524) = 0,564 - \frac{3}{20} \cdot 0,040 = 0,564 - 0,006 = 0,558 \delta\lambda\pi$.

Τά στοιχεῖα τοῦ ἰσοδυνάμου ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ διά τό διάστημα 0 ἕως $3,5 \delta\lambda\pi$ εἶναι:

$$i) \text{ κυκλική συχνότης } \beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,558} = 11,26 \delta\lambda\pi^{-1}$$

$$ii) \text{ ἡμιεὺρος } a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}{126,792 \delta\lambda\pi^{-2}} = 20,743 \cdot 10^{-3} \mu$$

καί τά ποτενσιόμετρα τῆς συνδεσμολογίας παραγωγῆς τῆς ἡμιτονικῆς συναρτήσεως (Σχ.22α) λαμβάνουν τάς τιμάς:

$$P_{25} = 0,2336 \quad 10 \cdot \dot{y}(\tau) = 10 a \cdot \frac{\beta}{10} = a \cdot \beta = 233,56 \cdot 10^{-3} \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-1}$$

καί

$$P_{26} = \frac{\beta^2}{10} = 0,1268$$

Τά (Σχ.22β) καί (Σχ.22γ) ἰσχύουν ἀναλλοίωτα καί διά τήν περίπτωσίν μας.

2) Χρονικόν διάστημα $3,5 + 5 \delta\lambda\pi$.

$${}^*H \left(\frac{\Delta\rho}{m_0} \right)_{t=5} = 0,0716 \left(\text{Μον} \frac{\Delta\rho}{m_0} \right) \text{ (βλ. Σχ.21)}.$$

Ἐντός τοῦ χρονικοῦ τούτου διαστήματος ὁ σεισμικός κραδασμός προσέδωσεν είς τήν μάζαν m_0 ποσότητα $\Delta\rho/m_0 = 0,0716 - 0,0471 = 0,0245 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$, ὑπό μέγιστην επιτάχυνσιν $2,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$. Ζητεῖται ἔνταῦθα νά προσδιορίσωμεν τά στοιχεῖα ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ, ὁ ὁποῖος ἔντός τοῦ χρονικοῦ διαστήματος $3,5$ ἕως $5 \delta\lambda\pi$ νά προσδίδῃ $\Delta\rho/m_0 = 0,0245 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$, ὑπό μέγιστην επιτάχυνσιν $2,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$.

Ὁ ἡμιτονικός κραδασμός, ὁ ὁποῖος ὑπό μέγιστην επιτάχυνσιν $2,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$ προσδίδει $\Delta\rho/m_0 = 0,0245 \text{ Μον}(\Delta\rho/m_0)$ ἔντός τοῦ διαστήματος $0 + 1,5 \delta\lambda\pi$, ὀλίγον διαφέρει * τοῦ ὡς ἄνω ζητουμένου πρὸς προσδιορισμόν ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ προσδίδοντος τήν αὐτήν $\Delta\rho/m_0$ ὑπό τήν

* Βλ. σημ. ἐπομ. σελ.

αυτήν μεγίστην επιτάχυνσιν εντός τοῦ διαστήματος 3,5 ἕως 5 δλπ.

Ἐκ τοῦ 10ου πίνακος (μεγίστη επιτάχυνσις $a \cdot \beta^2 = 2.00 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$), διὰ τιμὴν $\Delta \rho / m_0 = 0,0245 \text{ Μον}(\Delta \rho / m_0)$ εἰς χρόνον $t = 1,5 \text{ δλπ}$ προσδιορίζομεν περίοδον $T = 0,827 \text{ δλπ}$ καὶ ἄρα τὰ στοι-
χεῖα τοῦ ἰσοδυνάμου ἡμιτονικοῦ κραδασμοῦ εἶναι:

i) κυκλική συχνότης $\beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,827} = 7,598 \text{ δλπ}^{-1}$

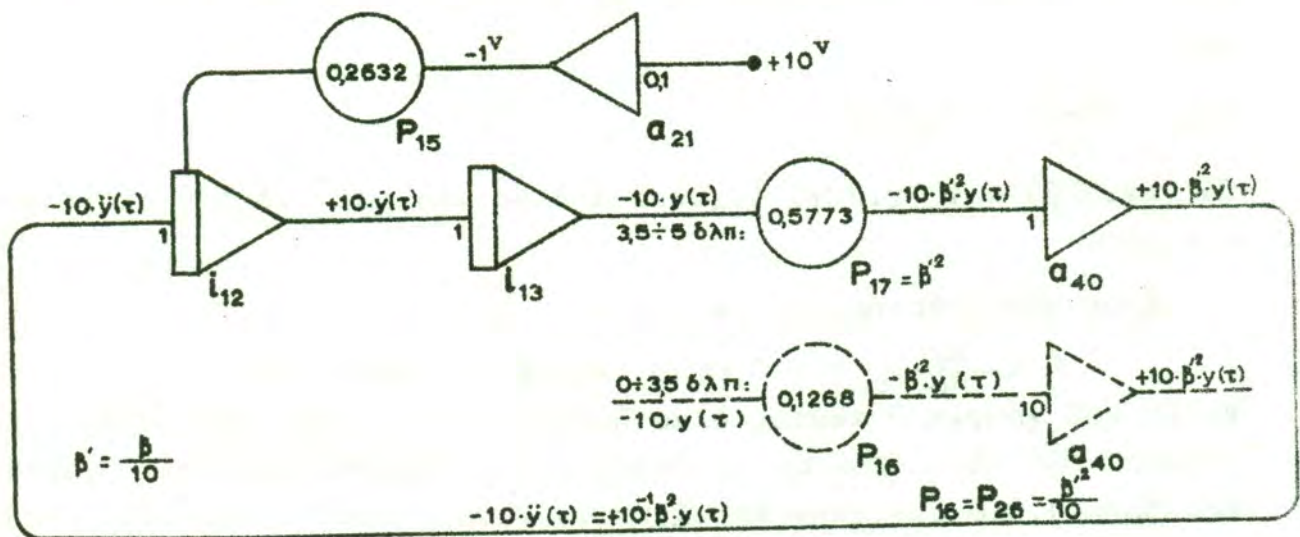
ii) ἡμιεὺρος $a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{2,00 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}}{57,73 \text{ δλπ}^{-2}} = 34,644 \cdot 10^{-3} \mu$

Εἰς τό (Σχ.24α) δίδεται ἡ συνδεσμολογία παραγωγῆς τοῦ ἡμιτονι-
κοῦ τούτου κραδασμοῦ μέ τιμὰς ποτενσιομέτρων:

$P_{17} = \beta'^2 = 0,5773$

καὶ

$P_{15} = 0,2632 \quad [10 \dot{y}(\tau) = 10 \cdot a \cdot \frac{\beta}{10} = a \cdot \beta = 263,23 \cdot 10^{-3} \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-1}]$



(Σχ.24α)

Συν.σημ.

Διὰ τό διάστημα t_1 ἕως t_2 , ἡ διαφορά τῶν $\Delta \rho / m_0$:

$\Delta\left(\frac{\Delta \rho}{m_0}\right) = \frac{1}{8} \cdot a^2 \cdot \beta \cdot \eta \mu 2\beta t_2 + \frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot t_2 - \frac{1}{8} \cdot a^2 \cdot \beta \cdot \eta \mu 2\beta t_1 - \frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 \cdot t_1 \quad (\alpha)$

Ἐνῶ ἡ $\Delta \rho / m_0$ εντός τοῦ διαστήματος 0 ἕως $t = t_2 - t_1$ εἶναι:

$\left(\frac{\Delta \rho}{m_0}\right) = \frac{1}{8} \cdot a^2 \cdot \beta \cdot \eta \mu 2\beta(t_2 - t_1) + \frac{1}{4} \cdot a^2 \cdot \beta^2 (t_2 - t_1) \quad (\beta)$

Συνέχεια εἰς τήν ἐπομ. σελ.

Διά διακεκομμένης δεικνύεται ή τροποποίησις τής συνδεσμολογίας, ή όποία θά λειτουργήση κατά τό χρονικόν διάστημα $0 + 3,5$ δλπ, ίνα τά δύο κυκλώματα τών (Σχ.22α) καί (Σχ.24α) εύρίσκωνται έν φάσει, δι'έξισώσεως τών τιμών τών ποτενσιομέτρων P_{16} καί P_{26} τών (Σχ.24α καί 22α) άντιστοιχως.

Ο χειρισμός του ήλεκτρονικοϋ υπολογιστοϋ θά γίνη ως ακολούθως ίνα επιτύχωμεν τήν επιθυμητήν διέγερσιν του συστήματος του (Σχ.22β) υπό τών ως άνω εύρεθέντων δύο διαδοχικών ήμιτονικών κραδασμών:

Αφοϋ τοποθετήσωμεν τήν διά διακεκομμένης συνδεσμολογίαν του (Σχ.24α) επί του πλαισίου του υπολογιστοϋ, διά τό πρώτον χρονικόν διάστημα $0 + 3,5$ δλπ, λαμβάνομεν τήν έξοδον του a_{34} (Σχ.22α) καί τήν οδηγούμεν είς τάς είσόδους τών ολοκληρωτών i_{24} καί i_{26} (Σχ.22β) υπό συντελεστήν 1. Μετά πάροδον περίπου 35 δευτερολέπτων ($= 3,5$ δλπ x 10 λόγω του time scaling), άκριβέστερον δέ όπου ή διεγείρουσα συνάρτησις μηδενίζεται, παγιοϋμεν τόν υπολογιστήν*.

Συνεχ.σημ.προηγ. σελ.: Διά νά ίσοϋνται οί τύποι (α) καί (β) πρέπει : ή $\eta\mu\beta(\tau_2 - \tau_1) = 0$ ή $\eta\mu\beta\tau_1 = 0$ ή $\eta\mu\beta\tau_2 = 0$.
 Ός θά ίδωμεν είς τάς ακολουθούσας εφαρμογάς αί ισότητες αϋται πληροϋνται, διότι ως σημείον συναντήσεως τών διαδοχικών άρμονικών κραδασμών, λαμβάνομεν τό σημείον μηδενισμού τών ήμιτόνων των.
 Επομένως τό διαπραττόμενον σφάλα εγγιγνεται είς τήν έκτροπήν, έκ τών καταλλήλων χρονικών στιγμών άντικαταστάσεως τών διαδοχικών άρμονικών κραδασμών μέχρι τής στιγμής μηδενισμού τών άντιστοιχων ήμιτόνων.

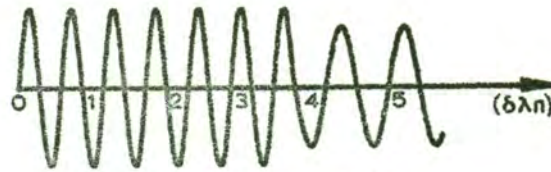
Η χρονική αϋτη διαφορά είναι τό πολύ ίση πρός $\pm \frac{T}{4}$ (ένθα T ή περίοδος του ήμιτονικοϋ κραδασμοϋ).

* Η τεχνική είναι ή εξής: τήν έξοδον του ολοκληρωτοϋ i_{06} (Σχ.22γ) συνδέομεν διά του ψηφιακοϋ βολτομέτρου D.V.M. του υπολογιστοϋ. Η παγίωσις του υπολογιστοϋ, διά πίεςεως του άντιστοιχου κομβίου (Hold) έκτελείται όταν έχωμεν ένδειξιν επί του D.V.M.: $13 \cdot \frac{T}{2} \cdot 0,5 = 13 \cdot \frac{0,558}{2} \cdot 0,5 = 1,8135^V$ (λόγφ τής βραδύτητος λειτουργίας ό χειρισμός² είναι εύχερής).

Εφ' όσον ό ύπολογιστής εύρίσκεται είς αύτήν τήν κατάστασιν πραγμα-
τοποιουόμεν τήν διά συνεχούς γραμμής συνδεσμολογίαν τοϋ (Σχ.24α)
καί διεγείρομεν τούς όλοκληρωτάς i_{24} καί i_{26} έκ τής έξόδου τοϋ
 α_{40} υπό συντελεστήν 1.

Εν συνεχείᾳ ό ύπολογιστής έπανατίθεται είς λειτουργίαν μέχρι διε-
λεύσεως άπ' άρχής συνολικοϋ χρόνου 5 δλπ.

$$A.S.(\lambda') = 0,5 \text{ V/έκ.}$$



$$-10 \ddot{y}, P.S. = 0,25 \text{ V/έκ.}$$

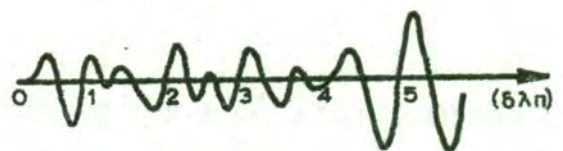
$$\begin{cases} 0+3,5\delta\lambda\pi & \text{έξ. } \alpha_{34}, \max 10 \ddot{y}(\tau) = 1,052(\text{έκ.}) \cdot 0,25 (\text{V/έκ.}) = 0,263 \text{ V} = 0,263 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2 \\ & \max \ddot{y}(\tau) = 0,0263 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2 \\ 3,5+5\delta\lambda\pi & \text{έξ. } \alpha_{40}, \max 10 \ddot{y}(\tau) = 0,8(\text{έκ.}) \cdot 0,25 (\text{V/έκ.}) = 0,2 \text{ V} = 0,2 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2 \\ & \max \ddot{y}(\tau) = 0,020 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2 \end{cases}$$



$$\text{έξ. } i_{25} : +10 V_1, P.S. = 1 \text{ V/έκ.}$$

$$\max 10 V_1 = 1,1(\text{έκ.}) \cdot 1 (\text{V/έκ.}) = 1,1 \text{ V} = 1,1 \mu$$

$$\max V_1 = 11 \text{ έκ.}$$



$$\text{έξ. } \alpha_{37} : +10(V_2 - V_1), P.S. = 1 \text{ V/έκ.}$$

$$\max 10(V_2 - V_1) = 0,9(\text{έκ.}) \cdot 1 (\text{V/έκ.}) = 0,9 \text{ V} = 0,9 \mu$$

$$\max (V_2 - V_1) = 9 \text{ έκ.}$$

(Σχ.25)

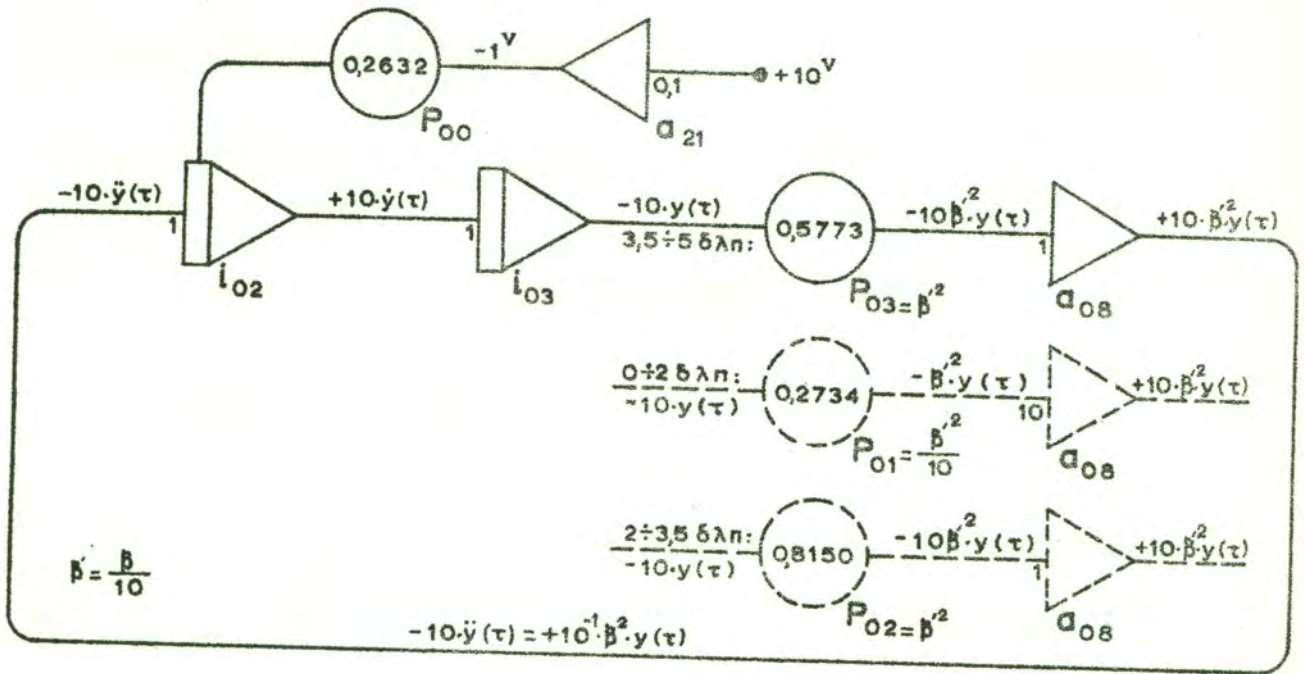
Είς τό (Σχ.25) δίδονται τά διαγράμματα τών διαφορών τών δυ-
ναμικῶν βελῶν (v_1) καί ($v_2 - v_1$), έξοδοι τών i_{25} καί α_{37} άντιστοι-
χως, (Σχ.22β) μετά τής διεγειρούσης τό όλον σύστημα συναρτήσεως
 $-\ddot{y}$, λαμβανομένης διά τό χρονικόν διάστημα $0 + 3,5$ δλπ έκ τοϋ α_{34}
καί διά τό διάστημα $3,5 + 5$ δλπ έκ τοϋ α_{40} .

γ.- Τρίτη άντικατάστασις - τρεῖς ήμιτονικοί κραδασμοί.

Διά νά μή έπαναλαμβάνωμεν τά γνωστά, δίδομεν κατωτέρω άπ'
εύθείας τά στοιχεῖα τών είς έκαστον χρονικόν διάστημα ($0+2,2+3,5$
δλπ καί $3,5 + 5$ δλπ) ίσοδυνάμων ήμιτονικῶν κραδασμῶν, μετά τών
τιμῶν τών ποτενοιομέτρων τών (Σχ.22α), (Σχ.24α) καί (Σχ.26α) ώς

ταῦτα ἐξήχθησαν ἐκ τῶν πινάκων ὑπ' ἀρ. 10, 11, 12, 13 καὶ 14.

1) Χρονικόν διάστημα 0 ἕως 2 δλπ.



(Σχ. 26α)

$$\left(\frac{\Delta p(t)}{m_0}\right)_{t=2} = 0,01037 \text{ Μον} \left(\frac{\Delta p}{m_0}\right)$$

μεγίστη ἐπιτάχυνσις : 2,35 μ·δλπ⁻²

i) κυκλική συχνότης $\beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,38} = 16,535 \text{ δλπ}^{-1}$

ii) ἡμιεὔρος $a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{2,35 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}}{273,406 \delta \lambda \pi^{-2}} = 8,60 \cdot 10^{-3} \mu$

$$(\Sigma \chi. 22 \alpha) \begin{cases} P_{25} = 0,1422 \quad [10 \dot{y}(\tau) = 10 \cdot a \cdot \frac{\beta}{10} = a \cdot \beta = 142,20 \cdot 10^{-3} \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-1}] \\ P_{26} = \frac{\beta \cdot 2}{10} = 0,2734, \text{ ἄθροιστής } \alpha_{34} \text{ ὑπὸ συντελεστήν } 10. \end{cases}$$

(Σχ. 24α): $P_{16} = P_{26} = 0,2734$, ἄθροιστής α_{40} ὑπὸ συντελεστήν 10.

(Σχ. 26α): $P_{01} = P_{26} = 0,2734$, ἄθροιστής α_{08} ὑπὸ συντελεστήν 10.

2) Χρονικόν διάστημα 2 ἕως 3,5 δλπ.

$$\left(\frac{\Delta p(t)}{m_0}\right)_{t=3,5-2} = 0,04714 - 0,01037 = 0,037 \text{ Μον} \left(\frac{\Delta p}{m_0}\right)$$

μεγίστη επιτάχυνσις : $2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$

i) κυκλική συχνότης $\beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,696} = 9,028 \cdot \delta\lambda\pi^{-1}$

ii) ήμιεϋρος $a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{2,63 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}{81,505 \delta\lambda\pi^{-2}} = 32,268 \cdot 10^{-3} \mu$

(Σχ.24α) $\left\{ \begin{array}{l} P_{15} = 0,2913 \quad [10\ddot{y}(t) = 10 \cdot a \cdot \frac{\beta}{10} = a \cdot \beta = 291,32 \cdot 10^{-3} \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-1}] \\ P_{17} = \frac{\beta^2}{100} = 0,8150, \text{άθροιστής } \alpha_{40} \text{ υπό συντελεστήν } 1 \end{array} \right.$

(Σχ.26α): $P_{02} = P_{17} = 0,8150, \text{άθροιστής } \alpha_{08} \text{ υπό συντελεστήν } 1$

3) Χρονικόν διάστημα 3,5 έως 5 δλπ.

$\left(\frac{\Delta p(t)}{m_0} \right)_{t=5-3,5} = 0,0716 - 0,04714 = 0,0245 \text{ Μον} \left(\frac{\Delta p}{m_0} \right)$

μεγίστη επιτάχυνσις : $2,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}$

ώς και εις τήν (β) περίπτωσιν:

i) κυκλική συχνότης $\beta = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,2832}{0,827} = 7,598 \delta\lambda\pi^{-1}$

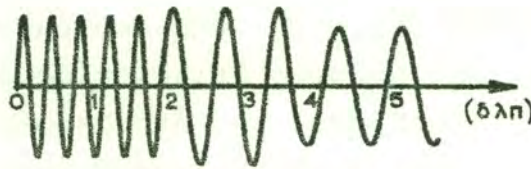
ii) ήμιεϋρος $a = \frac{a \cdot \beta^2}{\beta^2} = \frac{2,00 \mu \cdot \delta\lambda\pi^{-2}}{57,73 \delta\lambda\pi^{-2}} = 34,644 \cdot 10^{-3} \mu$

(Σχ.26α) $\left\{ \begin{array}{l} P_{00} = 0,2632 \\ P_{03} = \frac{\beta^2}{100} = 0,5773, \text{άθροιστής } \alpha_{08} \text{ υπό συντελεστήν } 1 \end{array} \right.$

Ο χειρισμός του ηλεκτρονικού υπολογιστού είναι ανάλογος του ήδη περιγραφέντος διά τήν περίπτωσιν τών δύο ισοδυνάμων ήμιτονικῶν κραδασμῶν.

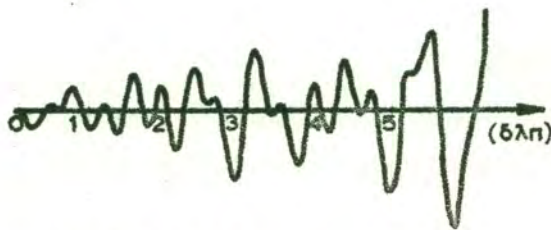
Εἰς τό (Σχ.27) δίδονται τά διαγράμματα τῶν διαφορῶν τῶν δυναμικῶν βελῶν v_1 καί $(v_2 - v_1)$ τοῦ διβαθμίου ἐλαστικοῦ συστήματος μετά τῆς διεγειρούσης συναρτήσεως - $\ddot{y}$ λαμβανομένης διά τό χρονικόν διάστημα $0 \div 2$ δλπ ἐκ τοῦ α_{34} , διά τό διάστημα $2 \div 3,5$ ἐκ τοῦ α_{40} καί διά τό διάστημα $3,5 \div 5$ δλπ ἐκ τοῦ α_{08} ἀντιστοίχως.

$$A. S. (X) = 0,5 \text{ V/έκ.}$$



$$-10 \ddot{y}, \text{ P. S.} = 0,25 \text{ V/έκ.}$$

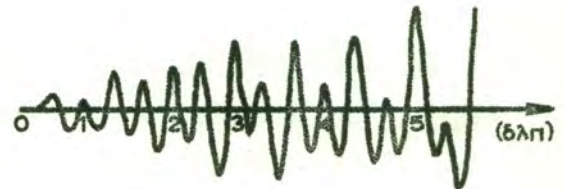
$0+2 \delta\lambda\pi$	{	έξ. α 34 ,	$\max 10 \ddot{y}(\tau) = 0,94 (\text{έκ.}) \cdot 0,25 (\text{V/έκ.}) = 0,235 \text{ V} = 0,235 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2$
$2+3,5 \delta\lambda\pi$		έξ. α 40 ,	$\max 10 \ddot{y}(\tau) = 1,052 (\text{έκ.}) \cdot 0,25 (\text{V/έκ.}) = 0,263 \text{ V} = 0,263 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2$
$3,5+5 \delta\lambda\pi$		έξ. α 08 ,	$\max 10 \ddot{y}(\tau) = 0,8 (\text{έκ.}) \cdot 0,25 (\text{V/έκ.}) = 0,20 \text{ V} = 0,20 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2$



$$\text{έξ. i 25 : } 10 V_1, \text{ P. S.} = 1 \text{ V/έκ.}$$

$$\max 10 V_1 = 1,1 (\text{έκ.}) \cdot 1 (\text{V/έκ.}) = 1,1 \text{ V} = 1,1 \mu$$

$$\max V_1 = 11 \text{ έκ.}$$



$$\text{έξ. α 37 : } 10(V_2 - V_1), \text{ P. S.} = 1 \text{ V/έκ.}$$

$$\max 10(V_2 - V_1) = 0,95 (\text{έκ.}) \cdot 1 (\text{V/έκ.}) = 0,95 \text{ V} = 0,95 \mu$$

$$\max (V_2 - V_1) = 9,5 \text{ έκ.}$$

(Σχ.27)

Συγκρίνοντας τά (Σχ.23), (Σχ.25), (Σχ.27) καί (Σχ.19) παρατηρούμεν ότι τά διδόμενα βέλη εις τό (Σχ.25-διέγερσις υπό δύο ήμιτονικών κραδασμών) δέν διαφέρουν ούσιωδώς από τά διδόμενα εις τό (Σχ.27-διέγερσις υπό τριών ήμιτονικών κραδασμών) καί (Σχ.19-διέγερσις υπό τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος), ἐνῶ διαφέρουν ταῦτα από τά διδόμενα βέλη εις τό (Σχ.23-διέγερσις υπό ἑνός ήμιτονικοῦ κραδασμοῦ).

Διαπιστοῦμεν ἐνταῦθα ὅτι ἡ ἀντικατάστασις τοῦ δεδομένου σειсмоγραφήματος υπό περισσοτέρων τῶν δύο κραδασμῶν δέν προσθέτει οὐσιαστικὴν ἀκρίβειαν, ἐνῶ ἀντιθέτως περιπλέκει τὸν ὑπολογισμόν.

Θά ἡδυνάμεθα ἐνταῦθα νά δεχθῶμεν καί ἓνα μόνον ἰσοδύνα-

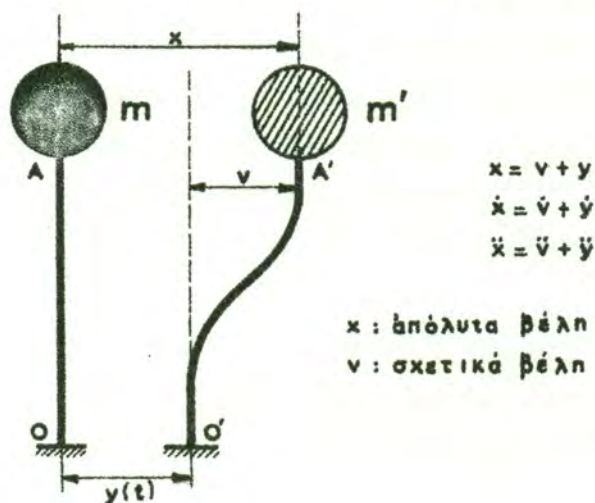
μον ήμιτονικόν κραδασμόν μέ μέσον σφάλμα περίπου 20%. Βεβαίως ή προσέγγιςις αύτη δέν θά ήτο καθ' ήμᾶς άπαγορευτική διά τόν ύπ' όφιν άντισεισμικόν ύπολογισμόν, λόγω τών ύπείσερχομένων είς αύτόν ποι- κίλων παραδοχών, τόσον από απόψεως λειτουργίας όλοκλήρου τής κατα- σκευής συνεπεία τοϋ σεισμοϋ, όσον καί από απόψεως συμπεριφορᾶς τοϋ υλικοϋ τής κατασκευής (έλαστική, πλαστική, θεώρησις συντελεστοϋ άπο- σβέσεως κλπ.), πλήν όμως δέν συνιστάται ή χρησιμοποίησις ενός διε- γείροντος ήμιτονικοϋ κραδασμοϋ διά λόγους έμφανίσεως συντονιστικῶν φαινομένων είς τήν άνωδομήν. Προκειμένου περί περισσοτέρων τοϋ ενός διαδοχικῶν ήμιτονικῶν κραδασμῶν ή πιθανότης έμφανίσεως συντονιστι- κῶν βελῶν, πρακτικῶς αΐρεται λόγω τής μικρᾶς διαρκείας έκάστου κρα- δασμοϋ. Επομένως διά τήν άντικατάστασιν τοϋ δοθέντος φυσικοϋ σει- σμογραφήματος δεχόμεθα τοϋς ήδη εύρεθέντας δύο διαδοχικοϋς ήμιτο- νικοϋς κραδασμούς.

§ 7 δ. Έπιρροή τοϋ έδάφους θεμελιώσεως.

Ός άνεφέραμεν έν άρχή (σελ. 9) θεωροϋμεν ότι τό έδαφος άποτελεϊ έλαστικόν σῶμα έχον σαφή χαρακτηριστικά ιδιοταλαντώσεως, άναλόγως τής ποιότητος αύτοϋ.

Έστω ότι τό έδαφος θεμελιώσεως ύπάγεται είς τήν κατηγο- ρίαν τών φαθυρῶν ίζηματογενῶν έδαφῶν τών νεωτέρων διαπλάσεων καί εΐναι ένα χαλαρόν λεπτόκοικον έως μεσόκοικον άμμῶδες έδαφος, (δια- μέτρου κόκκων από 0,09 χλσ. έως 1 χλσ.).

Έκ τών άντιστοιχῶν πινάκων μιᾶς ύπό έκδοσιν έργασίας τοϋ ήμετέρου Έργαστηρίου ή θεμελιώδης ιδιοπερίοδος αύτοϋ κυμαίνεται από 0,6 έως 0,7 δλπ. Λαμβάνομεν μέσην περίοδον $T_0 = 0,65$ δλπ.



(Σχ. 28)

Εξομοιοῦμεν τὸ ἔδαφος πρὸς ἓν μονοβάθμιον κατ' ἀρχὴν σύστημα (Σχ.28), ἔχον ἰδιοπερίοδον ἴσην πρὸς $T_{1δ}=T_0=0,65$ δλπ.
Ἡ δυναμικὴ συμπεριφορὰ τῆς μάζης τοῦ μονοβαθμίου τούτου συστήματος θεωροῦντες καὶ ἀποσβέσιν, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + K \cdot v = 0 \quad (31)$$

ἔνθα c = ὁ συντελεστὴς ἀποσβέσεως

καὶ K = ὁ δείκτης ἀκαμψίας τοῦ στύλου OA

Ἐάν δεχθῶμεν συντελεστὴν ἀποσβέσεως $c = 0,15c_{kr}$, ἐπειδὴ [8]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{c_{kr}}{2m} &= \sqrt{\frac{K}{m}} = \omega_{1δ} & (\alpha) \\ \text{καὶ } \omega_{1δ} &= \frac{2\pi}{T_{1δ}} = \frac{6,2832}{0,65} = 9,666 \text{ δλπ}^{-1} & (\beta) \end{aligned} \right\} (32)$$

ἡ σχέσηις (31) λαμβάνει τὴν μορφήν:

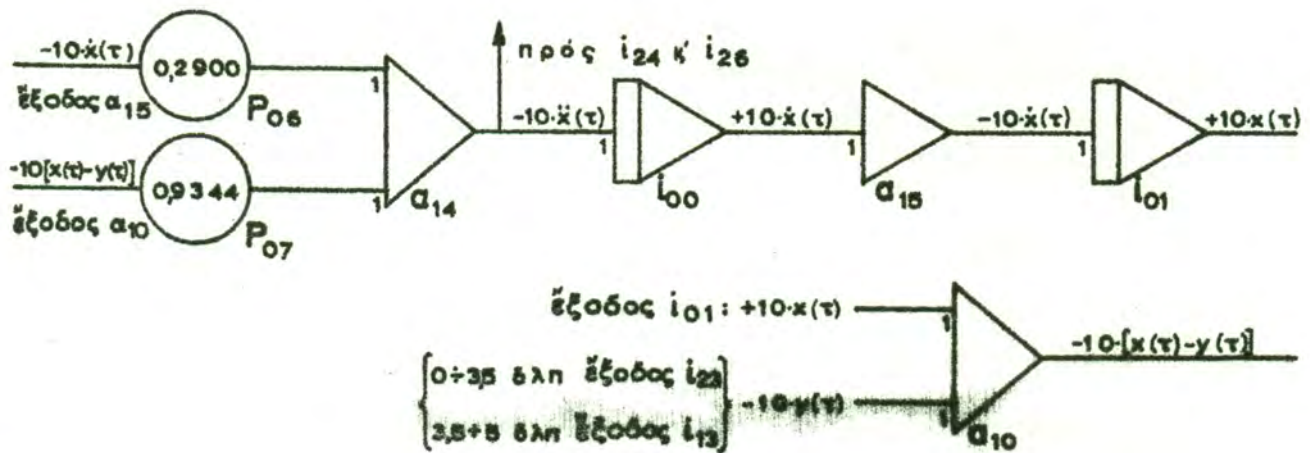
$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} + \frac{0,15c_{kr}}{m} \cdot \dot{x} + \frac{K}{m} \cdot v &= 0 & (\alpha) \\ \ddot{x} + 0,15 \cdot 2 \cdot \omega_{1δ} \cdot \dot{x} + \omega_{1δ}^2 \cdot v &= 0 & (\beta) \\ \ddot{x} + 2,90 \cdot \dot{x} + 93,439 \cdot v &= 0 & (\gamma) \end{aligned} \right\} (33)$$

ἡ τελικῶς:

Ἡ σχέσηις (33γ) συνεπεία time scaling κατὰ 10 φορές βραδύτερον λαμβάνει τὴν μορφήν:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}(\tau) &= -0,29\dot{x}(\tau) - 0,9344 \cdot v(\tau) & (\alpha) \\ \text{καὶ τῇ βοηθείᾳ τοῦ (Σχ.28):} & & \\ \ddot{x}(\tau) &= -0,29\dot{x}(\tau) - 0,9344 \cdot [x(\tau) - y(\tau)] & (\beta) \end{aligned} \right\} (34)$$

Ὡς διέγερσιν τῆς ἀνωδομῆς θά λάβωμεν τὰ ἀπόλυτα ἡμιεύρη $-10\ddot{x}(\tau)$, ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τῆς ἐξόδου τοῦ ἀθροιστοῦ α_{14} , τοῦ ἐπομένου (Σχ.29), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ πρόγραμμα διὰ τὴν ἐπίλυσιν τῆς σχέσεως (34β) ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ TR-48. Τὴν συνάρτησιν $-10y(\tau)$, λαμβάνομεν ἐκ τῶν ὁλοκληρωτῶν i_{23} καὶ i_{13} τῶν (Σχ.22α) καὶ (Σχ.24α) ἀντιστοίχως διὰ τὰ χρονικά διαστήματα $0 + 3,5$ δλπ καὶ $3,5 + 5$ δλπ.



(Σχ.29)

Ἡ συνδεσμολογία διὰ τὸ σύστημα τῆς ἀνωδομῆς παραμένει ἀναλλοίωτος ὡς ἡ τοῦ (Σχ.22β) μέ τὴν διαφορὰν ὅτι οἱ ὁλοκληρωταί i_{24} καὶ i_{26} λαμβάνουν διέγερσιν τὴν $-10\ddot{x}$ ἐκ τοῦ ἀθροίστου α_{14} , ἀντὶ τῆς $-10\ddot{y}$

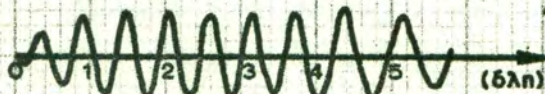
Ἡ συνδεσμολογία καταγραφῆς τῶν λύσεων τοῦ (Σχ.22γ) παραμένει ἡ αὐτή.

Εἰς τὸ (Σχ.30α) δίδονται τὰ διαγράμματα τῶν διαφορῶν τῶν δυναμικῶν βελῶν v_1 καὶ (v_2-v_1) τοῦ διβαθμίου ἐλαστικοῦ συστήματος καὶ ἡ συμπεριφορά (ἀπόλυτοι τιμαί) τῆς ἀνωτάτης στάθμης τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως.

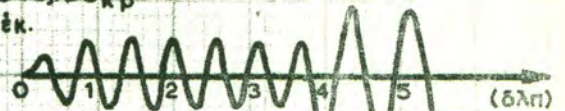
Εἰς τὸ (Σχ.30β) δίδονται πρὸς σύγκρισιν τὰ διαγράμματα τῶν αὐτῶν μεγεθῶν, ἀλλὰ μέ τὴν ὑπόθεσιν, ὅτι τὰ ἐλαστικά κύματα διέρχονται τὴν μάζαν τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως ἄνευ ἀπορροφῆσεως τινος δηλαδή ἄνευ ἀποσβέσεως, $c=0$.

Συγκρίνοντας τὰ διαγράμματα τῶν δυναμικῶν βελῶν τὰ διδόμενα εἰς τὰ κατωτέρω (Σχ.30α), (Σχ.30β) παρατηροῦμεν ὅτι τὰ βέλη v_1 καὶ (v_2-v_1) διὰ τὴν περίπτωσιν ἀναποσβέστου μεταδόσεως τῶν ἐλαστικῶν κυμάτων ἐντὸς τοῦ σώματος τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ παραγόμενα βέλη διὰ τὴν περίπτωσιν ἀποσβέσεως τινος ($c=0,15c_{\kappa\rho}$) τῶν αὐτῶν ὡς ἄνω ἐλαστικῶν κυμάτων. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δέν πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς κανὼν. Πράγματι, δι' ἄλλο εἶδος ἐδάφους θεμελιώσεως καὶ μάλιστα συμπαγέστερον τοῦ θεωρουμένου ἐξήχθησαν τὰ ἀντίθετα τῶν ἀνωτέρω ἀποτελέσματα, δηλ. δι' ἀναπόσβεστον μετάδοσιν τῶν ἐλαστικῶν κυμάτων τὰ δυναμικά βέλη τῆς ἀνωδομῆς, ἦσαν

Μετ' αποσβέσεως $C=0,15C_{\kappa\rho}$
A.S. (X) = $0,5V/\epsilon\kappa.$



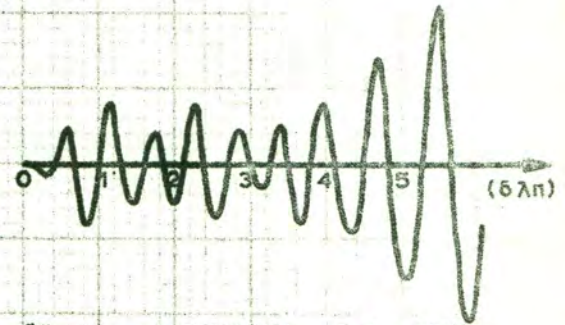
Ξξ. $a_{14} : -10\ddot{x}(\tau)$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10\ddot{x}(\tau) = 0,65(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 0,65V$
 $\max \ddot{x}(\tau) = 0,065 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2$



Ξξ. $i_{01} : +10x(\tau)$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10x(\tau) = 0,9(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 0,9V$
 $\max x(\tau) = 9\epsilon\kappa.$



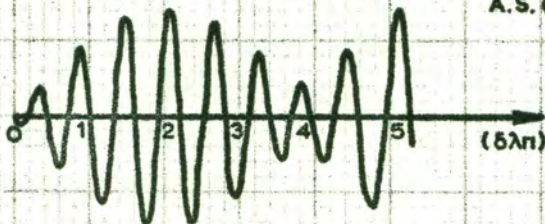
Ξξ. $i_{25} : +10V_1$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10V_1 = 1,5(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 1,5V$
 $\max V_1 = 15\epsilon\kappa.$



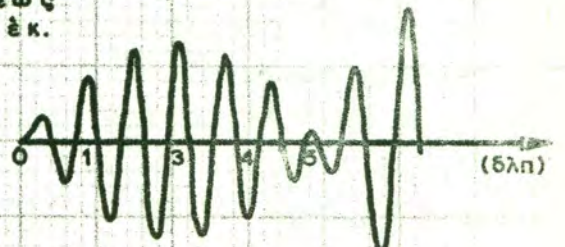
Ξξ. $a_{37} : +10(V_2 - V_1)$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10(V_2 - V_1) = 1,4(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 1,4V$
 $\max (V_2 - V_1) = 14\epsilon\kappa.$

(Σχ.30α)

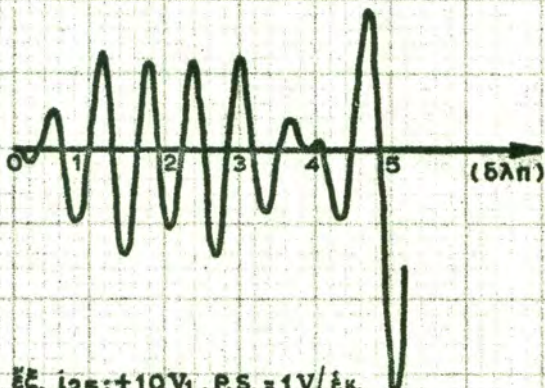
Άνευ αποσβέσεως
A.S. (X') = $0,5V/\epsilon\kappa.$



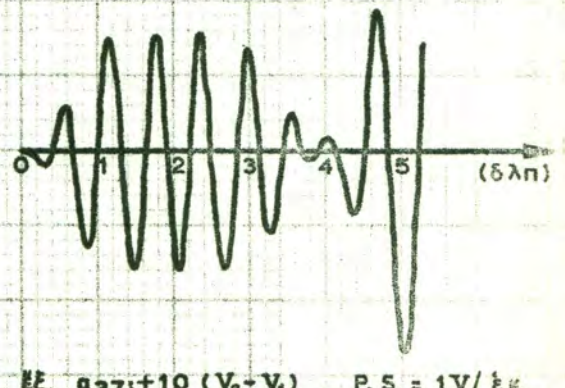
Ξξ. $a_{14} : -10\ddot{x}(\tau)$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10\ddot{x}(\tau) = 1,45(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 1,45V$
 $\max \ddot{x}(\tau) = 0,145 \mu \cdot \delta\lambda\pi^2$



Ξξ. $i_{01} : +10x(\tau)$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10x(\tau) = 1,5(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 1,5V$
 $\max x(\tau) = 15\epsilon\kappa.$



Ξξ. $i_{25} : +10V_1$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10V_1 = 1,9(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 1,9V$
 $\max V_1 = 19\epsilon\kappa.$



Ξξ. $a_{37} : +10(V_2 - V_1)$, P.S. = $1V/\epsilon\kappa.$
 $\max 10(V_2 - V_1) = 1,9(\epsilon\kappa) \cdot 1(V/\epsilon\kappa) = 1,9V$
 $\max (V_2 - V_1) = 19\epsilon\kappa.$

(Σχ.30β)

μικρότερα από αυτά διά μετάδοσιν τῶν ἰδίων κυμάτων μετ' ἀποσβέσεως. Δι' ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις μετά ἥ ἄνευ ἀποσβέσεως τὰ δυναμικά βέλη τῆς ἀνωδομῆς ἦσαν μικρότερα διά βραχῶδες ἔδαφος θεμελιώσεως ἀφ' ὅτι εἶναι τὰ διδόμενα εἰς τὰ (Σχ.30α) καί (Σχ.30β) διά τό ληφθέν φαθυρόν ἔδαφος θεμελιώσεως. Τοῦτο δύναται νά ἐξηγηθῇ ἐκ τῆς προσεγγίσεως τῶν συχνότητων τῆς δυναμικῆς συμπεριφορᾶς τοῦ ἐδάφους πρὸς τὴν θεμελιώδη περίοδον τῆς κατασκευῆς, ἡ ὁποία κατόπιν γενομένης σχετικῆς ἀναλύσεως εὑρέθη ἴση πρὸς $T=0,946\delta\lambda\pi$.

Διά περίπτωσιν βραχώδους ἐδάφους ἄνευ ἀποσβέσεως, ἡ συμπεριφορά αὐτοῦ ἐμφανίζει περίοδον $T = 0,25 \delta\lambda\pi$. Διά βραχῶδες ἔδαφος μετ' ἀποσβέσεως περίοδον $T = 0,5 + 0,6 \delta\lambda\pi$, ἐνῶ διά φαθυρόν ἔδαφος μετά ἥ ἄνευ ἀποσβέσεως περίοδον $T = 0,65 + 0,8 \delta\lambda\pi$.

Ἐνταῦθα ὀφείλομεν νά τονίσωμεν ὅτι ἡ θεώρησις ἀποσβέσεως κατὰ τὴν μετάδοσιν τῶν ἐλαστικῶν κυμάτων ἐντὸς τοῦ σώματος τοῦ ἐδάφους ἀποτελεῖ ἀναπόδραστον χαρακτηριστικὸν τῆς δυναμικῆς συμπεριφορᾶς αὐτοῦ, ἡ δέ ἐκτίμησις τοῦ μεγέθους τοῦ συντελεστοῦ ἀποσβέσεως ἀποτελεῖ λεπτότατον θέμα καί παράγοντα πρωταρχικῆς σημασίας δι' ἓνα ὀρθόν ἀντισεισμικὸν ὑπολογισμόν, διότι ἐάν τεθῇ συντελεστῆς ἀποσβέσεως μεγαλύτερος τοῦ δέοντος, τότε ἡ γενικὴ λύσις τῆς ὁμογενοῦς τῆς ἐξισώσεως (34,β) ταχύτατα καί πολλὰς φορὰς πρὸ τῆς λήξεως τοῦ σειсмоῦ μηδενίζεται $[x(\tau) = e^{-\frac{c \cdot \tau}{2 \cdot m}} \cdot (A_1 \cdot \eta\mu\omega_1\tau + A_2 \cdot \sigma\upsilon\nu\omega_1\tau)]$ καί ὡς συμπεριφορά τοῦ συστήματος παραμένει ἡ μερικὴ λύσις αὐτῆς, ἡ ὁποία ἔχει τὴν συχνότητα τοῦ διεγείροντος κραδασμοῦ $y(\tau)$ ἐντελῶς ἄσχετον πρὸς τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ θεωρουμένου ἐδάφους.

§ 8. Τελικὸν Συμπέρασμα

1.- Διά τῆς πραγματευθείσης ἐν τῇ παρούσῃ μελέτῃ ἀντικαταστάσεως τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος ὑπὸ ἰσοδυνάμων ἡμιτονικῶν κραδασμῶν ἐπιτυγχάνεται συνδυασμὸς τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ φυσικοῦ σειсмоγραφήματος μετά τῶν πλεονεκτημάτων τῶν ἡμιτονικῶν συναρτήσεων, τόσον ἀπὸ ἀπόφως ταχύτητος καί εὐχερείας παραγωγῆς των ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ, ὅσον καί ἀπὸ τῆς ἀπόφως τῶν σαφῶν χαρακτηριστικῶν αὐτῶν (εὗρους, ἰδιατέρως δέ συχνότητος) διά τὴν ἄμεσον σύγκρισίν των πρὸς τὰ δυναμικά χαρακτηριστικὰ τῶν μελετωμένων ἐλαστικῶν συστημάτων.

2.- Έκ τῆς γενομένης ἀναλύσεως δυνάμεθα εὐλόγως νά εἰσαγάγω-
μεν ὡς κ ρ ι τ ῆ ρ ι ο ν τῶν διαφόρων σειсмоγραφημάτων καί ἐ-
πομένως τῶν ἀναπαριστωμένων σεισμῶν, τήν δίαίταν τῶν ὑπ' αὐτῶν
π ρ ο σ δ ι δ ο μ έ ν ω ν Δρ(τ)/μ_ο μετά τῶν τιμῶν τῶν μεγίστων
ἐπιταχύνσεων, αἱ ὁποῖαι παρατηροῦνται ἐντός διακηκριμένων χρονι-
κῶν διαστημάτων κατὰ τήν διάρκειαν τοῦ σειсмоγραφήματος.

3.- Ὑφίσταται δυνατότης ἀμέσου προσαρμογῆς τῶν ἰσοδυνάμων
ἡμιτονικῶν κραδασμῶν ἐνός δεδομένου σειсмоγραφήματος πρὸς ἓν ἑ-
τερον σειсмоγράφημα ὅμοιον πρὸς τό δοθέν. Συμφώνως πρὸς τήν πρό-
τασιν τῆς σελίδος 18 καί τάς σχέσεις 12, 13, 14 καί 15, ἐάν ἄρα
δοθῇ ἓν νέον ὅμοιον πρὸς τό παλαιόν σειсмоγράφημα, τοῦ ὁποίου τά
εὔρη εἶναι τά K-πολλαπλάσια τοῦ παλαιοῦ, τότε, ἵνα οἱ εὐρεθέντες
ἰσοδύναμοι ἡμιτονικοὶ κραδασμοὶ τοῦ παλαιοῦ σειсмоγραφήματος
ἀποτελέσουν ἰσοδυνάμους ἡμιτονικοὺς τοῦ νέου σειсмоγραφήματος,
θά πρέπει:

α.- Νά πολλαπλασιασθοῦν τά παλαιά ἡμιεύρη ἐπὶ K καί

β.- Νά διατηρηθῇ ἀμετάβλητος ἡ κυκλική συχνότης.

Εἰς τήν ἰδίαν ἀκριβῶς περίπτωσιν ὑπάγεται καί τό θέμα
τοῦ καθορισμοῦ ἐκ τῶν προτέρων τῆς μεγίστης ἐπιταχύνσεως, μέ τήν
ὁποίαν ὀφείλει νά ὑπολογισθῇ ἀντισεισμικῶς μία κατασκευή, διαφό-
ρου τῆς μεγίστης ἐπιταχύνσεως, τήν ὁποίαν ἐμφανίζει τό δεσπόζον
σειсмоγράφημα τῆς ὑπ' ὅφιν περιοχῆς. Ὑποθέτομεν ἐνταῦθα ὅτι κα-
θορίζεται ἓν νέον σειсмоγράφημα ὅμοιον πρὸς τό δεσπόζον, τοῦ ὁ-
ποίου ἡ μεγίστη ἐπιτάχυνσις εἶναι ἴση πρὸς τήν δοθεῖσαν.
Ἐπομένως θά διεγείρωμεν τήν κατασκευήν μας μέ τούς ἰδίους ἡμι-
τονικοὺς κραδασμούς, οἱ ὁποῖοι προέκυψαν ἐκ τῆς ἀναλύσεως τοῦ
δεσπόζοντος σειсмоγραφήματος, μέ τήν διαφοράν ὅτι θά ἔχωμεν πολ-
λαπλασιάσει τά ἡμιεύρη αὐτῶν ἐπὶ τόν λόγον τῆς δοθείσης μεγίστης
ἐπιταχύνσεως πρὸς τήν μεγίστην ἐπιτάχυνσιν τοῦ δεσπόζοντος σειсмо-
γραφήματος. Ἐπομένως τό δεσπόζον σειсмоγράφημα κάθε περιοχῆς θά
εἰσέρχεται ἄπαξ εἰς τόν ἡλεκτρονικόν ὑπολογιστήν πρὸς καθορισμόν
τῆς ὑπ' αὐτοῦ προσδιδομένης $\Delta\rho(t)/\mu_0$. Ἐν συνεχείᾳ θά προσδιορί-
ζωνται οἱ ἰσοδύναμοι ἡμιτονικοὶ κραδασμοί, οἱ ὁποῖοι τροποποιού-
μενοι μόνον ἀπό ἀπόφως εὔρους, συμφώνως πρὸς τάς ἀπαιτήσεις ἀ-
σφαλείας ἢ πρὸς ἰσχύοντας κανονισμούς ὡς ἀνωτέρω, θά ἀποτελοῦν τήν
διέγερσιν τῶν πρὸς ἀντισεισμικόν ὑπολογισμόν κατασκευῶν.

4.- 'Η παρεμβολή τοῦ ἐδάφους θεμελιώσεως τυγχάνει καθ' ἡμᾶς ἀπαραίτητος, ὡς ἐπίσης καί ἡ θεώρησις συντελεστοῦ τινος ἀποσβέσεως καθίσταται ἐπὶ μᾶλλον καί μᾶλλον πλέον ἀναπόδραστον στοιχεῖον τῆς δυναμικῆς συμπεριφορᾶς τοῦ ἐδάφους ὅσον περισσότερο τοῦτο ἐκ τῶν συμπαγῶν πλησιάζει τὰ φαθυρά λεπτοκοκκώδη καί χονδροκοκκώδη ἐδάφη. Ἐφιστῶμεν ἐνταῦθα τὴν προσοχήν διὰ τὴν λεπτότητα καί σπουδαιότητα τοῦ θέματος, τὰς ὁποίας παρουσιάζει ὁ ἐν γένει προσδιορισμός τοῦ συντελεστοῦ ἀποσβέσεως, ἰδιαιτέρως δέ ὅσον ἀφορᾷ οὗτος εἰς τὸ ἔδαφος θεμελιώσεως. Εἰρήσθω ἐν παρόδῳ ὅτι διατηροῦμεν βασικὰς ἐπιφυλάξεις ὡς πρὸς τὴν φύσιν τοῦ συντελεστοῦ ἀποσβέσεως, ἐάν δηλαδή εἶναι οὗτος συντελεστής ταχύτητος, ἢ ἄλλου τινος μεγέθους. Διὰ τοῦτο πρὸς τυχόν προσδιορισμὸν συντελεστοῦ ἀποσβέσεως προτείνομεν κατ' ἀρχὴν ὅπως ἀντιμετωπισθῇ τὸ θέμα ἐνεργειακῶς, χρησιμοποιοιμένων οὕτω καταλλήλως τῶν σχετικῶν προγραμμάτων τῆς παρούσης ἐργασίας διὰ τὴν εὕρεσιν, μέσῳ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ ὑπολογιστοῦ, τῶν $\Delta\rho(t)$ τῶν τυχόντων κραδασμῶν.

Πλὴν τῆς ὡς ἄνω ἐξιδανικεύσεως τοῦ σώματος τοῦ ἐδάφους ὡς μονοβαθμίου ἐλαστικοῦ συστήματος, τοῦ ὁποίου ἡ δυναμικὴ συμπεριφορά διέπεται ἀπὸ τὴν "Shear Building Hypothesis", θά ἡδυνάμεθα νὰ ἐξιδανικεύσωμεν τὸ σῶμα τοῦ ἐδάφους μὲ ἓν διβάθμιον, τριβάθμιον κ.λ.π. σύστημα, θεωροῦντες ὅτι λαμβάνουν χώραν καί στροφαί πλὴν τῶν ὀριζοντίων μεταθέσεων τῶν μαζῶν αὐτοῦ. Αἱ στροφαὶ αὗται ἰδίως δέ τῆς μάζης εἰς τὴν στάθμην θεμελιώσεως ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ δείκτου ἐδάφους (Bettungsziffer) ^[4]. 'Η συμπεριφορά (ἀπόλυτος μετακίνησις ἢ ἐπιτάχυνσις καί στροφή) τῆς ἀνωτάτης αὐτῆς στάθμης ἀποτελεῖ τὴν διέγερσιν τοῦ ὅλου συστήματος. Δηλαδή θεωροῦμεν ὅτι ἡ διεγείρουσα συνάρτησις ἐξαρτᾶται καί ἐκ τῆς συμπεριφορᾶς τῆς διεγειρομένης κατασκευῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀναπαρίσταται εὐχερέστατα εἰς τὸν ἀναλογικὸν ἡλεκτρονικὸν ὑπολογιστὴν διὰ "Feed Back" τῶν ἀντιστοιχῶν μονάδων.

'Εφ' ὅσον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς ἀνωδομῆς καί τοῦ ἡμιτονικῆς μορφῆς διεγείροντος κραδασμοῦ τὸ σῶμα τοῦ ἐδάφους, ὅπως-δήποτε ἀμβλύνεται ἡ δυσμενὴς ἐπιρροή τῆς ἀρμονικότητος τῆς διεγέρσεως ἐπὶ τῆς συμπεριφορᾶς τῆς ἀνωδομῆς.

'Ελπίζομεν ὅτι θά δυνηθῶμεν νὰ πραγματοποιήσωμεν εἰς τὸ λίαν προσεχές μέλλον, ἐν τῷ ἐρευνητικῷ πλαισίῳ τοῦ ἡμετέρου Ἐργαστηρίου, πειράματα ἔχοντα σκοπὸν τὴν μελέτην τῆς συνεπεῖα σεισμοῦ

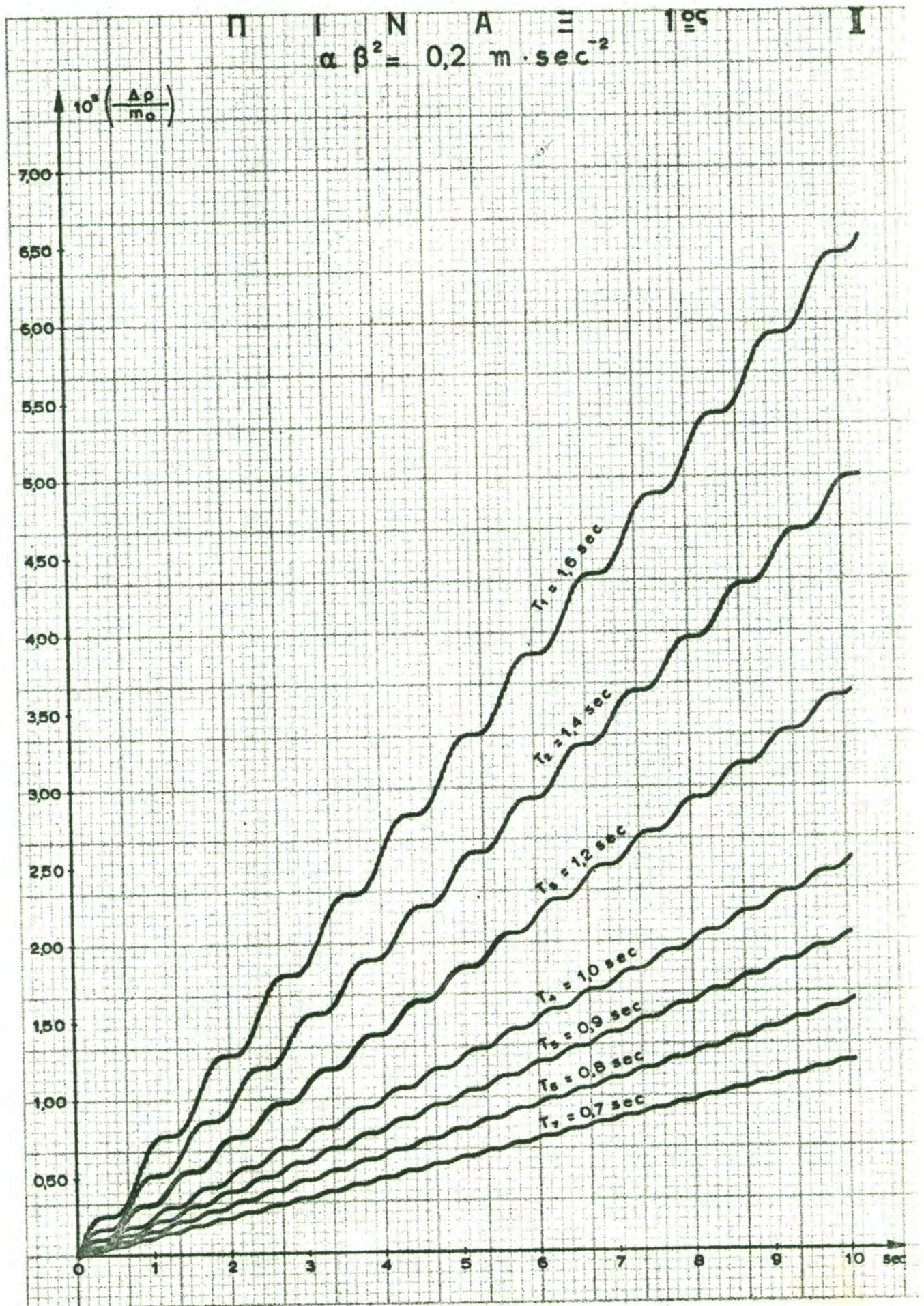
συμπεριφορᾶς τῶν κατασκευῶν ὅταν εἶναι αὗται θεμελιωμένοι ἐπὶ διαφόρου ποιότητος ἑδαφῶν. Τοῦτο εὐελπιστοῦμεν ὅτι δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ δι' ἡμιτονικῆς ὡς ἄνω διεγέρσεως τμήματος ἑδάφους τιθεμένου ἐπὶ σεισμικῆς τραπέζης, τοῦ ὁποίου ἡ δυναμικὴ συμπεριφορὰ τῆς ἀνωτάτης στάθμης θὰ ἀποτελῇ τὴν ἐν σειρᾷ διεγερσιν τοῦ ἐν τῷ Ἀναλογικῷ Ἡλεκτρονικῷ Ὑπολογιστῇ μελετωμένου πολυωρόφου συστήματος. Κατ' αὐτόν τόν τρόπον θὰ εἶναι δυνατόν νὰ μελετᾶται ἀντισεισμικῶς ἡ θεμελίωσις καί τὸ ἔδαφος αὐτῆς, ὥστε βελτιούμενον τοῦτο καταλλήλως ἀπὸ ἀντισεισμικῆς ἀπόψεως νὰ δίδῃ ὅπωςδῆποτε οἰκονομικὴν καί ἀσφαλῆ λύσιν εἰς τὸ ἀντισεισμικὸν πρόβλημα τῆς ἀνωδομῆς καί ἐν γένει τῆς καθ' ὅλου κατασκευῆς.

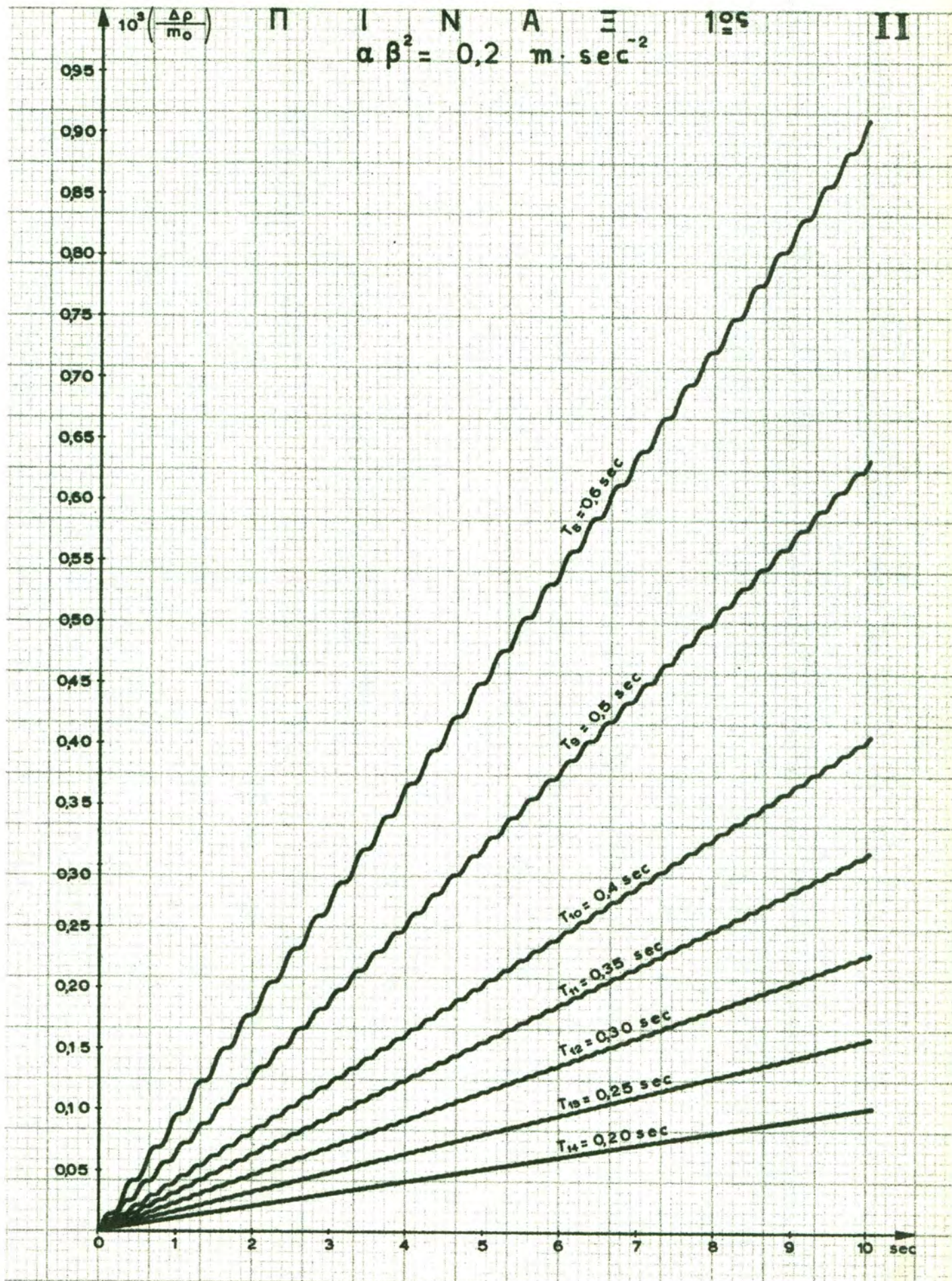
Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

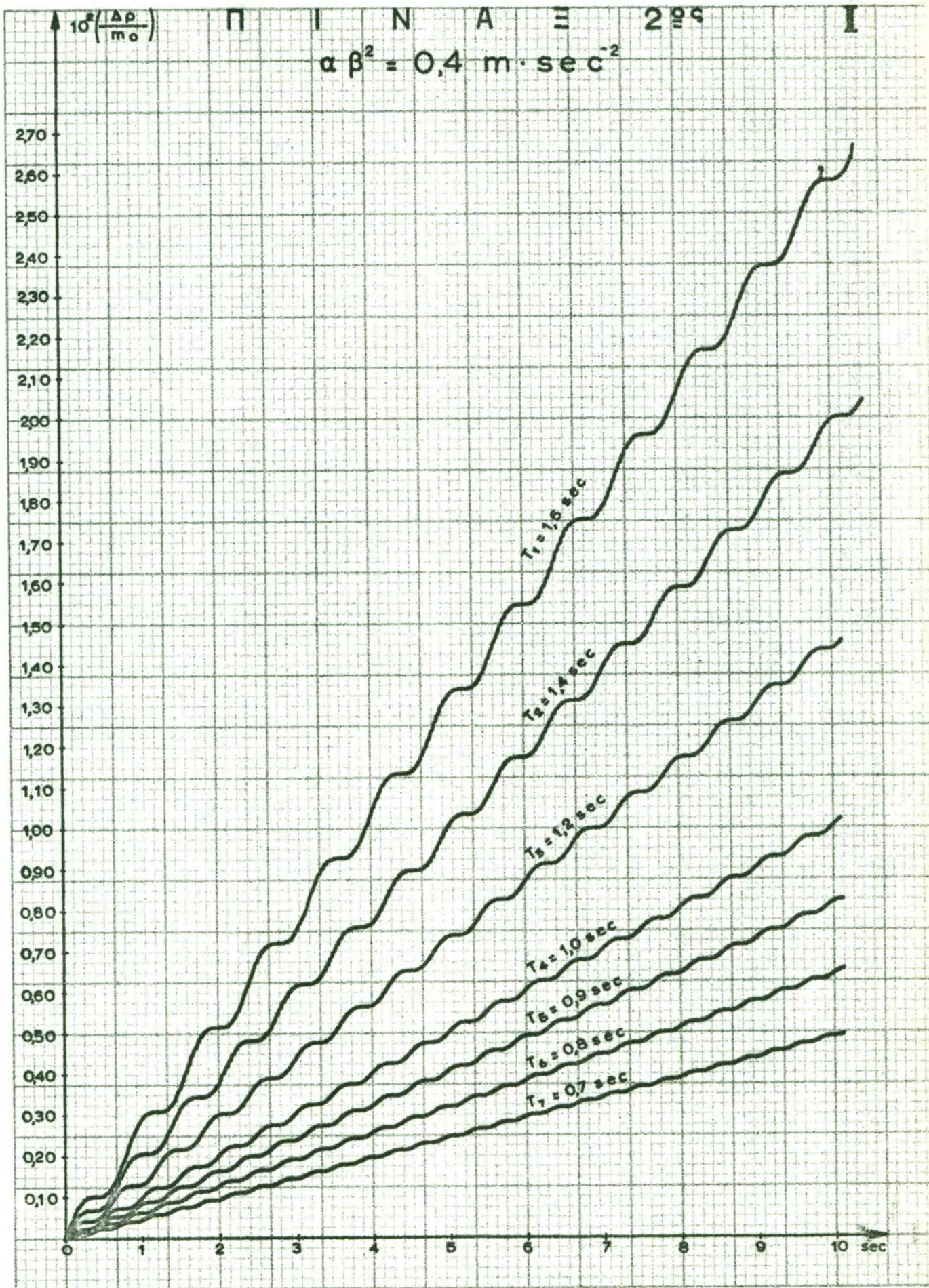
- [1] Ε.ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥΛΟΥ: "Προσεγγιστικός Δυναμικός 'Αντισεισμικός 'Υπολογισμός Πολυωρόφων Συστημάτων"
'Επιστημονικά Δημοσιεύματα Ε.Μ.Πολυτεχνείου, τεύχος No 16
'Αθήναι 1962.
- [2] F.E.KOKKINOPOULOS: "Aseismic Dynamic Design of Multistory Systems". Journal of the Structural Division.
A.S.C.E., Vol 92, No ST 3 Proc. Paper 4842, June, 1966, pp.77-100.
- [3] Ε.ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥΛΟΥ συνεργασία Δρ.Α.ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ: "Δυναμικός 'Αντισεισμικός 'Υπολογισμός 12-ώρου Κτηρίου Δουργουτίου, τύπου 107". 'Εκδόσεις Τ.Ε.Ε., Τεύχος 1, 1966.
- [4] F.E.KOKKINOPOULOS. "Dynamic Aseismic Design of an Elevated Water Tower". Proceedings of the International Association for Analog Computation, Brussels July 1967, No3.
- [5] Βασιλικόν Διάταγμα 19 Φεβρουαρίου 1959: "Περί άντισεισμικού Κανονισμού οίκοδομικών έργων". 'Εφημερίς τής Κυβερνήσεως του Βασιλείου τής 'Ελλάδος, τεύχος πρώτον, άριθ. φύλλου 36,
'Αθήναι, 26 Φεβρουαρίου 1959.
- [6] Φ.ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ: "Μαθήματα 'Ανωτέρων Μαθηματικών"
Τόμος Πρώτος, 'Αθήναι 1950, σελ.224 κ.έ.
- [7] Α.ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ: "Στοιχεΐα Σεισμολογίας καί Φυσικής του 'Εσωτερικού τής Γής", 'Αθήναι 1961, σελ.225.
- [8] Κ.ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ : "ΜΗΧΑΝΙΚΗ" Τόμος ΙΙ, 'Αθήναι 1954.
- [9] F.E.KOKKINOPOULOS & P.G.CARYDIS "Aseismic Dynamic Design of Multistory Systems under the Action of a Random Base Movement by means of an Analog Computer". Scient.Public.of the N.T. University of Athens, No 20, 1967.

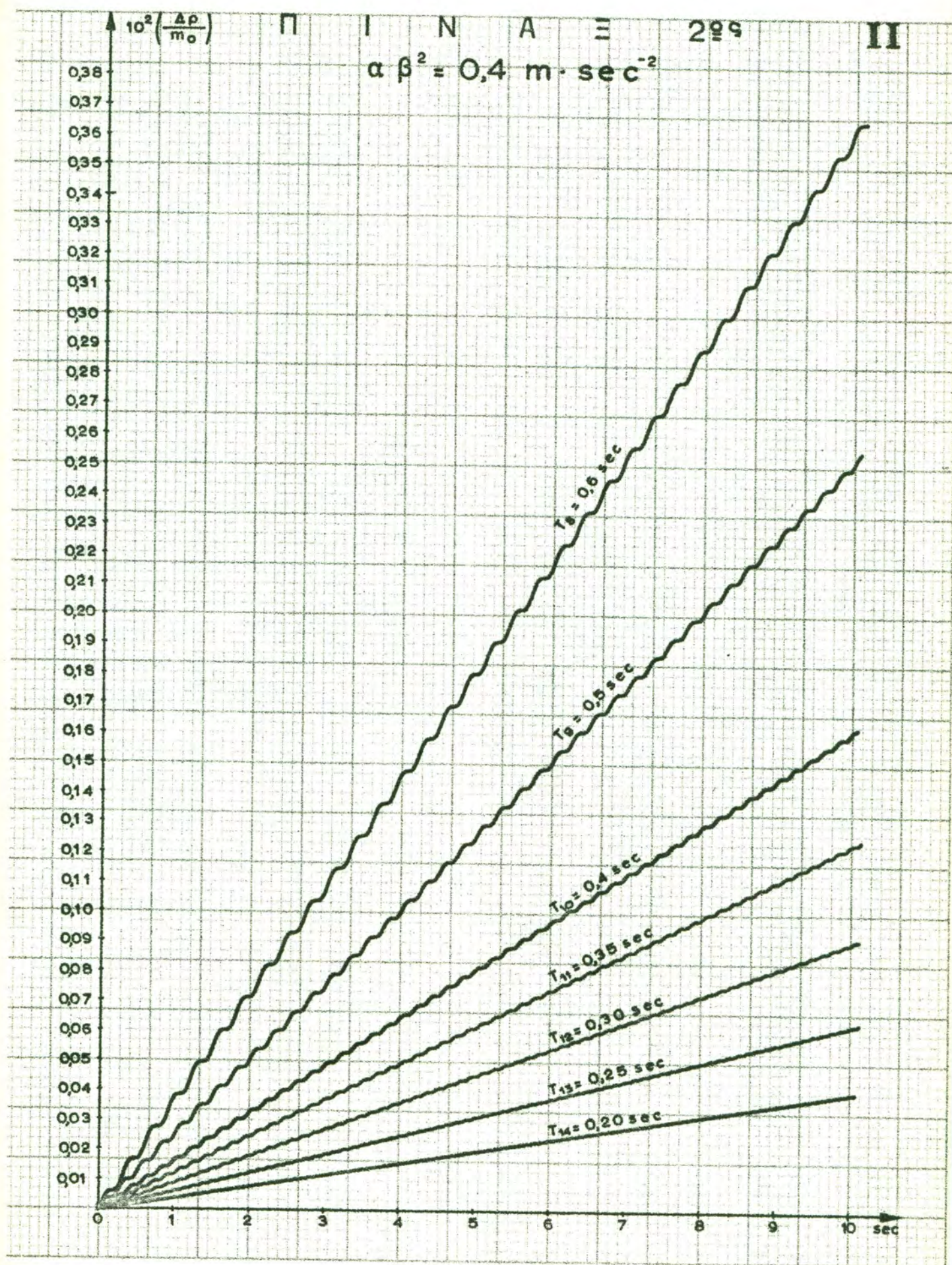
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

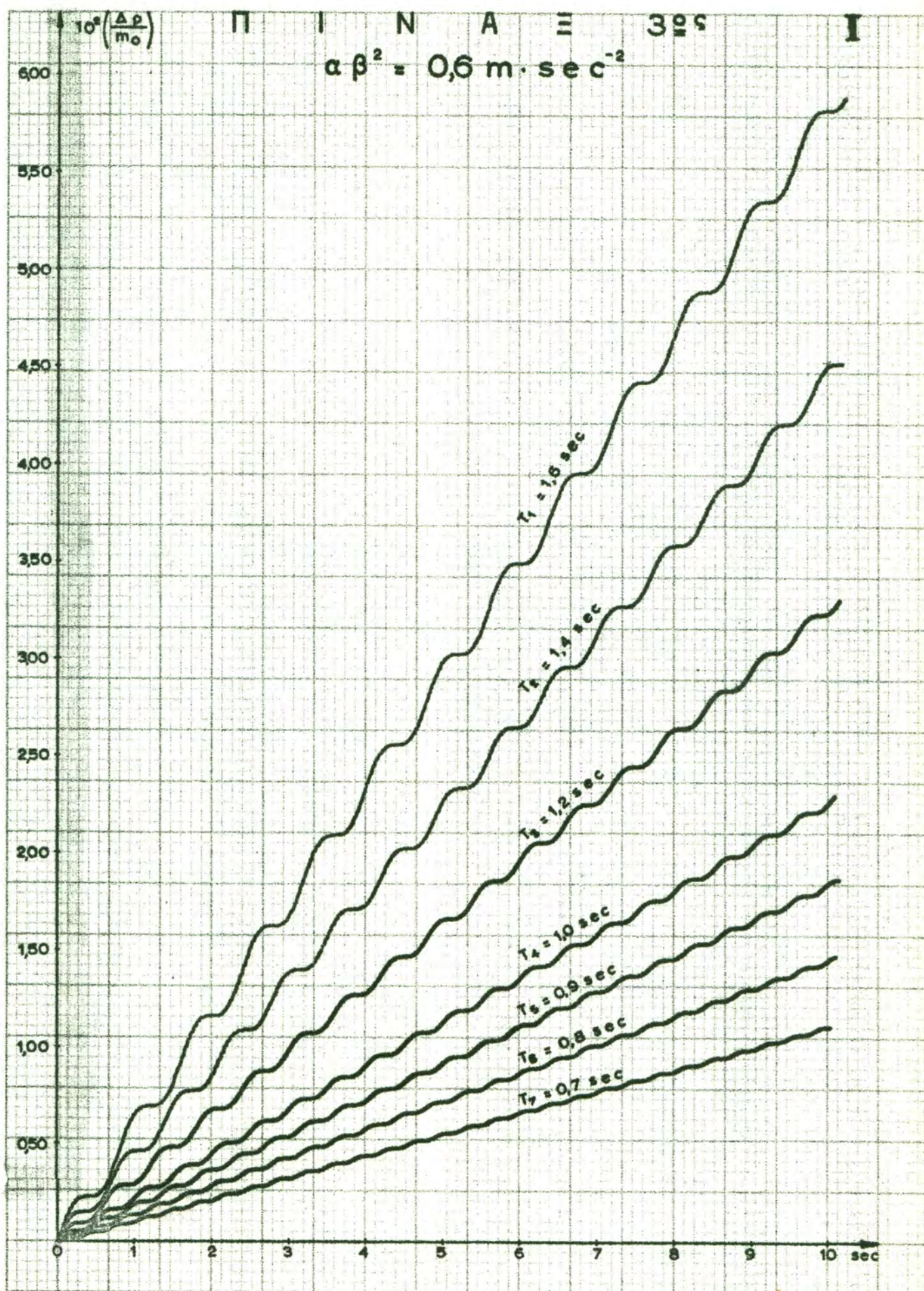
Πίναξ	1ος,	μεγίστη	επιτάχυνσις	:	$0,2 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	2ος,	"	"	:	$0,4 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	3ος,	"	"	:	$0,6 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	4ος,	"	"	:	$0,8 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	5ος,	"	"	:	$1,00 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	6ος,	"	"	:	$1,20 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	7ος,	"	"	:	$1,40 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	8ος,	"	"	:	$1,60 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	9ος,	"	"	:	$1,80 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	10ος,	"	"	:	$2,00 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	11ος,	"	"	:	$2,20 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	12ος,	"	"	:	$2,40 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	13ος,	"	"	:	$2,60 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$
Πίναξ	14ος,	"	"	:	$2,80 \mu \cdot \delta \lambda \pi^{-2}$

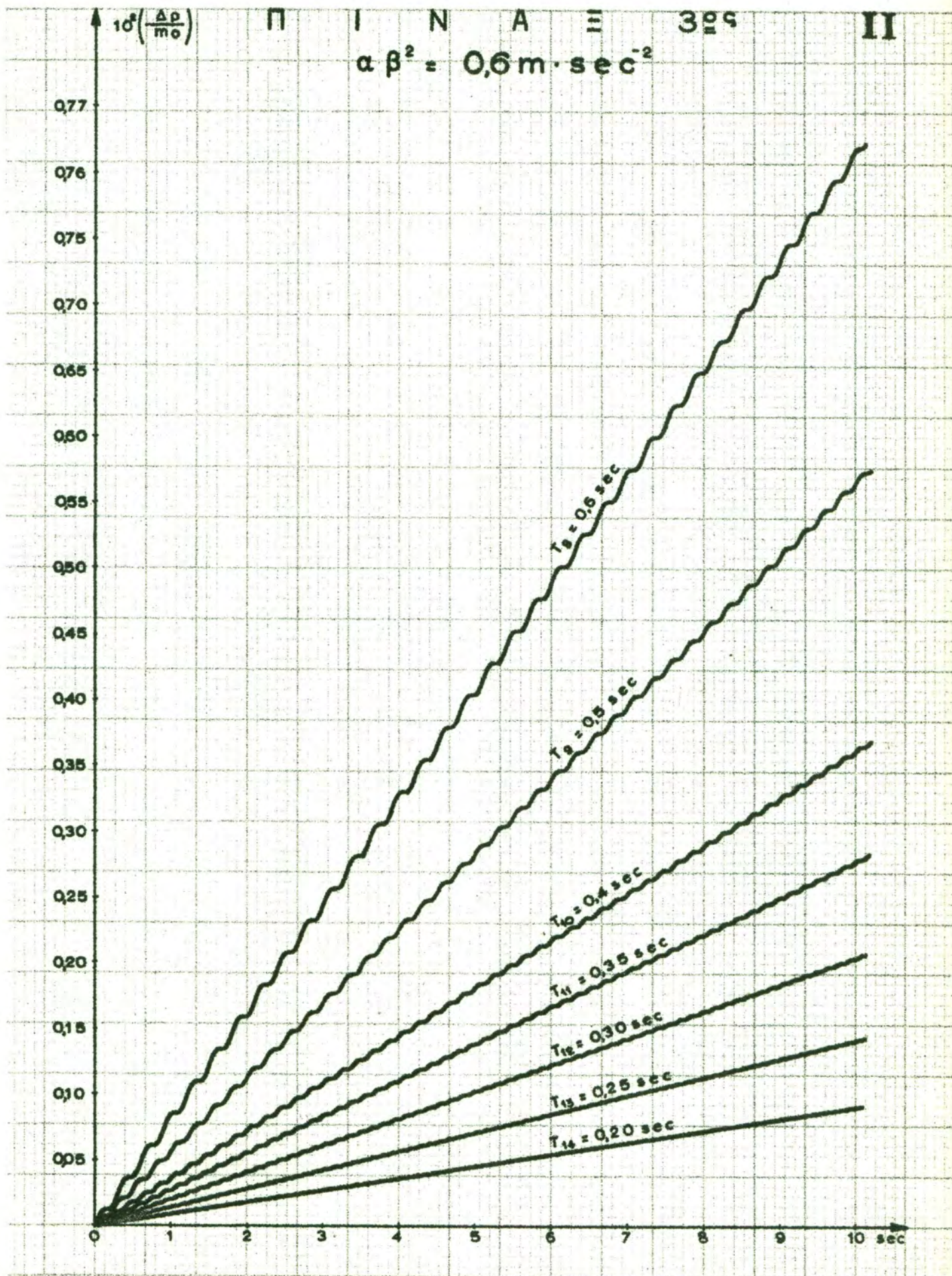




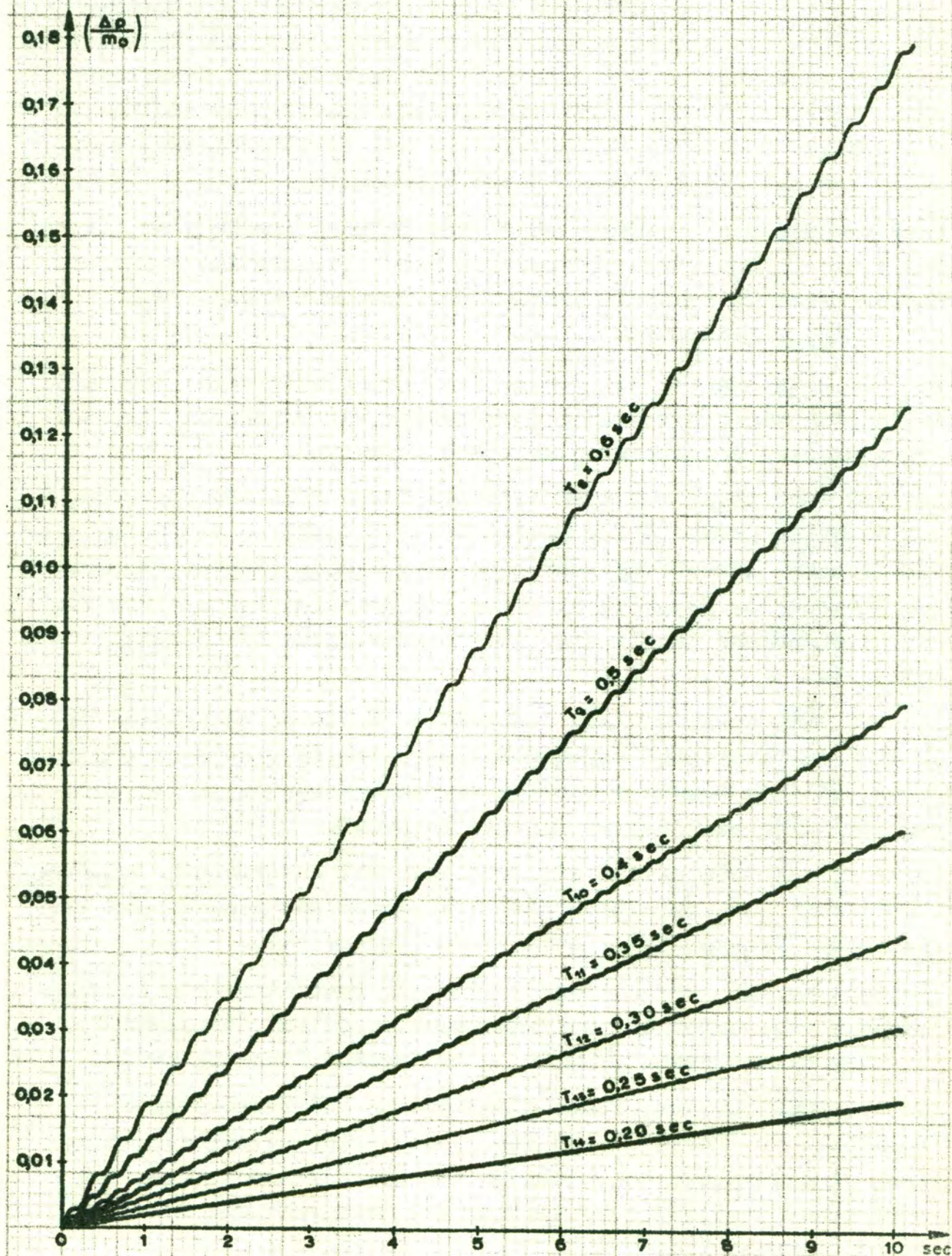








П I N A E 1495 II
 $\alpha \beta^2 = 2,8 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$



ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟΝ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ἐγεννήθη τῷ 1940 ἐν Ἀθήναις. Ἔλαβεν τὴν ἐγκύκλιον μόρφωσίν του κατὰ σειράν εἰς τὸ Μαράσλειον Πρότυπον Δημοτικόν Σχολεῖον καί εἰς τὸ Γυμνάσιον τοῦ Πειραματικοῦ Σχολείου τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν. Τῷ 1957 εἰσῆλθεν εἰς τὴν Ἀνωτ. Σχολὴν τῶν Πολιτικῶν Μηχανικῶν τοῦ Ε.Μ. Πολυτεχνείου καί τῷ 1962 ἔλαβεν τὸ δίπλωμα τοῦ Πολιτικοῦ Μηχανικοῦ τοῦ Ε.Μ. Πολυτεχνείου.

Κατὰ τὰς θερινὰς διακοπὰς τοῦ Δ' πρὸς Ε' ἔτους μετέβη μέσῳ Ι.Α. Ε.Σ.Τ.Ε. εἰς Βερολῖνον Δ. Γερμανίας ὅπου εἰργάσθη ἐπὶ δέμηνον περίπου παρὰ τῇ ἐταιρείᾳ Heibus Bauunternehmung C.m.b.H & εἰς τὸ ἐργοτάξιον αὐτῆς.

Τῷ 1962 κατετάγη εἰς τὴν Ε.Β.Α. ὅπου ὑπηρέτησεν μέχρι τοῦ 1965, ἐκπληρώσας τὰς στρατιωτικὰς ὑποχρεώσεις, καί ἀσχοληθεὶς ἐπὶ ποικίλων θεμάτων ἀρμοδιότητος πολιτικοῦ μηχανικοῦ.

Ἀπὸ τοῦ 1962 μέχρι τοῦ 1966 διετέρει ἴδιον τεχνικόν γραφεῖον, καί ἡσχολήθη μεταξὺ ἄλλων μέ τὴν στατικὴν μελέτην τοῦ Πνευματικοῦ Κέντρου Ἀθηνῶν, τῆς κεντρικῆς Λαχαναγορᾶς Ἀθηνῶν, Ἐργατικοῦ Κέντρου Ἀγ. Νικολάου, διεκρίθη διὰ βραβείου καί ἐπαίνου εἰς δύο Πανελληνίους Ἀρχιτεκτονικοὺς Διαγωνισμοὺς διὰ τὸ στατικόν τμήμα κλπ.

Ἀπὸ τοῦ 1965 μέχρι σήμερον ὑπηρετεῖ ὡς ἔμμισθος ἐπιμελητῆς παρὰ τῇ ἔδρᾳ "Στατικῆς" τοῦ Ε.Μ. Πολυτεχνείου, ἀσχολούμενος εἰς ἐρευνητικὰ ἰδίᾳ θέματα ἀντισεισμικῶν κατασκευῶν ἐν τῷ Ἐργαστηρίῳ "Στατικῆς καί Ἀντισεισμικῶν Ἐρευνῶν".

Τὸ θέρος τοῦ 1966 μετέβη εἰς Βρυξέλλας καί κατόπιν εἰς Burgess hill/London πρὸς παρακολούθησιν σεμιναρίων προγραμματισμοῦ καί ἐφαρμογῶν Ἡλεκτρονικῶν Ἀναλογικῶν Ὑπολογιστῶν.

Τὸν Μάρτιον τοῦ 1967 μετέβη ἐκ νέου εἰς Βρυξέλλας πρὸς παρακολούθησιν σεμιναρίου ἐπὶ τοῦ προγραμματισμοῦ καί ἐφαρμογῆς τοῦ νεωτάτου μικτοῦ τύπου (hybrid) Ἀναλογικοῦ Ὑπολογιστοῦ.

Ἀπὸ τοῦ 1966 τυγχάνει εἰδικὸς συνεργάτης τοῦ Σπουδαστηρίου "Πολεοδομικῶν Ἐρευνῶν" τοῦ Ε.Μ. Πολυτεχνείου ἀσχοληθεὶς ἰδιαίτερος μέ θέματα ἀντισεισμικῶν κατασκευῶν εἰς τὰς μελέτας τοῦ Ρυθμιστικοῦ Σχεδίου Ἀνδριτσαίνης καί Σεισμοπλήκτων περιοχῶν Ἠπείρου - Θεσσαλίας.

Τυγχάνει μέλος τῆς " Association Internationale Pour le Calcul Analogique" (ἔδρα ἐν Βρυξέλλαις).

Δημοσιεύσεις: 1) Συνεργ. εἰς "Aseismic Dynamic Design of Multistory Systems under the Action of a Random Base Movement by means of an Analog Computer" τῶν 'Επιστημονικῶν Δημοσιευμάτων τοῦ Ε.Μ.Π./1967

2) "Ὁ Δυναμικὸς Ἀντισεισμικὸς Ὑπολογισμὸς τῶν Κατασκευῶν διὰ χρήσεως Ἀναλογικῶν Ἡλεκτρονικῶν Ὑπολογιστῶν". Πεπραγμένα Ἰδρύματος Εὐγενίδου τόμος Α', Ἀθῆναι 1968.

"Simplification of the Solution of the General
Dynamic Aseismic Problem by Converting the
Random Seismic Movement to equivalent Harmonic
Vibrations"

By P.G.Carydis

Synopsis

The method of aseismic design as developed at the Laboratory of "Structural Analysis and Aseismic Research" of the N.T.U., utilizes almost exclusively a properly equipped electronic analog computer in which the system of dynamic differential equations that represent the forced vibration of the masses, is programmed.

As it is known [1],[2],[3],[4], for the set-up of the dynamic differential equations, the rigidity matrix $[K]$ of the structure is required, and for the solution of these equations, the excitation function (common to all equations) $\ddot{y} = f(t)$ has to be established. The excitation function $y = f(t)$ represents the ground vibration due to earthquake. If this ground movement is approximated as a sinusoidal function with distinctly defined characteristics of half-amplitude and frequency, then the expansion of the function $y = f(t)$ in the electronic analog computer is a simple process, and the system of dynamic differential equations is solved quickly with the solutions given in the form of charts functions of time to either of the solutions-dynamic deflections $v_i(t)$ or their differences $v_i(t) - v_{i-1}(t)$ or finally the various quantities $Q_i(t)$, $M_i(t)$ (shear forces and bending mo-

ments) which are developed during the seismic excitation.

Furthermore [9], it was possible to introduce into the analog computer an externally developed (by proper set-up) electrical voltage $y' = f'(t')$ which under proper scaling of half-amplitude and time, would represent the actual ground movement that is given by various seismograms (displacement graphs or accelerograms). By this method, the given seismogram is drawn under proper scales of ordinates and abscissas and with special conducting ink on the original reading paper of the function reading device. The apparatus is composed of one automatic electronic plotter on which a transistorized oscillator has been added. This oscillator produces a radio frequency current, transmitted through the conducting line. One inductive probe, which replaces the variplotter pen of the apparatus under normal operating conditions, detects the R/F field created around the conducting line and moves to each position x or t and to its center of gravity (the corresponding point of the line) and gives a voltage which corresponds to the deviation of the inductive-probe and consequently of the drawn curve $y = f(x)$ or $f(t)$. In a separate automatic plotting device the values $v_i(t)$ or $v_i(t) - v_{i-1}(t)$ or $Q_i(t)$, $M_i(t)$ are plotted in a manner similar to the one mentioned above, and while the seismogram is being read by the device.

The above method widely being used in practice for the aseismic design of structures according to the seismic vibration prevailing in the structure's area is, despite its value, rather tedious, time consuming and requires extreme care in its application, along with an additional electronic "function reading" device and its required parts. For obtaining simplicity and speed by creating sinusoidal functions in the analog computer as well as for comparing the various characteristics (amplitude and especially frequency) to the dynamic characteristics of the elastic system under consideration, as well as the characteristics of other seismograms, it is desired to replace the natural seismogram by a sequence of two or more sinusoidal curves. This does not mean the known sinusoidal terms, which are found from the analysis of the natural seismogram as

Fourier's harmonic terms.

For the substitution mentioned above the basis on which the actual dynamic equivalence between a seismic vibration of duration t_n and sinusoidal vibration of the same duration, will be established as follows. If m_o is the mass of the foundation which corresponds the motion $y(t)$ of the surrounding ground, then at time instant t its instantaneous kinetic energy $W(t)$ will be:

$$W(t) = \frac{1}{2} m_o \cdot \dot{y}^2(t) \quad (1)$$

and the curve $W(t)$ extended in time t_n (duration of the earthquake) provides the mode of change in the kinetic energy of mass m_o with time, due to earthquake. The area of length t_n included between the curve $W(t)$ and axis t i.e. the expression:

$$\int_0^{t_n} W(t) dt = (\Delta\rho)_o^{t_n} \quad (2)$$

has as dimensions energy multiplied by time i.e. dimensions of action, and is given by $(\Delta\rho)_o^{t_n}$.

In the present study, it is considered as the fundamental assumption, that in the search for the energy equivalent of the natural seismic vibration to a substitute i.e. sinusoidal vibration within the time interval t_n , controlling magnitude is not the instantaneous value of the kinetic energy but its time integral that is the action $\Delta\rho(t)_o^{t_n}$ which includes the combination of both energy and time which in turn means a combination of the energy value and its change with time. By dividing the action $(\Delta\rho)_o^{t_n}$ by its corresponding duration t_n , the expression for the "mean energy" (M.E.) is obtained as:

$$M.E. = \frac{\int_0^{t_n} W(t) dt}{t_n} = \frac{(\Delta\rho)_o^{t_n}}{t_n} \quad (3)$$

In the adopted nomenclature, "mean energy" of earthquake duration t_n , is the value of energy which multiplied by t_n , provides

action exactly equal to the action of the actual seismogram corresponding to time duration t_n . If, in addition to the substitution established by equ.(3), an equation of the maximum accelerations of the natural and the substitute vibration within time interval t_n is established, then the substitute sinusoidal vibration is completely defined. Thus, any natural seismogram of time duration t_n can be divided in parts $0 \div t_n, t_1 \div t_2, \dots, t_{i-1} \div t_i, \dots, t_{n-1} \div t_n$ and the total action $(\Delta p)_0^{t_n}$ can also be analysed as:

$$(\Delta p)_0^{t_n} = \sum_{i=1}^n (\Delta p)_{t_{i-1}}^{t_i} \quad (4)$$

then, in each part i ($t_{i-1} \div t_i$) the corresponding mean energy will be:

$$(M.E.)_i = \frac{(\Delta p)_{t_{i-1}}^{t_i}}{t_i - t_{i-1}} \quad (5)$$

In each part i will then correspond a substitute sinusoidal vibration with mean energy given by equ.(5) of the natural seismogram and of maximum acceleration equal to the maximum natural acceleration of part i . Thus, the idea of substitution is derived and by this, the natural ground vibration will be substituted by a sequence of sinusoidal vibrations. The number of the latter will increase, as the desired accuracy of substitution increases.

By converting the total energy $\Delta p(t)$ to the mass of the foundation m_0 , the "normalized action", that is, the expression $\Delta p(t)/m_0$ is obtained. Since in both the seismic vibrations under consideration the mass m_0 is the same, the first condition for the equivalence of vibrations is evidently the conservation of the normalized action $\Delta p(t)/m_0$ that is, of the expression:

$$\frac{\Delta p(t)}{m_0} = \frac{1}{2} \int_0^t \ddot{y}^2(t) dt \quad (6)$$

For sinusoidal vibration $y = a \sin(\beta t)$ of maximum acceleration $\max \ddot{y} = a\beta^2$ the expression $\Delta p(t)/m_0$ is calculated from equ.(5) as:

$$\frac{\Delta p(t)}{m_0} = \frac{1}{8} a^2 \beta \sin(2\beta t) + \frac{1}{4} a^2 \beta^2 t \quad (7)$$

and the problem of substitution is reduced in finding the values of a and β of the sinusoidal vibration when $\Delta p(t)/m_0$ and $\max \ddot{y} = a\beta^2$ are given. The problem is solved mathematically and the values obtained are single values.

It can be easily proved, that two "similar" seismograms originated from the same seismic focus, recorded in the same observation point and with a constant ratio of half-amplitude $\varepsilon_A/\varepsilon_B$, velocity V_A/V_B or acceleration γ_A/γ_B

$$k = \frac{\varepsilon_A}{\varepsilon_B} = \frac{V_A}{V_B} = \frac{\gamma_A}{\gamma_B} \quad (8)$$

can be substituted by sinusoidal vibrations of the same circular frequency $\beta_A = \beta_B$ and half-amplitude related by the expression $a_A = k a_B$. This indicates that if a natural seismogram Σ_A is substituted once by a number of sinusoidal vibrations, then this substitution can be used for any other seismogram Σ_B "similar" to Σ_A , provided the sinusoidal half-amplitudes are multiplied by the similarity ratio k of the two seismograms. The values of a and β of the substitute sinusoidal vibration taken from values of $\max \ddot{y} = a\beta^2$ and $\Delta p(t)/m_0$ (equ. 7) can only be accomplished by trial and error. Thus, to simplify the logistic work of substitution, the expression $\Delta p(t)/m_0$ of equ. (7) is given in the form of diagrams and for a variety of values a and β with a time duration up to 10 sec. From the above diagrams and considering straight line variation between curve values $\Delta p(t)/m_0$ the values of a and β of the equivalent sinusoidal vibrations can be found when the maximum seismic acceleration and the value of $\Delta p(t)/m_0$ of the natural seismogram corresponding to a definite time duration, are known.

Each two-page table refers to a definite maximum ground acceleration $\max \ddot{y} = a\beta^2$ and includes 14 curves of the expression $\Delta p(t)/m_0$ for different values of the circular frequencies β or period $T = \frac{2\pi}{\beta}$ and ranging for values of $T = 1.6$ sec to $T_{14} = 0.20$ sec with equal intervals 0.20 to 0.05 sec. In all, 14 such two-page tables have been prepared and they correspond to an equal number

of accelerations ranging from $a\beta^2 = 0.20 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-2}$ to $a\beta^2 = 2.80 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-2}$ and with equal spacing (interval) $0.20 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-2}$.

For plotting the curves ($14 \times 14 = 196$) which correspond to the above tables, the electronic analog computer was used and programmed to produce the signal $\Delta\rho(t)/m_0$ which is shown in figs 14 and 15. This was accomplished by selecting the proper potentiometer and gain values of the integrators and amplifiers. Fig. 14 refers to small values of ($2\beta < 10 \text{ sec}^{-1}$) while in fig. 15 the values of β are high ($2\beta \geq 10 \text{ sec}^{-1}$) and in this case time scaling $\tau = 10t$ was used.

Furthermore, the value of the normalized action $\Delta\rho(t)/m_0$ of any ground vibration is estimated, and this vibration is given in the form of a particular accelerogram, that is, of the curve $\ddot{y}(t)$ which is appropriately "read" after being expanded on the original plotting paper by use of the "reading device". The signal produced by reading the curve $\ddot{y}(t)$ must then be introduced into the analog computer so that under a pre-established program and with the appropriate scale the velocity signal $\dot{y}(t)$ will be produced by integration; then, through a multiplier unit the value $\dot{y}^2(t)$ or $\frac{1}{2} \dot{y}^2(t)$ and by integrating again the value $\frac{1}{2} \int \dot{y}^2(t) dt$ the expression $\Delta\rho(t)/m_0$ of equ. (6) is obtained. For the reading technique and the introduction of the proper signal with the electronic analog computer, reference is given to study [9] of bibliography. The signal $\ddot{y}(\tau)$ which is finally introduced, refers to a new time system of unit τ , which is related to the usual time unit t by the expression: $\tau = \mu t$ thus, $d\tau = \mu dt$, $d\tau^2 = \mu^2 dt^2$ and $\dot{y}(\tau) = \frac{1}{\mu} \dot{y}(t)$, $\ddot{y}(\tau) = \frac{1}{\mu^2} \ddot{y}(t)$ which means that the real signal $\ddot{y}(t)$ should be divided by μ^2 and in accordance with the delaying coefficient μ , provides the value $\ddot{y}(\tau)$.

By using the multiplier in the calculation of $\dot{y}^2(t)$, it is necessary that the introduced signals have their maximum values within the limit of 10V. Finally, the actual normalized action $\Delta\rho(t)/m_0$ is connected to the time system $\tau = \mu t$ by the expression:

$$\frac{\Delta\rho(t)}{m_0} = \mu \frac{\Delta\rho(\tau)}{m_0} \quad (9)$$

Furthermore, the introduced into the computer and in the plotting device exit signal is by reading the seismogram:

$$\frac{2 K^2}{10} \cdot \frac{\Delta p(t)}{m_0} \quad (10)$$

where μ is the time delaying coefficient and $K = \frac{10}{\max \dot{y}(\tau)}$

The above theory is applied to a specific numerical example for a two-degree system of fig.17, page 36, whose base is subjected to the seismic vibration indicated by accelerogram $\Gamma 10$ of fig.2, page 2, with maximum ground acceleration $\max \ddot{y}(t) = 2,63 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$. The expansion of this accelerogram into 3 original reading sheets, is given in fig.4.

In fig.19, the actual dynamic deflection of v_1 and $(v_2 - v_1)$ corresponding to the two-degree of freedom system, is given. The system is excited by the natural seismogram mentioned above, and the reading is taken directly from the function reading device.

For the substitution of the natural seismogram by dynamically equivalent sinusoidal vibration, the function $\Delta p(t)/m_0$ of the given accelerogram $\Gamma 10$, is calculated. Fig.20a introduces the signal $\dot{y}(\tau)$ into the system (Fig.20b) for calculating the expression $\Delta p(t)/m_0$, and this is taken as the exit (output) of the integrator i_{31} , which plotted provides the diagram of fig.21.

The graphical presentation of the expression $\Delta p(t)/m_0$ which only once has to be produced, for the accelerogram under consideration, is then substituted by one, two, or three equivalent sinusoidal vibrations and with the basic principles of dynamic equivalence stated above; that is, the conservation of the normalized action and of the maximum acceleration in each substituted part, and at the same time utilizing the proper tables for the conversion of the sinusoidal functions.

In fig.23, the one substitute sinusoidal vibration of the natural seismogram of equal duration and the actual dynamic deflection v_1 and $v_2 - v_1$, are given. These deflections are developed at the corresponding points of the two-degree system and are due to the excitation by the substitute sinusoidal vibration.

Fig.25, shows successive substitute sinusoidal vibrations of duration $0 + 3.5$ sec, and $3.5 + 5$ sec with the actual dynamic deflections of the two-degree system. The system is excited at its base by the two successive sinusoidal vibrations mentioned previously. The produced actual dynamic deflection, $\max v_1 = 11\text{cm}$ and $\max(v_2 - v_1) = 9\text{ cm}$ is very close to the values produced by exciting the two-degree system directly by the natural seismogram which were found respectively $\max v_1 = 11\text{cm}$ and $\max (v_2 - v_1) = 9,5\text{ cm}$. In fig.27 the three substitute successive sinusoidal vibrations of duration $0 + 2$ sec, $2 + 3.5$ sec, $3.5 + 5.0$ sec respectively, and their actual dynamic deflections v_1 and $v_2 - v_1$ of the two-degree system, are given. The maximum values obtained, coincide with those produced by the natural seismogram.

It is concluded that the given seismogram $\Gamma 10$ can be substituted with satisfactory accuracy by two successive sinusoidal vibrations with the characteristics of the 2nd case given above. This substitution practically eliminates the possibility of having resonant deflections due to the short duration of the sinusoidal vibrations. Greater accuracy by using more than two sinusoidal vibrations does not appear to be required, and thus the work is substantially reduced.

The foundation soil was substituted in the 1st approximation by one-degree system of known self-frequency T_0 which depends on the nature of the soil and with values increasing as the soil becomes loose. By using a soil classification method which is still under development at the Laboratory of Structural Analysis and Aseismic Research of N.T.U., it was found that a table for the self-frequencies of the classified soils can be also developed. The one-degree system mentioned above, is excited at its base by the actual seismogram i.e. $\Gamma 10$ or its substitute succession of sinusoidal vibrations, and its deflection $x(t)$ or acceleration $\ddot{x}(t)$ fig.28, page 54, of the idealized mass m of the one-degree ground model, will then represent the excitation of the above superstructure. With the principle and the use of the tables for the ground's self-frequency, it is possible to solve the problem of the foundation soil provided that between superstructure and the firm underlying soil—which is

excited by a given successive number of sinusoidal vibrations equivalent to the predominate seismogram—a one-degree ground model of given self - frequency is introduced.

For an application of the above, the two-degree system of fig. 17 is considered resting on soil with self-frequency $T = 0.65$ sec (soil brittle, loose with grain size up to 2 mm) while the underlying soil is subjected to the seismic vibration Γ_{10} or rather to the successive equivalent of the two sinusoidal vibrations. In the set-up of the differential equation governing the dynamic behavior of the idealized mass of the one-degree ground model, a damping factor c is introduced and it is analogous to the velocity $\dot{x}(t)$. The damping factor c is taken equal to 0.15 critical where $c_{cr} = 2m \frac{2}{T_0}$ (m is the idealized mass of the one-degree ground model). With the above data and the introduction of a new time variable $\tau = 10t$, the equation for the forced oscillation of the idealized mass m of the one-degree ground model takes the form:

$$\ddot{x}(\tau) + 0.29 \dot{x}(\tau) + 0.9344[x(\tau) - y(\tau)] \quad (11)$$

where $y(\tau)$ the sequence of the two sinusoidal vibrations by which the base of the ground model is excited. In fig. 29, page 56, the program for the production of the signals $\dot{x}(\tau)$ or $x(\tau)$ is given by electronic solution of the differential equation (11). The excitation of the superstructure is then the signal $\ddot{x}(\tau)$ and in fig. 30a the dynamic deflections v_1 and $v_2 - v_1$ are given as recorded under the new excitation with maximum values $\max v_1 = 15$ cm, $\max (v_2 - v_1) = 14$ cm which are considerably higher than the values of fig. 25. In fig. 30b, the dynamic deflections for zero damping ($c = 0$) are given and are found to be even higher than the preceding values. It is observed, that the consideration of brittle and loose foundation soil creates, for the case of the superstructure of the numerical example, considerably unfavorable dynamic deflections.